

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Землеустройство, почвоведение и агрохимия»

В. Г. Кутилкин

Ландшафтное планирование и проектирование агроландшафтов

Методические указания
для выполнения лабораторных работ

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат:
00EED49E686F52A47CCBB285994C6650C3
Владелец: Герасименко Вадим Владимирович
Действителен: с 01.12.2025 до 24.02.2027

Кинель
РИО СГСХА
2017

УДК 5(07)
ББК 40.91Р
К-95

Кутилкин, В. Г.

К-95 Ландшафтное планирование и проектирование агроландшафтов : методические указания – Кинель : РИО СГСХА, 2017. – 83 с.

Методические указания включают в себя вопросы формирования экологического каркаса, принципы экологической организации территории, и классификации природно-антропогенных ландшафтов, рационального размещения населенных пунктов, производственных подразделений, организацию и устройство угодий и территорий севооборотов, многолетних насаждений, природных кормовых угодий, формирования устойчивых агросистем.

Методические указания предназначены для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия.

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2017
© Кутилкин В. Г., 2017

Предисловие

Методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Ландшафтное планирование и проектирование агроландшафтов» составлены в соответствии с требованиями Федерального образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия.

Настоящие методические указания разработаны с целью оказания помощи магистрантам при выполнении лабораторных работ. Учебное издание содержит необходимый теоретический материал, задания, контрольные вопросы для самоконтроля знаний по каждой лабораторной работе.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения ОПОП):

- готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения;
- способность понимать сущность современных проблем агрономии, научно-техническую политику в области производства безопасной растениеводческой продукции;
- способность оценить пригодность земель для возделывания сельскохозяйственных культур с учётом производства качественной продукции;
- готовность использовать современные достижения мировой науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах;
- способность использовать инновационные процессы в агропромышленном комплексе при проектировании и реализации экологически безопасных и экономически эффективных технологий производства продукции растениеводства и воспроизводства плодородия почв различных агроландшафтов;
- способность разработать адаптивно-ландшафтные системы земледелия для сельскохозяйственных предприятий.

Издание предназначено как для аудиторной, так и самостоятельной работы.

Лабораторная работа 1.
Формирование экологического каркаса территории: важнейшие принципы и критерии

Цель работы: овладение концепцией, принципами и критериями формирования экологического каркаса.

Задание. Изучить концепцию экологического каркаса; географические и биогеографические принципы формирования экологического каркаса; основные критерии формирования экологического каркаса.

Экологический каркас территории (ЭК) – совокупность её экосистем с индивидуальным режимом природопользования каждого участка, образующих пространственно организованную инфраструктуру, которая поддерживает экологическую стабильность территории, предотвращая потерю биоразнообразия и деградацию ландшафта.

Экологический каркас является механизмом реализации концепции устойчивого развития, направленным на сохранение долговременной экологической устойчивости региона.

Концепция экологического каркаса включает:

- формирование системы земель с определенными режимами их использования;
- создание нормативно-правовой базы экологического каркаса и его юридическое закрепление;
- внедрение экономических механизмов сохранения экологического каркаса;
- создание системы управления;
- воссоздание целостности инфраструктуры на основе реставрации природных экосистем.

Земли каркаса должны представлять собой как природные экосистемы, так и искусственно созданные полуприродные. Природопользование на них не прекращается. Экологический каркас – это не охрана природы, а форма управления природопользованием, обеспечивающая длительное существование человека и используемых природных ресурсов. В долговременном плане экологический каркас не снижает, а многократно увеличивает экономическую выгоду хозяйственного использования земель.

Для ландшафтного планирования важно установить соотношения понятия экологического каркаса с понятием сети особо

охраняемых территорий, поскольку последняя выступает в Земельном и Градостроительном кодексах как правовая (территориально-планировочная) зона.

Большинство особо охраняемых природных территорий не является полноценными экосистемами. Поэтому возникла идея единого территориального образования способного поддерживать природные процессы и сохранять естественное разнообразие в течение долгого времени. Был сформулирован ряд географическихи биогеографических принципов формирования экологического каркаса:

- *принцип территориальной целостности* (взаимосвязанность, неразрывность) элементовЭК, которые должны быть увязаны в единую сеть с минимальным числом разрывов для обеспечения непрерывности «ткани» живой природы:

- *принцип геоэкологической репрезентативности* – включения в состав всего разнообразия природных экосистем и культурных ландшафтов;

- *принцип относительной простоты устройства* – все многообразие объектов ООПТ и иных территорий с особым правовым режимом использования должно быть сведено к ограниченному числу функциональных групп, которые служили бы операционным инвариантом на всех стадиях формирования экологического каркаса;

- *принцип технологичности ЭК* – соответствие конфигурации ЭК пространственным реалиям (зона, ареалам, линейным элементам, локусам) экологических коллизий для изоляции очагов «напряженности экологического поля»;

- *принцип функциональной развитости* – ЭК должен включать в себя все функциональные и организационно-правовые типы объектов, необходимые для решения поставленных задач (консервация, резервация, рекультивация и др.);

- *принцип выбора оптимальной организационно-правовой формы объекта ЭК* вытекает из предыдущего принципа и фиксирует необходимость поиска наилучшего соответствия между функцией объекта и организационно-правовым статусом;

- *принцип координации и согласования взаиморасположения и взаимоотношения объектов ЭК* в различных организационно правовых форм и режимов. Например, в границах заповедника нецелесообразно размещать памятники природы; или национальный парк может включать в себя заказник (даже ни один), но не наоборот;

- *принцип открытости ЭК* – возможность поэтапного формирования и постоянного совершенствования усложнения и разветвления структуры экологического каркаса района;

- *принцип иерархического соответствия* – ориентация ЭК нижнего уровня планирования на решение задач общерегионального экологического каркаса. Это означает, что местные системы природных резерватов должны быть связаны вместе в региональные системы, которые в свою очередь, соединяются межрегиональными коридорами;

- *принцип трансграничности ЭК* отражает то обстоятельство, что экологическая сеть не должна останавливаться у границ административного района или области, – ландшафтное планирование требует согласования, тесного сотрудничества и координации, например, во всем, что касается экологического состояния рек и долинно-речных ландшафтов.

Биоразнообразие – важнейшая стратегическая цель, заявленная практически в любых международных документах, меморандумах и документах.

При конструировании регионального ЭК должны быть учтены следующие основные принципы:

- *принцип ландшафтного разнообразия* – необходимость представления в пространстве ЭК всего разнообразия природных экосистем, в том числе экотонов – переходов между экосистемами;

- *принцип жизнеспособности* – необходимость поддержания жизнеспособных популяций всех аборигенных видов в естественном соотношении численности и в естественных границах;

- *принцип поддержания природных (экологических и эволюционных) процессов к сукцессиям разного типа*;

- *принцип устойчивости* – необходимость планирования и организации таких экосистем, которые сохраняли бы устойчивость к кратковременным и долговременным изменениям условиям условий окружающей среды и были бы способны поддерживать эволюционный потенциал организмов на протяжении многих поколений.

В соответствии с задачами экологического каркаса территории (сохранении ценных земель, восстановлении территорий, подверженных антропогенному воздействию, улучшению репрезентативности ценных территорий, обеспечение сохранения экологического равновесия региона) и в рамках принципа жизнеспособности специалисты по биогеографии и созобиологии сформулировали пять критериев, которые можно воспринимать как необходимые условия формирования системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ):

- *критерий сплошности (связности) местообитаний* (вымирание видов, равномерно распространенных на протяжении своих ареалов, менее вероятно по сравнению с видами, имеющими разорванные ареалыс дискретно расположенными местообитаниями);

- *критерий «максимы» территории* (для охраны по возможности следует выбирать местообитания большей площади, содержание популяции большей численности);

- *критерий близкого соседства* (необходимо для групп выбирать места близко расположенные друг от друга, чем рассредоточенные на больших расстояниях);

- *критерий устройства связок-коридоров или переходов* (коридоры или переходы функционируют лучше, когда условия внутри них похожи на условия местообитания охраняемых видов;

- *критерий недоступности* (отражение свойств поляризованного ландшафта – группы местообитаний, расположенных в местах, не доступных для людей, предпочтительнее, чем расположенных в районах с высокой плотностью дорог и (или) в легко досягаемых местах).

Контрольные вопросы

1. Что понимают под экологическим каркасом территории?
2. В чём заключается концепция экологического каркаса?
3. Какие принципы необходимо учитывать при формировании экологического каркаса?
4. Какие критерии формирования экологического каркаса вы знаете?

Лабораторная работа 2.
Крупные резерваты. Экологические коридоры. Буферные зоны

Цель работы: освоение понятий: крупные резерваты, экологические коридоры и буферные зоны.

Задание. Изучить базовые резерваты и их задачи; линейные элементы экологического каркаса и их задачи; точечные элементы экологического каркаса и их задачи; основные функции буферных зон.

Основная задача формирования ЭК в рамках ландшафтного планирования – обеспечить экологическую стабильность, ограниченную главным образом потому, что территории высокой

экологической ценности разобщены, малы по площади и весьма чувствительны к внешним воздействиям. Поэтому усилия должны быть направлены на устранение этих слабых мест наиболее эффективным способом: увеличением размеров резервных территорий, затем снятием их изоляции и интенсификацией мер по предотвращению внешнего негативного влияния.

Экологический каркас любой страны включает в себя площадные (крупноареальные), линейные и точечные элементы.

В России к крупноарельным базовым элементам относятся следующие типы территорий: заповедники, заказники, национальные и природные парки; леса первой и второй групп (в том числе используемые в рекреационных целях); крупные по площади памятники природы; другие значительные территории с особым режимом использования.

Задачи базовых резерватов: сохранение природных комплексов, поддержание уровня разнообразия местообитаний и видов, создание условий для рекреаций.

Базовые резерваты – это территории, чья региональная и межрегиональная экологическая ценность очевидна. Размер таких участков не менее 500 га. Только такие площади гарантируют выживание крупных копытных и хищников. В пределы резервата должны попасть как собственно местообитания, так и кормовые участки этих видов.

Существует несколько способов для появления в региональном ЭК крупных базовых резерватов:

- расширение до целесообразных границ уже существующих региональных объектов системы ОППТ (например, памятников природы, заказников) за счет присоединения рядом расположенных участков старовозрастных лесов, бездорожных областей и других экологически ценных территорий;

- поиск новых территорий, перспективных в плане организации резерватов среди следующих объектов (участков старовозрастных лесов, крупных участков других естественных и нетронутых ландшафтов ветленды пойм и террас, крупных болотных массивов, местообитания редких вдов животных и птиц; областей, долгое время находившиеся в запретном для проникновения людей режиме.

Базовые резерваты должны представлять собой нетронутые бездорожные участки. В большинстве случаев управление резерватами заключается в восстановлении естественных условий. Восстановительные мероприятия могут включать в себя:

реинтродукцию уничтоженных коренных видов (например, крупных хищников); подсадки коренных видов-эдификаторов для восстановления разнообразия структуры и видового состава лесов; закрытие (случае необходимости – сезонное) дорог или регулирование проезда; контроль, удаление чуждых видов (включая домашний скот); снятие или смягчение рекреационного пресса на территории.

Линейные элементы (экологические коридоры) являются по сути осями экологической активности. К ним относятся долины и поймы крупных рек и малых рек; долины малых рек и водотоков; полосные леса на водоразделах; озелененные коридоры транспортной и инженерно-технической инфраструктуры; защитные лесопосадки.

Задачи линейных элементов каркаса (коридоров): поддержание целостности каркаса за счет связывания разрозненных резерватов, обеспечение перемещения подвижных компонентов природы; защита речных русел и пойм, изоляция линейно выраженных зон антропогенной активности: автострад, железных дорог.

Точечные (локальные, местные) элементы – это узлы экологической активности – наиболее многочисленная группа в составе сетей живой природы, объединяющая самые разнообразные объекты: небольшие памятники природы различного профиля; зеленые зоны небольших населенных пунктов; охраняемые объекты неживой природы; памятники истории и культуры.

Задача местных элементов экологической сети – охрана отдельных уникальных объектов природы и материальной культуры, выполнение хозяйственных (главным образом защитных и ресурсосберегающих) эстетических и социальных функций.

Основные функции экологических коридоров могут быть сформулированы следующим образом: обеспечение увеличение обитаемой площади за счет связывания резерватов; обеспечение сезонных передвижений диких животных (например, миграций лосей); обеспечение расселения и естественного обмена особями между базовыми резерватами; обеспечение возможности широтной и высотной смены границ ареалов при изменении климата.

Экокоридоры могут быть предложены также для снятия барьеров внутри границ одного местообитания, например, барьера между местом размножения и кормовым участком или между нерестилищем и нагульными площадями различных видов рыб.

Кроме крупноареальных, линейных и точечных элементов в сетях живой природы выделяют и специальные элементы или

буферные зоны. К таковым в нашей стране могут быть отнесены некоторые зоны специального регулирования: водоохранные зоны; охранные зоны особо охраняемых территорий; курортные зоны; зоны бальнеологических объектов и др.; санитарно-защитные зоны; шумовые зоны и другие зоны дискомфорта; охранные зоны горных выработок; охранные зоны водозаборов; зоны всевозможных чрезвычайных ситуаций (например, потенциальные зоны затопления нижних бьефов водохранилищ).

Основные задачи буферных зон могут быть сформулированы следующим образом:

- *ослабление краевых эффектов.* Абиотический и биотический краевой эффекты могут быть серьезной проблемой для небольших резерватов с высоким отношением периметра к площади. Чтобы устранить краевые эффекты в этих ситуациях, могут быть рекомендованы буферные зоны. Например, сорняки, чужеродны виды растений и животных часто обильны в сообществах, нарушенных влиянием человека. Буферные зоны могут помочь экранировать резерваты от их проникновения вглубь;

- *защита базовых резерватов от браконьерства и другой вредоносной деятельности человека*;

- *защита индустриальных центров от забредания крупных животных.* К примеру, в городах центра и севера России лоси зачастую попадают на городские окраины, откуда их приходится эвакуировать силами охотников, полиции и МЧС;

- *защита от пожаров.* Внешние зоны растительности, устойчивые к сильным пожарам (например, луга), дополненные противопожарными полосами по периметру, могут защитить леса и поселения от пожаров, начинающихся в базовых резерватах;

- *сохранение «упадочных» местообитаний коренных видов.* Буферная зона сокращает смертность и вносит вклад в выживание метапопуляции.

Общая площадь экологического каркаса отдельного взятого региона (страны) зависит от множества факторов и, по мнению специалистов должна составлять не менее 25% территории.

Контрольные вопросы

1. В чём заключается основная задача формирования ЭК в рамках ландшафтного планирования?

2. Что такое базовые резерваты? Какие задачи и функции они выполняют?

3. Какие функции выполняют экокоридоры?

4. В чём заключаются основные задачи буферных зон?

Лабораторная работа 3.
Землеустройство и деформации современной структуры агроландшафта. Пластика рельефа и геотопология ландшафта как основа ландшафтного планирования для землеустройства

Цель работы: научиться выявлять дефекты традиционного землеустройства в сельском хозяйстве и усвоить основные принципы экологической организации территории.

Задание. Изучить дефекты проектов землеустройства хозяйств в советское время; ландшафтное планирование; основные принципы экологической организации территории на уровне хозяйства.

Культурный ландшафт любой страны, прежде всего сельскохозяйственный ландшафт, тесно связан с организацией территории для ведения сельскохозяйственного производства.

Десятилетиями претворяющиеся в действительность проекты землеустройства советских хозяйств имели ряд типичных дефектов, серьезно деформировавших природосообразующую структуру агроландшафта, а именно: создание рабочих участков всех видов без учета топологии ландшафта и соотношения в пространстве его каркасных гребнекилевых элементов; закладка прямолинейных границ пашен, пастбищ и сенокосов, несоответствующих пластике рельефа; несоблюдение принципа дифференцированного подхода к интенсивности использования земель; объединение в едином пахотном клине участков с разными типами почв – вплоть до крайних членов ряда гидроморфной катены (от подзолистых почв элювиальных физиотопов до иллювиально-глеевых намытых почв аккумулятивных физиотопов); пересечение границами полей (или рабочих участков) форм долинной гидрографической сети и перехват стока с образованием новых и активизацией старых эрозионных микро- и мезоформ.

Все это привело к деградации культурного ландшафта. Ландшафтное планирование на местном уровне – это приспособление сельскохозяйственного производства, туризма и рекреации к природной среде; приспособление, которое, в конечном счете, может быть сведено к созданию заново (или реконструкции) природообразующей гетерогенной ландшафтной структуры, проявляющейся

в оптимальном соотношении между полем, лугом, лесом, гидрографической сетью и другими элементами ландшафта. Осознанное формирование экологического каркаса позволяет решать эти задачи и сохранять провинциальный ландшафт как целостно-культурную систему.

Ландшафтное планирование на местном топоуровне неразрывно связано с землеустройством, так как в процессе землеустройства устанавливается определенный порядок на земле, соотношение элементов агроландшафта и их взаимозависимость, определяется порядок использования земельных ресурсов. Следовательно, ландшафтный план на местном уровне должен выступать в качестве экологического аспекта землеустройства: посредством формирования средостабилизирующего экологического каркаса осуществляется учёт экологических взаимосвязей между преобразованными компонентами природы и элементами агроландшафта и реализуется целенаправленное их регулирование.

Система землеустройства многие десятилетия разрабатывалась без необходимой экологической оценки, что привело к отрицательным экологическим последствиям как непосредственным (сокращение площади сельскохозяйственных угодий, развитие эрозионных процессов, снижение урожайности), так и косвенным (деградация почв, растительного покрова, загрязнение воды и воздуха, оскуднение фауны птиц и животных). Все это в конечном итоге по законам обратной связи в экологических системах сказалось на количестве и качестве сельскохозяйственной продукции.

В культурном ландшафте задача организации территории заключается в установлении оптимального соотношения между полем и лесом, лугом и болотом. Эта задача ложится на грамотную деятельность человека.

Ландшафтное планирование – это приспособление сельскохозяйственного производства, туризма и реакреации к природной среде; приспособление, которое в конечном счете может быть сведено к созданию заново (или реконструкции) природосообразной гетерогенной ландшафтной структуры, проявляющейся в оптимальном соотношении между полем, лугом, лесом, гидрографической сетью и другими элементами ландшафта.

Концепция экологического каркаса служит мостом между практически реализуемыми принципами землеустройства и современными представлениями об экологической организации

территории на топологическом уровне. Решить данную задачу – значит научиться управлять процессами обмена веществ, энергией между природными и антропогенными элементами в составе культурного ландшафта, добиться оптимального подхода к решению экономических и экологических задач сельского хозяйства.

Существующая крупноконтурная организация агроландшафта с прямыми линейными элементами – рубежами полей и рабочих участков, линиями обработки – неорганична природе холмистых и слабоволнистых равнин центра и севера России и требует изменения.

Основой экологичной системы земледелия в условиях сложного рельефа является контурная организация территории, которая заключается в создании экологически однородных рабочих участков и размещении постоянных и временных линейных элементов (рубежи и рабочие проходы агрегатов), а значит, элементов экологического каркаса территории в соответствии с пластикой рельефа. Такая организация должна учитывать природную структуру ландшафта, расчленять элементами экологического каркаса эрозионноопасную площадь в целях ослабления лавинообразного эффекта нарастания отрицательных явлений, разрушающих почву. Таким образом, экологически однородные рабочие участки и элементы ЭК увязываются в единую систему, учитывающую структуру ландшафта и хозяйственную деятельность.

Основные принципы экологической организации территории на уровне хозяйства в пространстве агроландшафта должны быть следующие:

- лесные полосы – основные блоки экологического каркаса на местном уровне, ветрозащитное и водорегулирующее влияние которых хорошо доказано;

- в ходе дробления единого пахотного массива на однородные рабочие участки должны соответствовать следующим требованиям: длинная сторона рабочего участка должна закладываться поперек склона; поля не должны иметь чересчур сложный контур и неправильную форму, необходима также достаточная длина гона; ширина полей определяется расстоянием между элементами ЭК, занимающими гребнекилевые участки склона; территория полей и отдельных участков должна быть серьезно дистанцирована от ложбин, лощин и других звеньев гидрологической сети;

- границы полей по возможности должны совмещаться не с полевыми дорогами (что удобно с точки зрения использования техники), а с лесными полосами; в этом случае местные полосы способны нести дополнительную, но очень важную функцию: служить защитно-кормовыми ремизами для диких животных, подкармливающихся на сельскохозяйственных угодьях;

- дороги и другие элементы транспортной системы в культурном сельском ландшафте должны проходить параллельно лесным полосам, ни в коем случае ограничивая сельскохозяйственные угодья по замкнутому контуру, так как это препятствует перемещению дикой фауны под кров защитно-кормовых ремизов во время уборочных работ;

- поля (или рабочие участки дробленного массива) должны иметь удобную связь при одновременном выполнении условия минимального числа разрывов в ткани ЭК, что достигается компактным расположением полей таким образом, чтобы элементы ЭК выглядели не полосами и островами леса, а, наоборот, сплошной структурой («живой тканью»), внутри которой находятся ячейки полей и полосы дорог;

- экологическое землеустройство становится невозможным при использовании устаревших схем нарезки прямолинейных, секущих рельеф смежных границ рабочих участков и последующей их прямолинейной обработки. Это обстоятельство требует внимательного отношения к проектированию и закладке контурных элементов – рубежей и рабочих проходов агрегатов в пространстве агроландшафта: центры контурных границ (рубежей между участками) не должны проходиться на выпуклые и вогнутые перегибы склона, особенно в области местного водораздела – ребра склона; линейные элементы (рубежи и рабочие проходы агрегатов) должны размещаться поперек движения стока или с допустимым отклонением от горизонталей; элементы ЭК должны быть комплементарны линейным элементам сельскохозяйственных угодий – рубежам между участками и направлениями рабочих проходов агрегата;

- для обеспечения контурной обработки в середине участков со сложным рельефом необходимо дополнительно размещать кулисы или контурные однорядные лесополосы в качестве направляющих линий обработки. Таким образом, линейные элементы ЭК могут выполнять роль направляющей базисной линии и прямолинейной обработки или контурной там, где это требуется;

- одним из способов повышения экологической устойчивости агроландшафта является полосное размещение культур.

На круговых и дугообразных рассеивающих склонах холмов и гряд полосы с травосмесями (полосы залужения) должны проходить по гребню (ребру) склона. На круговых и дугообразных концентрирующих склонах полоса залужения проходит вдоль линии вогнутого перегиба (подножья);

- огораживающие элементы, необходимые для устройства и организации территории пастбищных участков, должны проходить таким образом, чтобы выпас не являлся фактором развития эрозионных процессов. Для этого необходимо предусмотреть огораживание бровок оврагов и скотопрогонов, загонов очередного стравливания;

- крупные ложбины на пашне играют важнейшую роль в нормальном функционировании агроландшафта, осуществляя концентрацию стока, нуждаются в особенно внимательном отношении. При дроблении пахотных массивов их целесообразно залужать и содержать в задернованном состоянии, причем при распашке полей такие ложбины не трогают, проводят почвообрабатывающие орудия через залуженные ложбины только в транспортном положении.

Все средообразующие свойства лесных полос возрастают при условии объединения их в полноценный экологический каркас территории – связную сеть водо- и ветрорегулирующих лесных полос. Лесополосы одновременно играют роль базисных рубежей, определяющих направлениеобработки почвы и посевов, буферных полос и всех других элементов устройства сельского культурного ландшафта. Через систему лесных полос осуществляется связь между формированием ландшафтов, технологией обработки почвы и системой земледелия.

Контрольные вопросы

1. Назовите дефекты традиционно практикуемых методов сельскохозяйственного землеустройства.

2. Что понимают под ландшафтным планированием территории на местном топоуровне.

3. Какие основные принципы экологической организации территории на уровне хозяйства вы знаете?

Лабораторная работа 4.
Пути решения экологических проблем. Охрана ландшафтов

Цель работы: изучить пути решения экологических проблем в сельском хозяйстве и ознакомиться с основными положениями охраны ландшафтов и природы в целом.

Задание. Подробно рассмотреть: экологическую проблему сельского хозяйства и пути её решения; мониторинг земель и основные задачи экологизации земледелия; общие принципы охраны природы.

Экологическая проблема – это изменение природной среды в результате антропогенных воздействий, ведущее к нарушению структуры и функционирования природных систем (ландшафтов) и приводящее к негативным социальным, экономическим и иным последствиям.

Деятельность человека на земле ведет к её деградации. Большой урон почвенным ресурсам наносит опустынивание почв, причиной которого является неразумная деятельность человека в сочетании с аридными условиями на юге и холодными и влажными условиями на севере. В южных районах России к опустыниванию приводит перевыпас скота, в северных районах, тундре – активное освоение газовых и нефтяных месторождений. Агролесоводство, ограничение выпаса скота и разработка новых технологий возделывания земель – основные методы борьбы с опустыниванием почв.

Другим важным процессом деградации почв является ветровая и водная эрозия. В России около половины территории подвержено эрозионным процессам. В основе предупреждения эрозионных процессов лежит оптимизация систем земледелия и в целом природопользования. Определяющим условием при проектировании систем земледелия в сложных ландшафтах является противоэрозионная организация территории (прямолинейно-контурная, контурно-параллельная, контурно-полосное, контурно-мелиора-тивная), агротехнические противоэрозионные мероприятия (подбор культур, оптимальное соотношение культур в севооборотах, противоэрозионная обработка почвы, снегозадержание и регулирование снеготаяния), агролесомелиоративные противоэрозионные мероприятия (стокорегулирующие, прибалочные, приовражные, овражно-балочные лесонасаждения), гидротехнические противоэрозионные мероприятия (сооружения валов-террас, ступенчатых террас,

траншейных террас, распылителей стока, водозадерживающих валов, водоотводящих валов-каналов, вершинных, водосборных сооружений, запруд).

Для предупреждения ветровой эрозии почв проводят противоэрозионную организацию территории, применяют полезащитные лесополосы, почвозащитные севообороты, полосное размещение паров и культур, применяют кулисы из высокостебельных культур, почвозащитную плоскорезную обработку, посев стерневыми сеялками и др.

Физическая деградация почв является следствием дегумификации, осолонцевания, переувлажнения, уплотняющего и разрушающего действия сельскохозяйственной техники. В результате происходит ухудшение структурного состояния почв, снижения ее пористости, увеличение плотности пахотного слоя, снижения водопроницаемости почвы. Для предупреждения физической деградации проводят мероприятия, способствующие сохранению, улучшению структуры почвы, защите её от эрозии: внесение органических удобрений, оставление на полях соломы, посев многолетних трав и сидеральных культур, рациональная обработка почвы, внесение мелиорантов и др.

Гидрологический фактор антропогенной деградации почв широко распространен в разнообразных формах: затопление, подтопление, заболачивание в результате переуплотнения, образования мочаров, последствия неправильного орошения).

Для преодоления отмеченных процессов вторичного гидроморфизма необходимы: оптимизация дренированности территории путем усиления проточности степных речек и внутрипочвенного стока по тальвегам; ликвидация многочисленных плотин, очистка русел от заиливания, ликвидация искусственных перемычек по тальвегам; выделение подтопляемых и переувлажненных земель в особую категорию с трансформацией их в кормовые угодья с посевом фитомелиоративных культур;организация сети из канав, щелей, кротодрен; переход на минимизированные агротехнологии с использованием агрофильных машин и движителей с пониженным давлением.

Изменения водного режима в результате орошения часто приводит к развитию вторичного засоления и осолонцевания почв. для предупреждения засоления почв необходимо проводить орошение пресными водами, не допускать создания промывного режима и поднятия грунтовых вод, использовать дренаж.

Основные антропогенные факторы подкисления почв – применение кислых удобрений и кислые осадки. При подкислении во многих почвах отмечается вымывание ионов важных для питания растений, плодородие почв снижается, что подавляет рост и развитие сельскохозяйственных культур. Методами борьбы с подкислением почв являются снижение выбросов диоксида серы и оксидов в атмосферу, подбор минеральных удобрений и соблюдение доз их внесения, известкование.

Важным фактором деградации почв является загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами, которое в десятки раз превышает установленные ПДК в местах её добычи, переработки, транспортировки и распределения. Основные мероприятия с загрязнением почв нефтью: разработка новых технологий транспортировки, добычи и использования, рекультивация загрязненных участков, использование микроорганизмов, разрушающих нефть.

С целью борьбы с вредителями, болезнями культур, сорными растениями применяют пестициды различные по химической структуре, стойкости, ядовитости и цели использования. Они часто плохо разлагаются, хорошо сохраняются и накапливаются в почве, являясь сильными канцерогенами, воздействуют на нервную, сердечно-сосудистую и другие системы человека, опасны для полезных насекомых и животных. Основные методы борьбы с загрязнением почв пестицидами являются: соблюдение правильных севооборотов; комплексная борьба с вредными организмами; применение устойчивых сортов и гибридов; применение менее токсичных пестицидов с соблюдением их регламента внесения; применение биологических методов защиты растений вместо пестицидов; внесение органических удобрений; проведение промывочных поливов; применение антидотов – химических соединений, способных обезвреживать токсические вещества; глубокая вспашка и др.

Основой правового регулирования землепользования России является Земельный кодекс РФ, регламентирующий основные правовые и организационные меры охраны почв и земельных ресурсов. Для обеспечения рационального использования и охраны земель, защиты прав собственности земли, землепользователей и арендаторов и создания объективной цены на землю, земельного налога, арендной платы в РФ ведется Государственный земельный кадастр. Средством охраны земель и обеспечения их рационального использования является землеустройство, в котором сочетаются юридические, управленческие и информационные аспекты охраны земли.

Таким образом, возросшие уровни интенсификации сельскохозяйственного производства и антропогенные нагрузки на почву привели к целому ряду негативных моментов: усилились процессы деградации почвенного покрова и эрозии, возросли темпы дегумификации с устойчиво некомпенсируемой минерализацией гумуса, снизилась продуктивность и устойчивость сельскохозяйственного производства.

Мониторинг земель – система наблюдения за состоянием земельного фонда для своевременного выявления, оценки изменений, предупреждения негативных последствий их загрязнения.

Разработанные раннее зональные системы земледелия не отвечают в должной мере требованиям экологичности хозяйствования, т.е. соответствия природным факторам, так как они были разработаны в условиях жесткого государственного заказа на сельскохозяйственную продукцию, директивного планирования посевных площадей и строго контроля за структурой угодий, что значительно сдерживало возможности адаптации земледелия.

Основными задачами экологизации земледелия являются: сохранение и восстановление биоразнообразия; размещение сельскохозяйственных культур в соответствии с агроэкологическими условиями, оптимизация соотношения природных и различных сельскохозяйственных угодий, гармонизация животноводства и земледелия; создание оптимальной инфраструктуры агроландшафтов с учетом энергопереноса; повышение экологической устойчивости агроценозов; оптимизация биологического круговорота вещества в агроландшафтах; повышение роли биологического азота за счет увеличения доли бобовых культур и стимулирование процессов азотфиксации; регулирование поверхностного стока гидрогеологического и гидрологического режимов; поддержание поверхности почвы под покровом растений и растительных остатков, мульчирование; сокращение механических воздействий на почву, создание условий биологического саморыхления; оптимизация структуры и функционирования агроценозов; регулирование численности вредных организмов и полезных энтомофагов с использованием биологических средств и химических препаратов, близких по своим свойствам к природным соединениям.

На практике эти задачи решаются путем освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которые разрабатываются с учетом общественных потребностей, рынка сельскохозяйственной продукции применительно к различным категориям агроландшафтов, производственному потенциалу, хозяйственным укладам.

При любом виде человеческой деятельности должны соблюдаться общие принципы охраны природы. При проектировании природно-технических систем учитывают общие геосистемные принципы, свойства геосистем как целостных, сложных образований. Общие природоохранные принципы включают:

- *охрану ландшафта.* Ландшафт является основным объектом, с помощью которого происходит удовлетворение потребностей общества; охрана ландшафта – это задача оптимизационная, так как осуществляется поиск пути оптимального использования ландшафта, заключающийся в определении цели использования, переборе возможных вариантов использования, выборе природных и социально-экономических ограничений, в зависимости от вида использования;

- *охрану природы.* Любые инженерные сооружения или технологические процессы должны обеспечивать сохранение средо- и ресурсовоспроизводящие способности ландшафтов. Природоохранные мероприятия должны распространяться повсеместно. Это вытекает из положения от всеобщей связи явлений в природе и обществе. Приоритет отдается мероприятиям, предупреждающим, во-первых, возникновение негативных последствий, так как легче предупредить, чем устранить последствия, а во-вторых – цепной характер изменений может быть необратимым.

Геосистемные принципы проектирования направлены на геоэкологическое проектирование. Проектирование пространственной природно-технической системы – не простое вписывание сооружений и технологий в природу, оно носит геоэкологическое выражение системного подхода по использованию и охране природных ландшафтов и природно-технических систем. Технологию предприятия рассматривают в момент проектирования во взаимосвязи с состоянием всех компонентов ландшафта (почвы, воды, биоты и т. д.). Она должна предусматривать любые изменения компонентов. Проектируют не только геотехническую систему в одном состоянии, но режим её функционирования и управления с учётом последовательной смены природных процессов и состояний ландшафта, изменчивости и устойчивости его свойств. Система природоохранных мероприятий включает комплексный контроль за воздействиями, состоянием и изменениями характеристик в природных комплексах, социально-экономическими изменениями, их сопоставление с нормативными и стандартами.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под экологической проблемой?
2. Какие виды деградации земель Вы знаете?
3. Какие разработаны меры борьбы с опустыниванием, эрозией, заболачиванием, агроистощением и уплотнением почв?
4. Какие разработаны меры борьбы с загрязнением почв тяжелыми металлами, нефтью, пестицидами и минеральными удобрениями?
5. Что понимают под мониторингом земель?
6. Как на практике решаются экологические проблемы в сельском хозяйстве?
7. Что включают в себя природоохранные принципы?
8. Перечислите основные задачи экологизации земледелия.

Лабораторная работа 5. Отличительные особенности функционирования природных экосистем и агроэкосистем. Принципы оптимизации агроландшафтов

Цель работы: научиться выделять отличительные особенности функционирования природных экосистем и агросистем; освоить принципы оптимизации агроландшафтов.

Задание. Изучить отличительные особенности функционирования природных экосистем и агросистем; принципы оптимизации агроландшафтов.

Ландшафт – природно-территориальный комплекс, характеризующийся относительным единством рельефа, функционирующий как самоорганизующая система с относительно единым геологическим фундаментом, однотипным рельефом, климатом, единообразным сочетанием почв, биоценозов и определённой структурой, иначе – закономерным сочетанием составляющих его морфологических частей (местностей, урочищ, фаций).

По определению М. И. Лопырева, под *агроландшафтом* понимается земельный массив, состоящий из комплекса взаимосвязанных природных компонентов, элементов системы земледелия и землеустройства с относительно автономными водным, тепловым и другими режимами с признаками общей экологической системы.

Агроландшафт следует понимать как территориальную единицу для решения вопросов формирования систем земледелия на экологической основе. Агроландшафт является антропогенным и формируется под воздействием сельскохозяйственной деятельности человека. Следовательно, в структуре агроландшафта должны найти отражение формирующие его элементы из организации территории и системы земледелия.

Для решения задач экологизации земледелия необходимо представлять закономерности функционирования природных и создаваемых фитоценозов. Основные *отличительные особенности* функционирования природных экосистем и агроэкосистем:

- *разные направления отбора*. Естественный отбор, отметая неустойчивые, нежизнеспособные формы организмов и их сообществ, ведет организацию естественных экосистем к их фундаментальному свойству – устойчивости. Агроценозы находятся вне сферы естественного отбора, эти системы создаются и поддерживаются человеком. Искусственный отбор направлен на повышение урожайности. Часто урожайность сорта не связана с его устойчивостью к факторам окружающей среды;

- *естественные экосистемы используют единственный источник энергии – солнце*. КПД использования солнечной энергии мал, однако естественные экосистемы устойчиво существуют на этом количестве энергии, трансформируя её в различных пищевых цепях. Агроценозы получают наряду с солнечной энергией дополнительное количество антропогенной в виде широкого применения удобрений, гербицидов, инсектицидов, мелиораций почв, горючего, техники, химических добавок к кормам и др. Доля антропогенной от всей энергии, аккумулированной в урожае, при средних дозах удобрений, без поливов составляет 5-10 %;

- *разнообразие экологического состава фитоценоза* обеспечивает устойчивость продукционного процесса при колебании погодных условий по годам. Угнетение одних условий приводит к повышению продуктивности других вследствие ослабления конкуренции. В результате фитоценоз сохраняет способность к созданию определенного уровня продукции в разные годы. Агроценоз полевых культур – сообщество монодоминантное, часто односортовое. Действие неблагоприятных факторов на всех растениях агроценоза отражается одинаково. Не может быть компенсировано угнетение роста и развития основной культуры усиленным ростом

других видов растений. И как результат, устойчивость продуктивности агроценоза ниже, чем в естественных экосистемах;

- *наличие разнообразия видового состава растений с различными фенологическими ритмами* дает возможность фитоценозу как целостной системе осуществлять непрерывно в течение всего вегетационного периода продукционный процесс, полно и экономно расходуя ресурсы тепла, влаги и питательных элементов. В агроценозах период вегетации выращиваемых культур короче вегетационного сезона. В отличие от естестественных фитоценозов, где виды различного биологического ритма достигают максимальной биомассы в разное время вегетационного сезона, в агроценозе рост растений одновременен и последовательность стадий развития, как правило, синхронна. Отсюда, время взаимодействия фитокомпонента с другими компонентами (например с почвой) в агроценозе короче, что сказывается на интенсивности обменных процессов в целой системе;

- существенным различием естественных экосистем и агросистем является *степень скомпенсированности круговорота веществ внутри экосистемы*. Круговороты веществ (химических элементов) в естественных экосистемах осуществляется по замкнутым циклам или близки к скомпенсированным: приход веществ в цикл за определенный период в среднем равен по выходу вещества из цикла, а отсюда внутри цикла приход вещества в каждый блок приблизительно равен выходу из него.Антропогенные воздействия нарушают замкнутость круговорота веществ в экосистемах. Часть вещества в агроценозах безвозвратно изымается из экосистемы. При высоких нормах внесения удобрений для отдельных элементов может наблюдаться явление, когда величина входа элементов питания в растения из почвы оказывается меньше величины поступления элементов питания в почву из разлагающихся растительных остатков и удобрений. С хозяйственно-полезной продукцией в агроценозах отчуждается 50-60 % органического вещества от его количества, аккумулированного в продукции;

- *природные экосистемы являются системами авторегуляторными, агроценозы – управляемые человеком*. Для того чтобы достигнуть своей цели (получить пищу) человек в агроценозе контролирует или изменяет в значительной степени влияние природных факторов, а также дает преимущества в росте и развитии только компонентам, продуцирующим пищу. Главная задача в

данной связи – найти условия повышения урожайности при минимизации энергетических и вещественных затрат и повышении почвенного плодородия. Решение данной задачи состоит в наиболее полном использовании агрофитоценозами природных ресурсов и в создании скомпенсированных циклов химических элементов в агроценозах. Полнота использования ресурсов определяется генетическими особенностями сорта, продолжительности вегетации, неоднородностью компонентов в совместных посевах, ярусностью посева и т. д.

Главные принципы оптимизации природопользования в лесостепных районах, разработанные В. В. Докучаевым, актуальны и в настоящее время. Они включают:

- выработку норм, определяющих относительные площади пашни, лугов, лесов и вод;
- регулирование рек и для уменьшения их заиления, предотвращения паводков;
- регулирование оврагов и балок с целью прекращения дальнейшего размывания их дна и берегов, превращения их в луга;
- регулирование водного хозяйства в открытых системах, на водораздельных пространствах, обеспечивающее эффективное использование снеговых и дождевых вод на полях, задержание их в прудах и водохранилищах;
- использование полезащитных и мелиоративных лесонасаждений для защиты водоемов, закрепления оврагов, песчаных массивов, предотвращения водной и ветровой эрозии почв;
- использование подземных вод для обводнения и орошения;
- определение приёмов обработки почвы, наиболее благоприятных для наилучшего использования влаги, и большее приспособление сортов культурных растений к местным почвенно-климатическим условиям.

Современная научно обоснованная концепция оптимизации агроландшафтов должна осуществляться, прежде всего, на основе глобальной идеи экологизации природопользования.

Агроландшафты должны отвечать следующим требованиям: быть долговечными; не нарушать уже существующих равновесных экологических систем и способствовать их стабилизации; обеспечивать общий экологический баланс территории и рациональное использование земель и атмосферных осадков; восстанавливаться в процессе хозяйственной деятельности и не требовать при этом больших эксплуатационных расходов.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под ландшафтом?
2. Что понимают под агроландшафтом?
3. Расскажите об отличительных особенностях функционирования природных экосистем от агроэкосистем.
4. Каковы основные принципы природопользования в лесостепных районах?
5. Каким требованиям должны отвечать современные агроландшафты?

Лабораторная работа 6. Принципы классификации природно-антропогенных ландшафтов

Цель работы: ознакомиться с классификацией природных ландшафтов и изучить различные принципы классификации природно-антропогенных ландшафтов.

Задание. Изучить классификацию природных ландшафтов; принципы классификации природно-антропогенных ландшафтов.

Для характеристики природных ландшафтов предлагается использовать классификации А. Г. Исаченко, Ф. Н. Милькова, В. А. Николаева.

Различные сочетания частей ландшафта образуют средние и высшие типологические комплексы ландшафтной сферы Земли.

Высшей классификационной единицей ландшафта признан отдел, в основе выделения которого лежит *характер взаимодействия* литосферы, атмосферы, гидросферы.

Отделы:

- наземные;
- земноводные (речные, озёрные, шельфовые);
- водные (поверхность морей и океанов);
- донные (подводные).

Внутри отдела наземных ландшафтов на региональном уровне *(по макроклиматическим условиям водно-теплового баланса)* выделяются системы ландшафтов, образующие климатические природные зоны.

Системы:

- арктические (ледниковые, полярно-пустынные);
- субарктические (арктические тундровые, типичные тундровые, южные тундровые);

- бореальные (северо-таёжные, среднетаёжные, южно-таежные);
- суббореальные семиаридные (широколиственные, лесостепные, северо-степные, средне степные);
- суббореальные аридные (полупустыни, северные пустыни, южные пустыни);
- субтропические (средиземноморские).

Системы в пределах каждой зоны подразделяются на подсистемы по *степени континентальности климата*.

Подсистемы:
- умеренноконтинентальные (восточно-европейские);
- континентальные (Урал);
- резкоконтинентальные (Западно-Сибирские);
- приокеанические (Дальневосточные).

Следующая категория – классы – устанавливается по *морфологическим показателям*.

Классы:
- равнинные ландшафты;
- горные ландшафты.

Подклассы выделяются в соответствии с *ярусной дифференциацией* ландшафтной структуры в горах и на равнинах.

Подклассы:
- равнины – возвышенные;
- равнины – низинные;
- равнины – низменные;
- горы – низкогорные
- горы – среднегорные;
- горы – высокогорные.

Ниже классов стоят *типы ландшафтов, равнин,* которые выделяются по почвенно-биоклиматическим условиям.

К зональным типам относятся ландшафты: тундровые, таёжные, лесостепные, степные, полупустынные и пустынные, к интразональным – болотные, луговые, солончаковые.

Зональные типы ландшафтов разделяются на роды по *генетическим типам рельефа* и структурам морфологического комплекса.

Виды ландшафтов – низшая классификационная единица, которая выделяется *по условиям мезоструктуры* почвенного покрова. Дальнейший, уже внутривидовой типологический анализ ландшафтов производится путем сравнения их морфологических структур на уровне субдоминантных и, даже, редких урочищ.

Ниже приводятся системы ландшафтов мира по макроклиматическим условиям водно-теплового баланса.

Учитывая большую роль в организации и функционировании природно-антропогенных ландшафтов производственного фактора, их часто классифицируют по хозяйственной ориентации, уровню развития общества, совершенству и технологической специфике производства.

В связи с тем, что во многих природно-антропогенных ландшафтах жизнедеятельность человека может приводить к полному изъятию или разрушению одного или нескольких системных компонентов ландшафта, их классифицируют по тем блокам, которые подвергаются максимальным воздействиям (земледельческие, водохозяйственные и пр.).

Природно-антропогенные ландшафты могут формироваться под влиянием не только производственно-технологических, но и взаимосвязанных природно-региональных, социальных, этнокультурных и экологических факторов. Соответственно возможны различные классификации природно-антропогенных ландшафтов. В качестве примеров можно привести несколько классификационных схем природно-антропогенных ландшафтов, основанных на разных принципах их построения и признаках систем природопользования с соответствующими им трансформациями природы.

По региональному признаку традиционных типов и видов природопользования выделяются природно-антропогенные ландшафты:

- северных регионов (оленеводческие, промыслово-охотничьи, лесохозяйственные таежные);
- горные (отгонного скотоводства, горного земледелия и др.);
- аридных зон (отгонного или кочевого скотоводства, поливного земледелия);
- рисоводческие, чаеводческие и другие Южной и Юго-Восточной Азии;
- экваториальных и субэкваториальных зон с плантациями масличных пальм, каучуконосов, кофе и какао.

По типам природопользования выделяются природно-антропогенные ландшафты:

- собирательские – ландшафты, используемые как естественные угодья (различные промысловые, сенокосные, рекреационные и др.); промышленно-сырьевые ландшафты (горнодобывающие, лесозаготовительные, водохозяйственные и др.);

- производственные (производящие) – сельскохозяйственные (земледельческие, скотоводческие), промышленные (перерабатывающих производств), лесохозяйственные (культурного лесоводства и лесопользования), энергопроизводственные и др.;

- местопользовательские – селитебные, транспортные, рекреационные;

- природоохранные.

Ресурсно-компонентная классификация природно-антропогенных ландшафтов:

- водохозяйственные;

- земледельческие;

- пастбищные;

- лесохозяйственные;

- охотничьих угодий;

- горнодобывающих производств и др.

Экологические классификации:

- по степени нарушенности (сильнонарушенные, слабонарушенные и др.);

- по форме или направленности нарушений (вырубки, пашни, застроенные, карьерно-отвальные горнорудных разработок, загрязненные, золо- и шламохранилищ, эродированные и др.);

- природоулучшающей или восстанавливающей ориентации (мелиорированные, рекультивированные и самовосстанавливающиеся и др.);

- природоохранной специфики (водоохранные, заказники, заповедники и др.).

Существует и множество других классификаций природно-антропогенных ландшафтов. В основе выделения их категорий и таксонов могут также лежать другие разнообразные показатели воздействий и свойств природно-антропогенных ландшафтов (направленность и типы изменений природы, типы освоения природы, земель и прочее), в том числе и количественные показатели (например, степень окультуренности ландшафтов – 10, 30, 60 % площади).

В основе современных представлений об *антропогенных модификациях ландшафта* лежат идеи Л. Г. Раменского (1935), высказанные им относительнотипологии земель в 30-х годах прошлого столетия. Под влиянием обработки и удобрения почвы, возделывания культур формируется культурная модификация земель.

При всём разнообразии антропогенных ландшафтов, в зависимости от целенаправленности своего возникновения, Ф. Н. Мильков делит их на две большие группы: прямые и сопутствующие.

К *прямым антропогенным ландшафтам* относятся запрограммированные комплексы, возникающие в результате целенаправленной деятельности человека. Они постоянно поддерживаются человеком в состоянии, оптимальном для выполнения возложенных на них хозяйственных, рекреационных и других функций. К ним относятся возделанные поля, сады, водохранилища и пруды, полезащитные лесные полосы и многое другое.

Сопутствующие антропогенные ландшафты непосредственно не создаются человеком. Они – результат процессов, часть нежелательных, которые были активизированы или вызваны к жизни деятельностью человека. Это результат неумелого нерационального ведения хозяйства (овраги на полях, вторичные солончаки на орошаемых землях, болота по берегам водохранилищ, провальные воронки в местах подземной добычи полезных ископаемых и т.д.).

По степени долговечности все антропогенные ландшафты делятся на три группы: долговечные саморегулируемые, многолетние частично регулируемые, кратковременные регулируемые.

Долговечные саморегулируемые ландшафты существуют длительное время – многие столетия – без дополнительных мер со стороны человека для их поддержания. Это комплексы, отличающиеся высокой степенью саморегуляции. Например, вторичная болотная марь на Дальнем Востоке или бесплодные известняково-карстовые пустоши в странах Средиземноморья.

Многолетние частично регулируемые ландшафты существуют относительно длительное время, но периодически нуждаются в повторном вмешательстве человека. К ним относятся пруды, пойменные и суходольные луга, полезащитные лесные полосы. Все они существуют длительное время, но требуют ухода, нуждаются время от времени в помощи человека.

Кратковременные регулируемые ландшафты требуют постоянного поддержания для их необходимого функционирования. К числу таких ландшафтов относятся полевые сельскохозяйственные комплексы – пашня с посевами различных культур. Здесь растительный покров – посевы – ежегодно меняется, наземная часть его изымается, почва перепахивается и обогащается минеральными и органическими удобрениями.

В целом антропогенные ландшафты можно классифицировать на сельскохозяйственные, техногенные ландшафты, ландшафты водохранилищ, прудов и каналов, селитебные комплексы.

1. ***Сельскохозяйственные типы ландшафтов*** обусловлены различиями в хозяйственном использовании земли. К ним относятся следующие типы агроландшафтов: полевой, садовый, смешанный садово-полевой, лугово-пастбищный, ландшафты с измененной литогенной основой, орошаемые и осушенные ландшафты.

Полевой тип характеризуется перепашкой почвенного слоя, внесением минеральных и органических удобрений, борьбой с сорной растительностью, выращиванием агроценозов с ежегодным изъятием у них большой части биомассы. Водная и ветровая эрозия – спутники полевых ландшафтов в районах семиаридного климата. Оптимальные условия для развития полевых ландшафтов больше проявляются в лесостепной и степной зонах.

Садовый тип представлен садами, насаждениями многолетних плодовых деревьев и кустарников разных географических поясов. Внешне сады ближе к лесокультурам, чем к полевым ландшафтам. Особую разновидность садовых ландшафтов образуют виноградники. Для получения высоких урожаев, почвы садов и виноградников нуждаются в постоянной обработке, внесении органических и минеральных удобрений, поливе. Поэтому они всегда сильно окультурены и на фоне зональных естественных почв выделяются высоким плодородием. Садовые культуры требовательны к теплу и влаге. Поэтому они распространены в районах с умеренным климатом.

Смешанный садово-полевой тип встречается в тропических странах, где среди посевов различных полевых и огородных культур разбросаны одиночные плодовые деревья, издали создающие иногда впечатление редколесья.

Лугово-пастбищный тип представлен природными пастбищами и сенокосами. На территории России он встречается повсеместно от тундр на севере до субтропиков на юге. Площадь под сенокосами и пастбищами превышает 200 млн га – почти 1/6 часть всей территории.

Значительное воздействие на луга и пастбища оказывает неумеренный выпас скота. Под его влиянием происходит уплотнение почвы и её иссушение, в травостое сначала выпадают ценные кормовые растения, затем растительный покров изреживается, и в свои права вступает водная и ветровая эрозия.

Сельскохозяйственные ландшафты с изменённой литогенной основой представлены ландшафтами, в которых человек коренным образом изменил рельеф и грунты. Среди них первое место принадлежит полевым и садовым ландшафтам террасированных склонов.

Ландшафты со староорошаемыми почвами представляют затопляемые территории при возделывании риса, хлопчатника, садовых культур.

2. Антропогенные ландшафты, образованные с помощью техники, создаются при добыче угля, железных руд, нефти, газа и других полезных ископаемых. Наиболее сильное воздействие на ландшафтные комплексы оказывает разработка полезных ископаемых открытым способом.

3. Водохранилища, пруды, каналы являются также антропогенными ландшафтами. *Каналы* предназначены для соединения рек, озёр, орошения полей. Они представляют собой инженерные сооружения и оказывают преобразующее воздействие на прилегающие территории. Вследствие подъёма грунтовых вод увеличивается площадь солончаков, количество солёных озёр.

4. Селитебные комплексы населённых мест. *Городские ландшафты* – одни из самых преобразованных. Большая часть территории города одета асфальтом дорог, площадей, жилыми корпусами. *В сельских селитебных ландшафтах* преобразование комплексов не зашло так далеко, как в городских.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о классификации природных ландшафтов.
2. Какие принципы выделения и классификации агроландшафтов вы знаете?
3. Какие типы сельскохозяйственных ландшафтов Вы знаете?

Лабораторная работа 7.
Основные принципы организации агроэкосистем. Устойчивость агроэкосистем при разных системах земледелия

Цель работы: изучить основные принципы организации агроэкосистем и ознакомиться с методикой оценки функционирования агроэкосистем.

Задание. Основные принципы построения агроландшафтов. Современное управление устойчивостью агросистем. Определение устойчивости агросистем в системах земледелия.

В процессе эволюции естественные экосистемы приобрели способность к саморегуляции и к самовосстановлению. При трансформации же естественных экосистем в агроэкосистемы вещественно-энергетические и информационные связи, в том числе и в агроландшафте, значительно изменяются. Если такие изменения выходят за рамки допустимых пределов (норм), то ландшафты теряют способность к самовосстановлению основных компонентов и в итоге быстро деградируют. Современный ландшафт – это не просто преобразованный природно-территориальный комплекс, а многокомпонентное образование со специфическими природно-хозяйственным генезисом, фитоценотическим обликом, экологической ситуацией.

Адаптивно-ландшафтное землепользование направлено на достижение более гармоничного взаимодействия человека и природы в процессе сельскохозяйственного производства. Поэтому принципы построения агроландшафтов, основанные на «самовосстановлении» и «самоочищении» агросистем и их компонентов можно свести к следующим:

- *принцип адекватности.* Производственная деятельность в агроландшафтах должна быть адекватной природным закономерностям окружающей среды это можно достичь применением прогрессивных систем земледелия (выделение севооборотов с многолетними травами, рациональной обработки почвы и другими агротехническими приемами) с учетом экологических особенностей структуры сложившихся естественных ландшафтов;

- *принцип совместимости.* Компоненты (элементы) территории агроландшафтов проектируют и создают с учетом природно-антропогенной совместимости. Суть в том, чтобы элементы территории агроландшафтов были органически взаимосвязаны и представляли единую систему, согласованную со строением природных комплексов и хозяйственной деятельностью.

- *принцип приоритета фитомелиорации.* При формировании почвоохранных, самовосстановляющихся и самоочищающихся агроландшафтов и агросистем ведущая роль должна принадлежать фитомелиорации, что соответствует одному из важнейших законов земледелия – закону минимума (поскольку ограничивающим фактором часто является дефицит почвенной влаги, а растительная мелиорация способствует формированию более устойчивого влагооборота в агроэкосистемах);

- *принцип пространственного и видового разнообразия.* Агроэкосистемы следует создавать с учетом требования пространственного и видового разнообразия. Это соответствует существующей закономерности, согласно которой чем разнообразнее и сложнее структура агроландшафта, тем выше его устойчивость, способность противостоять различным внешним воздействиям. Ландшафты, характеризующиеся большим видовым разнообразием, лучше самовосстанавливаются и самоочищаются, поскольку сложная мозаичнность их строения способствует поддержанию их устойчивости, а также природного и природно-антропогенного равновесия;

- *принципы оптимизации структур и соотношения земельных угодий.*

При землеустройстве агроландшафтов для определенного сельскохозяйственного региона в соответствии с местными природными условиями устанавливают экологически и экономически обоснованную структуру и соотношение размеров площадей пашни, лугов, леса и вод.

Современное управление устойчивостью агроэкосистемы и использование для этого практических средств должны предусматривать достижение разумного компромисса между количеством продукции, ее качеством, масштабами затрачиваемых природных и технических ресурсов и нарушениями в окружающей среде. Эти параметры в своей совокупности характеризуют новый тип современного земледелия – адаптивный, под которым понимают экологическую дифференциацию агротехнологий, направленную на достижение высокой степени соответствия агарных форм деятельности природным механизмам саморегуляции экосистем путем оптимизации или компенсации внешних и внутренних факторов и свойств, лимитирующих развитие продуцентов агроэкосистемы. В отличие от альтернативного земледелия, которое предполагает приоритет какого-либо одного критерия, адаптивно-компромиссное направлено на достижение рациональной сбалансированности критериев и представляют собой промежуточную форму между биологическим и традиционным типами земледелия.

Современное управление устойчивостью агроэкосистемы и использование для этого практических средств должны предусматривать достижение разумного компромисса между количеством продукции, ее качеством, масштабами затрачиваемых природных и технических ресурсов и нарушениями в окружающей среде.

Эти параметры в своей совокупности характеризуют новый тип современного земледелия – адаптивный, под которым понимают экологическую дифференциацию агротехнологий, направленную на достижение высокой степени соответствия агарных форм деятельности природным механизмам саморегуляции экосистем путем оптимизации или компенсации внешних и внутренних факторов и свойств, лимитирующих развитие продуцентов агроэкосистемы. В отличие от альтернативного земледелия, которое предполагает приоритетет какого-либо одного критерия, адаптивно-компромиссное направлено на достижение рациональной сбалансированности критериев и представляют собой промежуточную форму между биологическим и традиционным типами земледелия.

Основным способом оценки происходящих в агроэкосистеме изменений является сравнение параметров, характеризующих состояние ее слагаемых, с эталонными вариантами. Создается соответствующая стандартная шкала, по которой отмечается разница между состоянием среды при воздействии какого-либо фактора и без его воздействия. Однако такой подход не совсем корректен, поскольку не отражает исходных различий, характерных для природной и сельскохозяйственной экосистемы, а также динамику разнообразных форм человеческой деятельности и реакции на них агроэкосистем. Поэтому для оценки функционирования агроэкосистемы используют ряд специальных критериев. В качестве критериев оценки влияния сельскохозяйственной деятельности на агроэкосистемы предложено использовать показатель экологичности земледелия ($К_{э.з.}$), для расчета которого служат следующие характеристики: урожай культур (У) и их количество (n), коэффициент гумификации растительных остатков ($К_г$), масса вносимых органических удобрений ($М_о$) и коэффициентих гумификации ($К_о$), масса минерализации гумуса и количество пожнивных остатков ($М_{м.го}$), масса потерь гумусовых веществ за счет эрозии ($М_{э.в.}$), масса расхода гумуса на формирование урожая ($М_{г.у}$), коэффициенты, выражающие повторяемость культуры за ротацию севооборота ($К_р$) и долю данной культуры в севообороте ($К_д$). При использовании этих параметров в модели:

$$К_{эз} = \sum_{i=1}^{n} \times \frac{(УК_г + М_оК_о)К_дК_р}{М_{м.го} + М_{э.в} + М_{г.у}}$$

Было показано, что в результате эрозии и насыщенности севооборотов техническим культурами происходит активный расход гумуса, а низкое значение $К_{э.з.}$ (0,3…0,4) свидетельствует о недостаточной экологичности используемых систем земледелия. В качестве индикаторов показателей экологичного состояния экосистем и устойчивости почв к стрессовому воздействию загрязнителей наряду с содержанием органического вещества часто используют такие величины, как размеры почвенных частиц и pH почвенного раствора, с помощью которых оценивают стрессовую емкость почвы. Интегральную характеристику реакции растений на минеральные удобрения дают показатели их агрономической и физиологической эффективности (АЭ и ФЭ), а также эффективности усвоения (ЭУ) питательного вещества, которую чаще называют коэффициентом использования действующего вещества удобрения. В первом случае определяют затраты питательного вещества удобрения на формирование прибавки урожая основной продукции (I), во втором – затраты дополнительного использования элемента питания в удобренном варианте на формирование урожая (II); эффективность усвоения питательных веществ растениями характеризует отношение прибавки общего выноса элементов, получаемой от применяемого удобрения, к его дозе (III):

$$АЭ = \frac{У_у - У_{б.у}}{Д_у}, \frac{\text{кг основной продукции}}{\text{кг д. в.}} \text{ (I)};$$

$$ФЭ = \frac{У_у - У_{б.у}}{В_у - В_{б.у}}, \frac{\text{кг основной продукции}}{\text{кг общего выноса}} \text{ (II)};$$

$$ЭУ = \frac{В_у - В_{б.у}}{Д_у} \times 100\% \text{ (III)}$$

Для характеристики пределов экологического насыщения агроэкосистемы биогенными элементами, а также определения их миграционно-аккумуляционной способности целесообразно определять состояние баланса макро- и микроэлементов в ландшафтно-геохимических структурах. В пределах агроэкосистемы рассчитывают показатель интенсивности баланса макроэлементов, который представляет собой величину возмещения выноса элементов растениями дозой удобрения. Результаты исследований показывают, что снижение этой величины до 60 % свидетельствуют об истоще-

нии актуального плодородия почвы.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных принципах организации агроэкосистем.
2. За счёт чего происходит функционирование агроэкосистемы?
3. Для чего создаются и функционируют агроэкосистемы?
4. Каким образом определяется устойчивость агросистем в различных адаптивно-ландшафтных системах земледелия?

Лабораторная работа 8-9.
Оценка устойчивости изучаемого агроландшафта

Цель работы: изучить виды устойчивости природного ландшафта и агроландшафта; охарактеризовать виды устойчивости природного ландшафта и агроландшафта; рассчитать коэффициенты экологической стабильности, антропогенной нагрузки, факторы стабилизации агроландшафта, заполнить таблицы и сделать необходимые записи.

Задание 1. Рассмотреть виды устойчивости природного ландшафта и агроландшафта.

Задание 2. Рассчитать коэффициенты экологической стабильности, антропогенной нагрузки, факторы стабилизации агроландшафта, заполнить таблицы.

Важнейшей характеристикой экологического равновесия является экологическая устойчивость. Её можно рассматривать, как способность сохранять свои структуру и функции при внешних воздействиях. При этом следует различать устойчивости природного ландшафта и агроландшафта.

Устойчивость природного ландшафта – это его способность в условиях возмущающих воздействий сохранять структур и саморегулирующееся функционирование в пределах естественного колебания параметров.

В соответствии с особенностями структуры и функционирования различают три вида устойчивости природных экосистем, в основе которых лежат механизмы саморегулирования и самоорганизации: структурно-статическая, функционально-динамическая и буферность.

Структурно-статическая устойчивость – это свойство экосистемы сохранять стабильные состав и соотношение между отдельными структурными компонентами системы.

Функционально-динамическая устойчивость – это свойство экосистемы или почвы сохранять стабильное функционирование, которое определяется устойчивостью и сбалансированностью отдельных звеньев биогеохимических потоков и биохимических циклов.

Буферность – способность почвы и наземной экосистемы к самовосстановлению структурных свойств и функциональных параметров, нарушенных в результате возмущающих воздействий.

Устойчивость сельскохозяйственного ландшафта – это способность поддерживать заданные производительные и социальные функции, сохраняя биосферные.

В отличие от природных экосистем, которые ориентированы на выживание с помощью природных механизмов, агроэкосистемы ориентированы на урожайность и определенное качество продукции.Экологическая устойчивость природных экосистем несравненно выше.

Методы определения и шкалы оценки коэффициентов экологической стабильности ландшафта

В соответствии с основными функциями рассмотрим, и основные виды устойчивости агроландшафтов: агроэкологическую, агрономическую и экономическую.

Агроэкологическая устойчивость агроландшафтов реализуется режимами: органического вещества, биогенных элементов, окислительно-восстановительных условий, структурного состояния и сложения почвы, воздуха, тепла, влаги, биогенности, биологической активности, фитосанитарного состояния агроценозов. В зависимости от объектов и механизмов действия экологическая устойчивость подразделяется на: физическую (устойчивость литоосновы, противоэрозионная устойчивость); биологическую (восстановительные и защитные функции растительности, устойчивость против вредных организмов); геохимическую (способность к самоочищению от продуктов загрязнения и снижению их токсичности, буферность, противостояние засолению); гидрогеологическую и гидрологическую (противостояние остепнению, опустыниванию, заболачиванию).

Агрономическая (производительная) устойчивость включает устойчивость урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности пастбищ, качества продукции. Она оценивается по вариации показателя.

Экономическая устойчивость характеризуется экономически-

ми параметрами производства.

Для обеспечения экологической устойчивости агроландшафта необходимо задать такие параметры производства, при которых технологические нагрузки, которые способен воспринять агроландшафт, сохраняя экологическую и производительную устойчивость.

С учётом вышесказанного применительно к каждой природно-сельскохозяйственной провинции должны разрабатываться параметры агроэкологической нагрузки, которую выдерживают различные категории агроландшафтов, сохраняя экологическую и агрономическую устойчивость, а также нормативы допустимых экологических нагрузок для различных технологических операций и технологий возделывания в целом.

Определить состояние ландшафта по уровню стабильности исходя из характеристики экологического значения отдельных его биотических элементов. Полученные результаты заносятся в таблицу 1.

Таблица 1

Характеристика степени экологической устойчивости ландшафта

Коэффициент экологической устойчивости агроландшафта				
вариант	КЭСЛ$_1$	характеристика ландшафта	КЭСЛ$_1$	характеристика ландшафта
1				
2				
3				

Система общей устойчивости агроландшафта включает следующие показатели: коэффициент экологической стабильности ландшафта КЭСЛ$_1$, КЭСЛ$_2$; индекс сбалансированности агроландшафта; фактор стабилизации агроландшафта на биоэнергетической основе; соответствие технологической емкости агроландшафта.

Коэффициент экологической стабильности ландшафта показывает стабильность ландшафта, соотношение в агроландшафте сельскохозяйственных или иных угодий, которые обладают стабилизирующим и дестабилизирующим влиянием на агроландшафт:

$$КЭСЛ_1 = \frac{\sum_{i=1}^{m} F_{стаб.}}{\sum_{i=0}^{n} F_{дестаб.}}$$

где $F_{стаб.}$ – площадь среднестабилизирующих элементов агроландшафта, га;

$F_{дестаб.}$ – площадь дестабилизирующих элементов ландшафта, га.

К стабилизирующим угодьям относят площади, занимаемые стабильными элементами ландшафта (леса, лесные насаждения, прибалочные, приовражные луга, заповедники, заказники, естественные водоемы и болота, кустарники, пастбища, сенокосы, пашня под многолетними культурами).

К дестабилизирующим относят площади, занимаемые нестабильными элементами ландшафта (площади под застройками и домами, зарастающие и заиленные водоемы, места добычи полезных ископаемых, овраги, пашня под однолетними культурами).

Оценка коэффициента экологической стабильности ландшафта производится по следующей шкале (табл. 2).

Таблица 2

Шкала оценки
коэффициента экологической стабильности ландшафта

Коэффициент экологической стабильности ландшафта	Характеристика ландшафта
≤ 0,5	нестабильность хорошо выражена
0,5-1,0	состояние нестабильное
1,01-3,0	состояние условно стабильное
3,01-4,5	стабильность хорошо выражена
≥4,5	ландшафт с ярко выраженной стабильностью

При рассмотрении стабильности ландшафта учитывают не только соотношение составляющих его биотических элементов, но и их качественное состояние: состояние рельефа, качество воды, устойчивостьматеринских пород, состояние растительности и продуктивности биомасс. В наиболее полной степени такой подход реализуется при расчете коэффициентаэкологической стабильности ландшафта($КЭСЛ_2$):

$$КЭСЛ_2 = \frac{\sum (P_i \times K_{эз}) \times K_{гу}}{P \times K_{эз}},$$

где $P_i \times K_{эз}$ – площадь биотического элемента (отдельных угодий) с учётом их коэффициентов значимости; P – общая площадь агроландшафта (в знаменателе); $K_{эз}$ – коэффициент экологической значимости; $K_{гу}$ – коэффициент геоморфологической устойчивости.

Коэффициент экологической значимости характеризует экологическое значение отдельных биотических элементов и приводится в таблице 3.

Таблица 3

Коэффициент экологической значимости ($К_{ЭЗ}$)

Биотические элементы (отдельные угодья)	$К_{ЭЗ}$	Биотические элементы (отдельные угодья)	$К_{ЭЗ}$
Лиственные леса	1	Луга, сенокосы, кустарники, балки	0,62
Застройки и дороги	0	Хвойно-широколиственные леса	0,63
Пашня	0,14	Пастбища	0,68
Виноградники	0,29	Овраги	0,05
Хвойные леса	0,38	Водоёмы и водотоки	0,79
Сады, лесные культуры и лесополосы	0,43	Пески	0,1
Огороды	0,5	-	-

Коэффициент геоморфологической устойчивости рельефа ($К_{ГУ}$) представлен в таблице 4, а оценка коэффициента экологической стабильности в таблице 5.

Таблица 4

Коэффициент геоморфологической устойчивости рельефа ($К_{ГУ}$)

Объект	$К_{ГУ}$
Устойчивые материальные породы	1(стабильные)
Пески, оползни, овраги	0,7 (нестабильные)

В процессе землеустроительного проектирования такие расчеты проводят по всем угодьям. Это необходимо прежде всего для определения экологически нестабильных территорий, на которых требуется проведение различных экологических мероприятий. К таким мероприятиям можно отнести:

- консервацию нарушенных земель, выведение их из сельскохозяйственного оборота, организацию заповедных территорий и зон с особым природоохранным режимом;
- перевод интенсивно используемых угодий в менее интенсивные (создание севооборотов, сокращение удельного веса пропашных, залужение деградированных участков пашни, облесение, создание долголетних культурных пастбищ на пашне и др.);
- рекультивацию нарушенных земель;
- устройство прудов, водоемов, выполаживание оврагов;
- организацию миграционных коридоров (буферных полос, лесополос и др.).

Таблица 5

Оценка коэффициента экологической стабильности ландшафта ($КЭСЛ_2$)

$КЭСЛ_2$	Оценка
≤ 0,33	ландшафт нестабильный
0,34-0,50	ландшафт мало стабилен
0,51-0,66	ландшафт стабильный

Коэффициент антропогенной нагрузки ($К_{ан.}$) показывает, насколько сильно влияет деятельность человека на состояние природной среды. Его вычисляют по формуле:

$$К_{ан.} = \frac{\sum Р \times Б}{\sum Р},$$

где Р –площадь земель с соответствующей антропогенной нагрузкой, га; Б – балл, соответствующей площади с определенной антропогенной нагрузкой. Измерение проводят по пятибалльной системе.

Результаты землеустроительных работ обеспечивает снижение негативного влияния антропогенной нагрузки на природную среду и агроландшафты на всей землеобустраиваемой территории. Расчеты величины антропогенной нагрузки по конкретному хозяйству можно провести по форме таблицы 6.

Таблица 6

Оценка земель хозяйства по степени антропогенной нагрузки

Степень антропогенной нагрузки	Балл, Б	Группы земель, соответствующие степени антропогенной нагрузки и баллу оценки	Площадь земель, га	РБ
Высокая	5	Земли промышленности, транспорта, населенные пункты, дороги		
Значительная	4	Пашня, многолетние насаждения, огороды		
Средняя	3	Культурные кормовые угодья: залуженные балки, пастбища, сенокосы		
Незначительная	2	Лесополосы, кустарники, леса, болота, территории под водой		
Низкая	1	Микрозаповедники		
Итого	-	-		
Значения $К_{ан.}$	-	-	-	

Способ оценки устойчивости агроландшафтов по индексу его сбалансированности

В системе причинно-следственных связей, обеспечивающих устойчивость агроландшафта, выделяются три подсистемы по количеству видов устойчивости: равновесие, гомеостазис, стационарный режим. Степень устойчивости классифицируется в зависимости от количества разновидовых положений равновесия: при наличии одного из них – слабоустойчивый; при двух – среднеустойчивый; при трёх – устойчивый. В отсутствие всех видов устойчивости – неустойчивый агроландшафт.

Каждый видовой фактор устойчивости, например, равновесие стабилизирующих и дестабилизирующих экологическую среду объектов агроландшафта, в зависимости от индекса сбалансированности агроландшафта ($И_{са}$), который определяется отношением площадей буферной зоны к площади пашни (БЗ/П), подразделяется на 3 качественно сопоставимых класса: устойчивый ($И_{са}>1$); порогоустойчивый ($И_{са}=1$); неустойчивый ($И_{са}<1$).

По этому же принципу классифицируются и другие видовые признаки устойчивости: приходные и расходные части энергии в элементарных агроэкосистемах; величина усвоения азота культурами и величина аккумуляции азота в приросте гумуса за ротацию севооборота; интенсивность эрозии почв и др.

Способ оценки включает шесть ступеней устойчивости таксономического ранга и по три класса относительного качества в каждом таксоне: устойчивый, порогоустойчивый и неустойчивый (табл. 7).

Среди параметров и условий устойчивости системы присутствуют: площади угодий; природная продуктивность пашни; неоднородность почвенного покрова (ПП) и ландшафтных условий (ЛУ) производства; запасы продуктивной влаги (W); суммарная радиация (Q); сумма активных температур (Т); содержание NPK в почве; актуальная кислотность (pH); мощность гумусового слоя (ГС); содержание гумуса (Г); продолжительность вегетационного периода (L); экологическая емкость агроландшафта ($Э_кЕ_а$), индекс сбалансированности агроландшафта ($И_{са}$).

Среди параметров и условий устойчивости системы присутствуют: площади угодий; природная продуктивность пашни; неоднородность почвенного покрова (ПП) и ландшафтных условий (ЛУ) производства; запасы продуктивной влаги (W); суммарная радиация (Q); сумма активных температур (Т); содержание NPK в почве; актуальная кислотность (pH); мощность гумусового слоя (ГС); содержание гумуса (Г); продолжительность вегетационного периода (L); экологическая емкость агроландшафта ($Э_кЕ_а$), индекс сбалансированности агроландшафта ($И_{са}$).

Таблица 7

Информационная система оценки устойчивости агроландшафта

Вид устойчивости	Таксономические признаки	Классификационные признаки		
		класс качества	параметр, условие	класс устойчивости
Равновесие	равенство площадей стабилизирующих и дестабилизирующих среду объектов	культурный	$И_{са}>1$	устойчивый
		мелиорируемый	$И_{са}=1$	порого-устойчивый
		акультурный	$И_{са}<1$	неустойчивый
	пашня районирована по признаку природной продуктивности	высокопродуктивный	урожайность основной культуры, ц	устойчивый
		среднепродуктивный		порого-устойчивый
		малопродуктивный		неустойчивый
	организация агроэкосистем по степени сложности ПП и ЛУ	однородный	<10%	устойчивый
		средней сложности	10-25%	порого-устойчивый
		повышенной сложности	25-50%	неустойчивый
	подбор и размещение культур согласно их требованиям к ландшафтным условиям	адаптивный	W, Q, T	устойчивый
		почвозащитный	NPK, pH	порого-устойчивый
		уравнительный	ГС, Г, L	неустойчивый
Гомеостазис	планирование эффективной урожайности и технологических нагрузок	расчетная $Э_кЕ_а$	Уэ=Уп*2,	устойчивый
		расчетная по выносу	содержание NPK	порого-устойчивый
		назначенная	зональная норма	неустойчивый
Стационарный режим	Поддержание равновесия в подсистемах: фотосинтез –; разложение+; отчуждение; гумификация – дегумификация; эрозия – почвообразование	гармоничный	баланс за вегетационный период	устойчивый
		конструктивный		порого-устойчивый
		деконструктивный		неустойчивый

Одним из способов определения агроландшафтов предлагается фактор стабилизации агроландшафта на биоэнергетической основе

На данного фактора можно регулировать соотношение стабильных и нестабильных экосистем в агроландшафте, оптимизироватьсоотношение угодий в нем.

Под *фактором стабилизации понимается отношение запасов энергии в подземной фитомассе к биоэнергетическому потенциалу территории агроландшафта в процентах* и определяется по формуле:

$$Ф_с = \frac{Э_{пф}}{БЭПТ},$$

где Фс – фактор стабилизации агроландшафта;

$Э_{пф}$ – запасы энергии в подземной фитомассе, ГДж/га;

БЭПТ – биоэнергетический потенциал территории агроландшафта, ГДж/га.

Биоэнергетический потенциал территории агроландшафта является интегральным показателем почвенных и растительных ресурсов. Его определяют по методике, разработанной В. М. Володиным, Р. Ф. Ереминой, Н. Ф. Михайловой. Согласно методике необходимо сначала определить запасы надземной и подземной фитомассы, гумуса почвы; показатели ежегодного прироста надземной и подземной фитомассы, прироста или убыли гумуса, а затем с учетом теплоты сгорания рассчитать содержание в них энергии.

Фактор стабилизации позволяет дифференцировать пашню по фактору стабилизации в зависимости от возделываемой культуры. Для оценки степени стабилизации агроландшафта по фактору стабилизации в таблице 8 приведена оценочная шкала.

Таблица 8

Шкала оценки степени стабилизации агроландшафта

Фактор стабилизации, %	Оценка степени стабилизации агроландшафта
5,5-15	Очень высокая
2,5-5,5	Высокая
1,5-2,5	Средняя
0,5-1,5	Низкая
<0,5	Очень низкая

Метод оценки соответствия технологической нагрузки экологической емкости агроландшафта

Для того чтобы обеспечить экологическую и производительную устойчивость агроландшафта, антропогенная нагрузка должна соответствовать экологической емкости агроландшафта. Соответствие или несоответствие антропогенной нагрузки и экологической емкости агроландшафта будет характеризовать степень его экологической устойчивости. Оценку соответствия технологической нагрузки экологической емкости агроландшафта проводят на основе оценки показателей качества почвы, направленности её воспроизводства и показателей производительной устойчивости агроландшафта.

Оценку качества почвы, направленности её воспроизводства проводят по балансу гумуса, содержанию его в пахотном слое, питательных элементов, pH почвы; содержанию тяжелых металлов, нитратов растениях, с учетом степени компенсации выноса элементов питания из почвы, емкости катионного обмена, мг/кг; предельно допустимых концентраций, плотности, порозности почвы, коэффициента структурности, суммы водоустойчивых агрегатов, обогащенности почвы ферментами; фактического и допустимого смыва почвы. Оценку производительной устойчивости агроландшафта проводят по фактической, потенциальной урожайностям сельскохозяйственной культуры и коэффициенту её вариации во времени по годам.

Ранжирование по уровням соответствия проводят по критериям допустимых антропогенных нагрузок (14 показателей) и двум показателям производительной устойчивости агроландшафта. Выделяют четыре уровня соответствия:

- антропогенные нагрузки соответствуют экологической емкости агроландшафта, обеспечивают его производительную устойчивость;
- антропогенные нагрузки соответствуют экологической емкости агроландшафта и обеспечивают его производительную устойчивость на 90 %;
- антропогенные нагрузки соответствуют экологической емкости агроландшафта и обеспечивают его производительную устойчивость на 70 %;
- антропогенные нагрузки не соответствуют экологической емкости агроландшафта и не обеспечивают производительную устойчивость. Для каждого уровня указаны критерии допустимых нагрузок (агротехнологий) на агроландшафт, обеспечивающие отсутствие деградации почвы, и показатели производительной устойчивости агроландшафта.

На основании данного метода оценивается устойчивость агроландшафта по соответствию антропогенной нагрузки экологической емкости агроландшафта.

Контрольные вопросы

1. Что характеризует устойчивость ландшафта?
2. Назовите виды устойчивости природного ландшафта и агроландшафта, в чем их отличие?
3. Что называют экологической емкостью агроландшафта?
4. Какие показатели используют для оценки экологической устойчивости ландшафта?
5. Что характеризует коэффициент антропогенной нагрузки?

Лабораторная работа10. Методологические принципы систем земледелия. Агрогеоинформационные системы для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий

Цель работы: освоить методологические принципы систем земледелия; Федеральный, региональный и локальный уровни информационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия и районирования агротехнологий.

Задание 1. Изучить методологические принципы систем земледелия.

Задание 2. Изучить Федеральный, региональный и локальный уровни информационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия и районирования агротехнологий.

К методологическим принципам систем земледелия относятся:

- *целостность.* Она свидетельствует о наличии в системе земледелия всех взаимосвязанных структурных единиц, благодаря которым система земледелия выполняет основную функцию, производит планируемую продукцию растениеводства. Отсутствие каких либо звеньев или их элементов исключает или затрудняет получение продукции требуемого качества и обеспечение экологической безопасности агроландшафта;
- *дифференциация* указывает на разнообразие земледелия в зависимости от прихода фотосинтетически активной радиации, климата, почвообразовательного процесса, агроландшафтов, степени их увлажнения и мелиоративного состояния, мезорельефа. Дифференциация систем земледелия также обусловлена методами производства и видом продукции, материально-техническим состоянием сельскохозяйственного предприятия;

- *адаптивность* реализуется при организации производства продукции в пределах конкретных агроландшафтов. Все технологические звенья системы земледелия разрабатывают с учетом крутизны и экспозиции склона, типа, гранулометрического состава и плодородия почвы, гидрологического режима, состояния природных кормовых угодий, размера контуров полей, удаления земель от хозяйственных центров, транспортных путей, наличия заповедников и зон отдыха населения. Размещение культур севооборотов осуществляютсогласно пригодности земель для возделывания районированных сортов;

- *экологичность* предусматривает управление энергетическими потоками, обмен органических и минеральных веществ, минерализацию и гумификацию, регулирование численности вредных биологических объектов, предотвращение эрозионных и дефляционных процессов, накопления в почве и растениях тяжелых металлов, метаболитов пестицидов, сохранение растительного и животного разнообразия;

- *нормативность* заключается в соблюдении научно обоснованных доз, сроков и способов применения удобрений, химических мелиорантов, пестицидов, стимуляторов роста, ингибиторов нитрификации, оросительных вод, а также проведении технологических приемов;

- *оптимизация* предусматривает устойчивое и сбалансированное ведение систем земледелия. Она проявляется в оптимизации соотношения сельскохозяйственных угодий. Это играет огромную роль в улучшении экологической ситуации и реабилитации ландшафтов. Важным является оптимальное распределение видов и форм органических и минеральных удобрений по агроландшафтам с учетом их удаленности, связи с источниками водоснабжения, а также оптимизация обработки почвы;

- *агрономическая* и *экономическая эффективность* систем земледелия выражается в продуктивности растениеводческой продукции с единицы площади, простом и расширенном воспроизводстве плодородия почв, поддержании экологической сбалансированности агроландшафтов, себестоимости и рентабельности производимой продукции, её конкурентоспособности.

Для разработки региональных агрокомплексов, качественного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия конкретных сельскохозяйственных предприятий необходима

адекватная агроэкологическая, агротехнологическая, техническая и социально-экономическая информация. Она должна быть целенаправленно подобрана, обработана и систематизирована для соответствующих территориальных образований федерального, регионального (зонально-провинциального) и локального уровня.

Основные факторы сельскохозяйственного землепользования характеризуются значительным природно-хозяйственным разнообразием. Это определяет широкий спектр адаптивно-ландшафтных систем земледелия и соответствующих им пакетов агротехнологий. Их оптимальный выбор и адаптация к реальным условиям конкретного региона, района или хозяйства требует хорошо организованной, грамотной и оперативной обработки больших объемов разноплановой информации. Федеральный уровень информационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия и районирования агротехнологий должен отражать земельную, экономическую, экологическую, технологическую и техническую политику государства в агропромышленном комплексе страны и ключевые моменты её научного обеспечения.

Одним из конкретных выражений государственной технологической и технической политики в АПК является ведение Федерального регистра агротехнологий и Федерального регистра сельскохозяйственных машин. Они разработаны профильными научно исследовательскими учреждениями и ведущими вузами страны в 1999 году. Также актуальна задача создания Федерального банка районированных сортов сельскохозяйственных растений (отечественной и лучшей зарубежной селекции).

На *Федеральном* уровне необходимо решить и узаконить принципиальные методологические и технологические вопросы информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий на территории России.

Важное значение для развития методологии и нормативного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия имеет агроэколого-геостатическая систематизация многолетних данных различных многофакторных полевых по всей стране и построенная на их основе нормативных баз данных и агроэкологических компьютерных моделей.

Базовой основой для формирования специализированного геоинформационного обеспечения задач проектирования и оперативной корректировки адаптивно-ландшафтных систем земледелия

служат базовые ГИС-приложения и технологические платформы программирования специализированных баз данных, геоинформационных и информационно-справочных систем.

На региональном уровне информационное обеспечение земледелия должно носить системный характер и ориентироваться на создание типовых региональных моделей адаптивно-ландшафтного земледелия, районированных по основным природно-сельскохозяйственным зонам, подзонам, провинциям и районам, выделяемым в пределах региона.

При разработке и районировании регионального набора анализируемых параметров агроландшафта особую ценность представляют данные многолетних многофакторных полевых опытов. На их основе устанавливаются, проверяются и уточняются количественные взаимосвязи между обеспеченностью пашни агрохимическими ресурсами, рациональной структурой посевных площадей, базовыми севооборотами и системами обработки почв, оптимальными сроками сева и нормами высева различных культур и сортов в территориально и погодно дифференцированных агроэкологических условиях.

Необходимо создание Региональных регистров агротехнологий и сельскохозяйственных машин, региональной базы эколого-экономической эффективности адаптивно-ландшафтных систем земледелия, базовых агротехнологий и технологических операций.

Для формирования *региональных систем* геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий необходимо выполнение следующих научно-изыскательных и проектных операций: побор и оцифровку базового картографического материала (среднемасштабных карт от 1:200 000 до 1:100 000); формирование структуры и заполнение специализированных баз данных по хозяйствам области (по картам землепользования, материалам Земкадастра, статистической отчетности, по почвенным и агрохимическим картам и картосхемам); уточнение структуры и заполнение специализированных баз агроэкологических данных на уровне региона (требования культур, агрохимический справочник, нормативные материалы и т. д.); согласование с заинтересованными организациями (АПК, ВУЗы и др.) основных форм ввода и вывода табличной и картографической информации, региональных нормативов и т.п.; верификация и детализация расчетных алгоритмов и структуры нормативно-справочной

информации с учетом местных особенностей земель области и агроэкологических требований сельскохозяйственных культур; решение технологических вопросов автоматизированного обновления табличной и картографической информацией с сопряженными информационно-справочными системами разного уровня.

При адаптации к условиям конкретных хозяйств на их основе формируются локальные информационно-справочные системы для агроэкологической оптимизации земледелия.

Для формирования специализированных *локальных систем* геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия необходимо выполнения следующих научно-изыскательных и проектных операций: подбор и оцифровку базового картографического материала, уточнение координатных границ; формирование структуры специализированных баз данных по материалам специальных полевых исследований, почвенных, агрохимических карт, землеустроительных и мелиоративных проектов, планов освоения и ведения систем земледелия, агротехнологических карт, книги истории полей и т. д.; верификация, детализация и корректировка специализированных баз данных; оптимизация основных форм ввода и вывода табличной и картографической информации и др.; верификация и уточнение расчетных алгоритмов и структуры организации нормативно-справочной информации с учетом почвенно-агроэкологических и технологических особенностей хозяйства; формирование компьютерной книги истории полей и рабочих участков; согласование процедуры обновления и обмена информацией с сопряженными информационно-справочными системами и программами (бухучета, статучета, оценки и планирования сельскохозяйственной деятельности и др.).

Контрольные вопросы

1. Каковы методологические принципы систем земледелия?
2. Расскажите о Федеральном уровне информационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия и районирования агротехнологий.
3. Расскажите о региональном уровне информационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия и районирования агротехнологий.
4. Что понимают под локальным уровнем информационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия и районирования агротехнологий.

Лабораторная работа 11.
Сбор и оценка материалов в камеральных условиях. Комплексное обследование территории в полевых условиях

Цель работы: изучить подготовительные камеральные и полевые работы, выполняемые при внутрихозяйственном землеустройстве.

Задание 1. Изучить камеральные подготовительные работы.

Задание 2. Полевое землеустроительное обследование территории.

Для составления проекта внутрихозяйственного землеустройства необходимо иметь данные, характеризующие землевладение хозяйства, качество его земель, существующую организацию территории и производства, его эффективность, перспективы развития. Эти сведения получают в результате проведения подготовительных работ, которые подразделяют на *камеральные* и *полевые*.

Камеральные подготовительные работы включают:

- подготовку планово-картографического материала, уточнение площадей и экспликации земельных угодий хозяйства на момент составления проекта;
- сбор и анализ материалов, характеризующих качественное состояние и условия использования земель в хозяйстве;
- сбор, изучение и систематизация плановых. Прогнозных, программных, проектных и отчетных материалов, характеризующих современное состояние и перспективы развития хозяйства и использования земель;
- подготовку программы полевого землеустроительного обследования территории.

На плановую картографическую основу (план землепользования) хозяйства наносят все изменения в положении и площадях контуров земельных угодий, выявленные при полевом землеустроительном обследовании территории, а также рельеф местности (горизонтали).

Без учета рельефа при проектировании нельзя правильно разместить хозяйственные центры, животноводческие фермы, любые границы, дороги, лесополосы, устроить территорию севооборотов, садов, виноградников, кормовых угодий.

Для оценки качественного состояния и условий использования земельных угодий собирают и изучаютданные внутрихозяйственной оценки земель, агроэкологического районирования территории, кадастровых и тематических карт о состоянии и использовании земель; материалы почвенного, почвенно-эрозионного, агрохимического, геоботанического обследований, а также сведения характеризующие загрязненность и зараженность земель тяжелыми металлами, радионуклидами, пестицидами и др.

Материалы почвенного, почвенно-эрозионного и агрохимического обследований дают характеристику почвенного покрова, его химического и гранулометрического составов, глубины пахотного слоя, содержания гумуса в почве, степени эродированности территории.

По материалам геоботанического обследования оценивают кормовые достоинства и типы травостоя отдельных участков кормовых угодий, устанавливают правильность нанесения геоботанических контуров, необходимость замены травостоя и улучшения сенокосов и пастбищ.

Данные по оценке загрязненности и зараженности территории используют для выделения участков земель под консервацию, исключения из сельскохозяйственного оборота и дифференциации мероприятий по снижению негативного воздействия загрязнения на сельскохозяйственное производство и окружающую природную среду.

При камеральной землеустроительной подготовке изучают данные для мелиоративного и водохозяйственного строительства: гидрографическую сеть (реки, ручьи, родники и другие водные источники), пруды, дебит и глубину залегания грунтовыхи артезианских вод, запас воды, её качество, а также имеющиеся оросительные и осушительные сети и т.д.

При анализе материалов агролесомелиоративного обследования изучают данные инвентаризации имеющихся защитных лесных полос, их конструкции, сведения о лесорастительных условиях и особенностях выращивания лесных насаждений в зоне расположения хозяйства, существующих лесных и плодовых питомниках, наличия лесхозов.

Подготовительные работы включают также изучение существующих дорог и дорожных сооружений.

В ходе подготовки программы полевого землеустроительного обследования и собирают сведения, характеризующие:

- агроклиматические условия зоны расположения хозяйства (рельеф, почвы, растительный покров, продолжительность времен года, температурный и ветровой режимы, осадки, снежный покров, инсоляцию и др.), процессы водной и ветровой эрозии, условия н и культуртехническое состояние территории;

- землевладение хозяйства (его местоположение до районного центра и мест реализации сельскохозяйственной продукции; наличие населенных пунктов, жителей, трудоспособного населения; площадь, наличие, конфигурацию и размещение участков постороннего пользования; состав и соотношение угодий; состояние и использование земель);

- организационно-производственную структуру хозяйства (число, размеры и размещение производственных подразделений, внутрихозяйственную специализацию, размещение производственных центров, уровень механизации, состояние и вместимость производственных построек, их размещение на территории, условия использования органических удобрений и охраны окружающей среды);

- состояние и размещение дорого и дорожных сооружений, естественных и искусственных водных объектов и других инженерных сооружений общехозяйственного назначения и др.;

- состав и структуру сельскохозяйственных угодий, наличие улучшенных земель, мероприятия, проводимые хозяйством по охране природы, защите земель от эрозии и др.;

- типы, виды и число, размеры и размещение севооборотов, освоенных в хозяйстве, размещение полей и рабочих участков, полевой дорожной сети, площади и состояние лесных насаждений, полевых станов, источников полевого водоснабжения, недостатки устройства территории севооборотов;

- организацию территории плодово-ягодных насаждений, сенокосов и пастбищ.

В ходе полевого землеустроительного обследования территории проводят следующие мероприятия:

- уточняют площади и границы каждого земельного контура, состав и соотношение земельных угодий, их качественное и культуртехническое состояние, фактическое использование, границы орошаемых и осушенных земель, а также земель с особыми природоохранными, заповедными и рекреационными режимами;

- выявляют земли, неиспользуемые в сельскохозяйственном производстве, но пригодные для распашки, освоения под многолетние насаждения, сенокосы и пастбища;

- отбирают участки сельскохозяйственных угодий, нуждающиеся в проведении работ по коренному и поверхностному улучшению, пригодные для орошения и т.д.;

- обследуют болота, заболоченные и переувлажненные сельскохозяйственные угодья, определяют их значение в экологическом состоянии окружающей природной среды, целесообразность их осушения;

- выявляют солонцы и солонцеватые земли, пригодные для проведения работ по их мелиорации;

- обследуют пески, овраги, склоны и намечают мероприятия по превращению их в продуктивные земли;

- оценивают качественное состояние садов, виноградников и ягодников, по каждому контуру проводят качественную оценку многолетних насаждений;

- обследуют земли, подверженные эрозии, определяют степень их эродированности, изучают имеющиеся гидротехнические противоэрозионные сооружения, защитные лесные полосы, устанавливают эффективность агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий и др.;

- устанавливают очаги химического и радиоактивного загрязнения территории, заражения, засорения и захламления земель, изучают места расположения складов минеральных и органических удобрений, ядохимикатов, определяют участки, подлежащие консервации и выводу из сельскохозяйственного оборота;

- обследуют водные источники, используемые для бытового производственного, полевого и пастбищного водоснабжения;

- обследуют населенные пункты и производственные центры хозяйства, полевые станы и летние лагеря;

- изучают и обследуют дорожную сеть и дорожные сооружения в хозяйстве;

- устанавливают наличие севооборотов в хозяйстве, устанавливают размещение посевов с культур, направление основной обработки почв, посева, засоренность земель сорняками.

По результатам подготовительных работ и землеустроительного обследования территории делают предварительные выводы по дальнейшему использованию, охране и улучшению земель, решению основных вопросов внутрихозяйственного землеустройства.

Результаты землеустроительного обследования территории фиксируют в полевом журнале, обобщают в акте и отражают на чертеже.

Контрольные вопросы

1. Из каких элементов состоят подготовительные работы при внутрихозяйственном землеустройстве?
2. Что включает в себя камеральная землеустроительная подготовка?
3. Какие данные собирают и изучают в ходе камеральной землеустроительной подготовки?
4. Зачем проводят полевое землеустроительное обследование территории и каково его содержание?
5. Какие документы заполняют в ходе полевого землеустроительного обследования?

Лабораторная работа 12. Сельскохозяйственное дешифрирование аэро- и космических снимков

Цель работы: ознакомиться с характеристикой объектов по тону и цвету изображения и изучить дешифровочные признаки земельные угодий, посевов сельскохозяйственных культур.

Задание 1. Усвоить задачи, решаемые с помощью материалов аэрокосмических снимков.

Задание 2. Изучить прямые и косвенные дешифровочные признаки.

Одним из крупнейших потребителей дистанционного зондирования (аэро- и космических съемок) является сельское хозяйство.

Задачи, решаемые с помощью материалов аэрокосмических снимков, можно разделить на две группы: методические наблюдения за состоянием сельскохозяйственных объектов и оперативное наблюдение за состоянием сельскохозяйственных объектов.

Задачи первой группы решаются посредством специального картирования. Для этой цели создаются сельскохозяйственные планы и карты, используемые для сельскохозяйственного землеустройства, учета земель, проектирования мелиоративных систем и противоэрозионных мероприятий. Эти же планы и карты служат основой для создания почвенных и геоботанических карт, используемых при землеустроительном проектировании и земельном кадастре, а также для определения специализации регионов.

Основные задачи второй группы, решаемые по материалам аэро- и космических снимков, следующие: наблюдение за состоянием всходов сельскохозяйственных культур, их развитием и засоренностью; прогнозирование урожайности основных сельскохозяйственных культур; выявление очагов и распространения болезней и вредителей растений; наблюдение за состоянием естественных кормовых угодий; наблюдение за функционированием мелиоративных систем; наблюдение за динамикой эрозионных процессов, засолением почв; выявление последствий стихийных бедствий – определение состояния посевов, степени смыва и заиливания почв после наводнений и др.

Решение перечисленных задач направлено на получение необходимой информации для принятия оперативных решений по исправлению положения, коррекции планирования, выработки мер профилактического характера.

С помощью аэро- и космических снимков могут решаться задачи поискового характера, например, изыскание пахотнопригодных земель, инвентаризации пастбищ, установление современных границ лесных массивов и лесных полос, выявление изменений в характере использования земель.

Кроме этого, с помощью аэрокосмических снимков может решаться ряд вопросов экономико-географического изучения сельского хозяйства: исследование форм земледелия, организации территории сельскохозяйственных предприятий, сельскохозяйственное районирование.

В качестве основного материала при изучении природной среды, включая сельскохозяйственные объекты, используются космические фотоснимки:

- интегральные черно-белые, полученные в широком диапазоне электромагнитного спектра (0,4-0,74 мкм);
- зональные черно-белые, полученные в зоне спектра 0,6-0,74 мкм;
- цветные составные изображения, полученные путем синтеза многозональных снимков и характеризующиеся условной цветопередачей.

Из аэрофотоматериалов используются отпечатки аэроснимков. Обязательным приложением к аэроснимкам является репродукция накидного монтажа. На репродукциях накидного монтажа обязательно указывается номер листа, название отдельных населенных пунктов, рек, озер и других объектов.

Дешифровочные признаки принято делить на две группы: прямые и косвенные. К прямым признакам относят: размер форму, тон (или цвет) и рисунок.

Основными косвенными признаками служат взаимосвязь объектов и их географическая приуроченность.

Форма объекта – главный признак искусственных объектов, так как для них характерны геометрически правильные очертания.

Размер – менее определенный, чем форма, дешифровочный признак. Зная размер объекта, можно, например, расчленить изображения дорог разных классов, характер построек. По размерам полей севооборотов можно отдешифрировать сильнорасчленные и слаборасчленные водной эрозией равнины.

Тон изображения объектов обуславливается в основном отражательной особенностью предмета.

Цвет изображения – важный дешифровочный признак. На цветных снимках элементы местности и объекты, расположенные на ней, изображаются цветами близкими к естественным.

Дешифрируемость любого объекта зависит не только от съемочной системы, условий съемки, методов обработки съемочных материалов, но и от свойств самого объекта дешифрования. Одним из основных свойств сельскохозяйственных объектов (посевы сельскохозяйственных культур, сельскохозяйственные угодья) является их быстрая сезонная физиономическая изменчивость.

Другой особенностью сельскохозяйственных объектов является их размер. На размер участков угодий существенное влияние оказывают природные условия, в первую очередь, расчленность рельефа, засоленность и заболоченность территории. Размер полей севооборотов определяется не только природными факторами. На них оказывает влияние также и тип их использования.

Сельскохозяйственные преобразования природных комплексов дешифрируются с помощью прямых признаков. Наиболее простой задачей является распознавание различных видов сельскохозяйственных угодий.

Для разделения культур на группы, играющие различную роль в севооборотах (непропашные колосовые, пропашные, многолетние травы и т. д.) необходимо проведение съемки несколько раз в период вегетации: весной, летом и осенью.

Для дешифрирования земельных угодий время съемки должно быть выбрано таким образом, чтобы обеспечились максимальные яркостные контрасты различных видов угодий.

Распознавание сельскохозяйственных культур на аэрокосмических снимках основано на свойстве растительности по-разному отражать солнечные лучи длиной волны, т.е. на спектральной отражательной способности объектов.

Благодаря различиям в спектральной отражательной способности сельскохозяйственной культуры изображаются на черно-белых снимках разным тоном, что позволяет использовать эти различия как дополнительный дешифровочный признак. На цветных снимках сельскохозяйственные культуры имеют различный цвет. При этом фотон (цвет) на снимках зависит не только от отражательных свойств культурных растений, но и от просвечивающей сквозь них почвы. Поэтому во всех случаях, когда говорят, о фототоне изображения сельскохозяйственной культуры, то имеют в виду систему почвы – растительность.

Съемка в ближней к инфракрасной зоне дает существенную прибавку информации о состоянии посевов, прежде всего о заболевании растений или поражении их вредителями. На снимках в этой зоне участка больных и пораженных растений изображаются очень темным тоном и резко выделяются на общем фоне посевов.

При дешифрировании сельскохозяйственных культур за периоды отдельных временных срезов, в течении которых происходит смена их фаз развития, большое значение приобретают синтезированные снимки. Каждый вид растения характеризуется своим цветом изображения на одновременных цветных синтезированных снимках, что позволяет определить изображение большинства культур. Так, для кукурузы характерно изменение от черного цвета, в начальный период, до ярко-красного, соответствующего большой массе растений, находящихся на стадии выметывания метелки. Яровая пшеница на стадии выколашивания имеет красный цвет изображения, а на стадии восковой спелости – светло-зеленый-голубой цвет.

Благодаря космическим снимкам с высокой степенью разрешения возможно создания карт агроландшафтов, так как космический снимок дает одновременно богатую информацию о природной и производственной составляющих природно-территориальных систем. Создание таких карт необходимо для решения вопросов использования и охраны земель.

Контрольные вопросы

1. Какие задачи решают с помощью аэрокосмических снимков?
2. Какие прямые дешифровочные признаки используют при дешифрировании земельных угодий?
3. Как распознаются участки, подверженные эрозии и залежи?
4. Как определить на аэроснимках сенокосы на пойменных лугах? 5. Каким образом выражены на аэрокосмических снимках фруктовые сады и ягодники?

Лабораторная работа 13. Размещение населенных пунктов, производственных подразделений и хозяйственных центров

Цель работы: изучить систему размещения населенных пунктов, производственных подразделений и хозяйственных центров.

Задание 1. Рассмотреть организационно-производственную структуру хозяйства.

Задание 2. Рассмотреть размещение производственных центров, общехозяйственных дворов, бригадных рабочих дворов.

Задание 3. Усвоить требования при размещении земельных массивов.

На систему сельского расселения оказывают влияние природные, экономические и социальные факторы. К числу природных факторов относят, прежде всего, климат, плодородие почвы, рельеф местности, гидрографию, растительность. Среди экономических факторов следует отметить, прежде всего, уровень интенсивности сельскохозяйственного производства, его интеграцию с промышленностью, развитие сети межхозяйственных и внутрихозяйственных дорог и других объектов инфраструктуры. Социальные факторы включают тип земельных отношений, формы собственности на землю и другие средства производства, уровень социального обеспечения и культурно-массового обслуживания населения.

В силу специфики сельского хозяйства организацию производства в сельскохозяйственном предприятии тесно связана с организацией территории и невозможна без учета производительных и территориальных свойств земли.

При размещении производственных подразделений и хозяйственных центров в сельскохозяйственном предприятии проектирование начинают с обоснования организационно-производственной структуры хозяйства, её увязки с особенностями землевладения и землепользования, расселения, с организацией производства и территории. *Организационно-производственная структура хозяйства* – это такое сочетание внутрихозяйственных подразделений и аппарата управления, которое обеспечивает определенную организацию и управление производством, закрепление и использование земли, других средств производства и трудовых ресурсов. Чаще всего применяют отраслевую, территориальную и комбинированную структуру.

Отраслевая структура объединяет централизованное управление предприятием с функционированием специализированных подразделений (цехов, бригад, звеньев, ферм, организуемых по отраслям – полеводство, животноводство, садоводство и др.). Её целесообразно применятьв хозяйствах, имеющих небольшое по площади, компактное землевладение с, один основной населенный пункт.

Территориальная структура предполагает сочетание центрального аппарата управления и комплексных производственных подразделений (отделений, производственных участков, комплексных бригад).

Комбинированная структура сочетает структуры территориальную и отраслевую.

По значению в хозяйстве населенные пункты подразделяют на основные и вспомогательные (дополнительные). К основным относятся главный хозяйственный центр (центральная усадьба хозяйства) и центры (усадьбы) производственных подразделений.

Центральную усадьбу размещают в наиболее крупном населенном пункте, расположенном в по возможности в центре территории хозяйства, имеющим хорошую дорожную связь с районом центром, пунктами реализации сельскохозяйственной продукции, а также капитальные жилые, производственные и культурно-бытовые постройки.

Усадьбы производственных подразделений размещают также в крупных населенных пунктах хозяйства, удобно расположенных по отношению к основным массивамсельскохозяйственных угодий, закрепленных за подразделениями, а также имеющих производственные, жилые и культурно-бытовые здания и сооружения,

хорошую дорожную связь с центральной усадьбой и другими населенными пунктами.

После обоснования организационно-производственной структуры хозяйства, определения числа и размеров производственных подразделений, размещения хозяйственных центров уточняют специализацию внутрихозяйственных производственных центров и размещают производственные центры.

Производственный центр – это комплекс производственных зданий и сооружений, объединенных общей компактной территорией, единым технологическим процессом, общими транспортными и энергетическими устройствами и системами жизнеобеспечения (водоснабжения, электрообеспечения, теплоснабжения и др.). Их в основном располагают в границах населенных пунктов.

Общехозяйственный двор – основной производственный центр сельскохозяйственного предприятия. Его размещают на центральной усадьбе. В непосредственной близости от общехозяйственного двора или на его территории размещают административные здания предприятия.

Бригадные рабочие дворы (гаражи, конюшни, другие здания, площадки для ремонта сельскохозяйственной техники и автомобилей, столовые, места отдыха механизаторов) являются центрами производственных подразделений. Их размещают при населенных пунктах, где проживает основное число работников производственного подразделения.

При размещении животноводческих комплексов и ферм изучают рекомендации научно-исследовательских учреждений по их рациональным (оптимальным) размерам с учетом специализации и зональных особенностей. Животноводческие фермы и комплексы размещают на определенном расстоянии от жилой зоны с учетом необходимых санитарно-защитных разрывов и перспектив развития расселения. Животноводческие фермы со скотом, нуждающимся в выпасе, размещают рядом с пастбищами, в противном случае должен быть обеспечен к ним кратчайший доступ по скотопрогонам.

К размещению земельных массивов производственных подразделений и установлению границ приступают после обоснования организационно-производственной структуры хозяйства, определения числа, размеров и специализации различных трудовых коллективов.

По конфигурации и местоположению земельные участки подразделений должны быть компактными, по возможности правильной конфигурации, с прямолинейными границами и располагаться в одном массиве, наиболее близко расположенном к хозяйственному центру.

Формировать земельный массив производственного подразделения нужно так, чтобы хозяйственный центр располагался по возможности в центральной зоне землепользования.

При размещении земельных массивов необходимо соблюдать следующие требования:

- за каждым производственным подразделениям закрепляют земли, наиболее близко расположенные к его хозяйственному центру. При наличии на территории подразделения нескольких селений и производственных центров стремятся закрепить так за ними земли, чтобы ликвидировать встречные переходы людей и переезды техники;

- границы земельных массивов подразделений по возможности совмещают с живыми урочищами (реками, балками, другими угодьями), магистральными дорогами, лесополосами и другими искусственными сооружениями;

- земельные массивы должны быть компактны, иметь правильную конфигурацию и не разделяться трудно преодолеваемыми естественными и искусственными преградами (оврагами, болотами, железными дорогами и т. п.).

Такое проектирование позволяет избежать раздробленности и разобщенности земель, образования мелких и неудобных для обработки участков.

В равнинной местности границы размещают так, чтобы проектируемые параллельно им основные лесополосы, посевы культур при полосном размещении и чередовании с чистым паром, кулисы были перпендикулярны направлению вредоносных ветров. Это позволит существенно снизить влияние ветровой эрозии.

Контрольные вопросы

1. Какие территориальные условия учитывают при выборе организационно-производственной структуры сельскохозяйственного предприятия?
2. Какие виды хозяйственных центров существуют, и какие требования к их размещению предъявляют?
3. От чего зависит размещение животноводческих подразделений?
4. Какие требования учитывают при размещении земельных массивов?

Лабораторная работа 14.
Организация угодий и севооборотов

Цель работы: изучить состав и размещение угодий и севооборотов по территории.

Задание 1. Изучить сельскохозяйственные и несельскохозяйственные угодья.

Задание 2. Освоить проектирование состава и площади угодий.

Организация угодий и севооборотов – одна из составных частей внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственных предприятий.

Под организацией угодий и *севооборотов* подразумевают установление обоснованного их состава, соотношения, хозяйственно целесообразного размещения на территории и дифференцированного использования.

Основная цель организации угодий и севооборотов – повышение интенсивности и выявление резервов роста эффективности использования земли на основе учёта экономических интересов землевладельцев и землепользователей. При этом необходимо строго соблюдать экологические требования.

Земли используют в зависимости от вида угодий. Основные признаки, характеризующие различные угодья, – целевое назначение(пашня, сенокос, пастбища), также природные или приобретенные свойства (заливные и суходольные сенокосы, естественные и культурные пастбища и др.).

Угодья подразделяют на две группы – сельскохозяйственные и несельскохозяйственные. К сельскохозяйственным угодьям относят земли, систематически используемые для получения сельскохозяйственной продукции (продуктов питания, сырья, кормов). Они включают пашню, многолетние насаждения, залежь, сенокосы и пастбища).

Пашней называют земли с наиболее плодородными почвами, которые систематически обрабатывают и используют под посевы сельскохозяйственных культур, включая посевы многолетних трав и чистые пары. К ней не относят угодья, занятые посевами предварительных культур (не более 2 лет), распаханные с целью коренного улучшения, а также междурядья садов, используемые под посевы (ГОСТ 26640-85).

Многолетние насаждения – сельскохозяйственные угодья, используемые под искусственно созданными древесными, кустарниковыми (без лесной площади) или травянистыми многолетними растениями, предназначенными для получения урожая плодово-ягодной, технической или лекарственной продукции. Среди многолетних насаждений различают сады, виноградники, ягодники, плодовые питомники, плантации (эфиромасличные, цветочные и др.).

Залежь – земельный участок, который раннее использовали под пашню и затем более года, начиная с осени, не использовали для посева сельскохозяйственных культур и не подготовили под пар.

Сенокос – сельскохозяйственное угодье, систематически используемое под сенокошение. Согласно ГОСТ 26640-85 сенокосы бывают заливные, суходольные, заболоченные, коренного улучшения, чистые, закочкаренные, закустаренные и залесенные в разной степени.

Пастбища – угодья, систематически используемые для выпаса животных (основное пользование), а также земельные участки, пригодные для пастьбы, не используемые под сенокос и не являющиеся залежью.

Различают пастбища суходольные, заболоченные, коренного улучшения, культурные, для отгонного животноводства, обводненные закочкаренные, закустаренные, залесенные в разной степени и сбитые.

Сенокосами и пастбищами коренного улучшения считают участки, на которых путем уничтожения дернины и последующего залужения создан новый травостой.

К культурным пастбищам относят пастбища, на которых проведен необходимый комплекс мероприятий (коренное или поверхностное улучшение), создан хороший травостой, систематически проводят уход, вносят удобрения, осуществляют загонную пастьбу скота. Нередко их орошают.

К несельскохозяйственным угодьям относят леса, кустарники, болота, земли, занятые постройками, сооружениями, дорогами, прогонами, водой и другие угодья.

Один из важных показателей повышения эффективности использования земли – увеличение площади более ценных угодий за счёт менее ценных, вовлечение в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель. В этой связи для характеристики проекта сопоставляют площади отдельных видов угодий до землеустройства и по проекту, разрабатывают таблицы трансформации угодий, баланс

площадей, предварительную экспликацию земель по производственным подразделениям и угодьям, намечают виды, объемы и очередность освоения, трансформации и улучшения земель.

Состав и площади угодий определяют, начиная с тех видов, которые отражают экономические интересы хозяйства, требуют особых природных условий (сады, виноградники, ягодники) или связаны с выполнением природоохранных требований (залужение, сплошное облесение, лесополосы).

Площади многолетних плодовых насаждений устанавливают с учетом пожеланий землевладельцев и землепользователей в развитии садоводства, виноградарства и других отраслей, исходя из наличия пригодных земель.

Площади пастбищ определяют с учетом их наличия, потребности в зеленом корме, возможной трансформации в пашню и другие угодья.

Площади сенокосов проектируют, исходя из наличия пригодных для сенокошения земель и потребности в сене. При этом учитывают возможность получения многолетних и однолетних трав в севообороты.

Площади под производственные центры, полезащитные полосы, дороги, скотопрогоны ориентировочно определяют по укрупненным нормативам с последующим уточнением в процессе внутреннего устройства угодий и севооборотов.

Особенно важно максимально использовать самый ценный вид угодий – пашню. Поэтому необходимо не только изыскивать резервы для дополнительной распашки заселенных, закустаренных, переувлажненных участков сельскохозяйственных и несельскохозяйственных угодий, но и как можно меньше расходовать для несельскохозяйственных нужд.

Резервом для увеличения площади пашни являются: целинные и залежные участки, сравнительно мелкие, но плодородные участки кормовых угодий; заболоченные и переувлажненные участки, которые могут быть осушены; массивы заросших лесом и кустарником бывших сельскохозяйственных угодий и вторичные леса после проведения мелиоративных и культуртехнических работ.

Наилучшим местом для посадки садов являются средние части подветренных склонов. При этом учитывается их удаленность от селений и обеспеченность удобной дорожной сетью с массивами этих насаждений. Для виноградников благоприятны щебенчантые и песчаные почвогрунты. Для плодовых, ягодных культур

и виноградников не подходят почвы, засоленные легкорастворимыми солями.

По сенокосы отводят заливные луга, ложбинные, влажные и сырые луга в нижней части склона, низинные и лиманные луга, овражно-мелкодолинные и долинные луга, низинные болота после их осушения. В сенокосы переводят вкрапленные в пашню участки пастбищ, малодоступные для выпаса скота, а также сильноэродированные склоны.

Под культурные пастбища наиболее пригодны центральная и притеррасная части поймы, а также суходолы нормального увлажнения, пологие склоны северных и западных экспозиций.

Защитные лесонасаждения проектируют вокруг прудов и водоемов, по берегам рек, вокруг селений и производственных центров, на пастбищах, вокруг массивов садов и виноградников.

Сплошное облесение намечают на неудобных для сенокошения и выпаса скота участках, подверженных эрозии в сильной степени.

При организации угодий создают экологические коридоры шириной 10-50 м в виде залуженных полос, живых изгородей, лесополос.

Проект организации угодий должен способствовать прекращению процессов эрозии и дефляции, восстановлению и повышению плодородия почвы, отвечать требованиям эффективного использования техники, принести хозяйству наибольший эффект при строгом соблюдении природоохранных требований.

Контрольные вопросы

1. Какие вопросы решают при организации угодий и севооборотов?
2. Перечислите основные задачи организации угодий и севооборотов.
3. Последовательность проектирования в данной части проекта?
4. Как установить состава и площади угодий, от чего это зависит?
5. Каким образом при проектировании учитывают особый режим и условия использования земель?
6. Что такое трансформация угодий и каковы её задачи?
7. Какие требования учитывают при размещении отдельных видов угодий.
8. Как обосновать намечаемую организацию угодий?

Лабораторная работа 15.
Устройство территории севооборотов

Цель работы: изучить устройство территории размещения различных севооборотов.

Задание 1. Изучить устройство территории севооборотов.

Задание 2. Изучить размещение полей севооборотов с другими элементами устройства территории севооборотов.

Организацию сельскохозяйственного производства и территории на основе научно обоснованных систем земледелия необходимо начинать с ведения и освоения севооборотов, установления строго чередования культур, отвечающего природным и экономическим условиям конкретного хозяйства, особенностям каждого поля. Правильные севообороты – основа рационального земледелия. Они способствуют повышению эффективности использования земли, сельскохозяйственной техники, трудовых и денежно-тру-довых ресурсов.

Севообороты – главное звено системы земледелия и хозяйства. На основе севооборотов намечают программу удобрения полей, защиты растений, семеноводства, обработки почвы, определяют комплекс необходимых машин, затраты денежных, материальных и трудовых ресурсов. С севооборотами связывают систему лесополос, противоэрозионных мероприятий, дорог, орошения и осушения. Их организацию увязывают с кормопроизводством. Организацию внесевооборотных участков рассматривают также в данной части проекта одновременно с проектированием севооборотов.

Внутреннее устройство территории севооборотов имеет решающее значение в повышении эффективности земледелия, так как пахотные угодья являются основными и наиболее производительными угодьями в сельскохозяйственных предприятиях.

Устройство территории севооборотов включает следующие элементы проекта: размещение полей севооборотов и рабочих участков; размещение полезащитных лесных полос; размещение полевых дорог; размещение полевых станов, источников полевого водоснабжения и других объектов инфраструктуры, обслуживающих производственные процессы в полеводстве.

Поля севооборота и отдельно обрабатываемые рабочие участки по составу почв, условиям рельефа, увлажнения, микроклимата должны быть пригодны для размещения имеющихся в севообороте культур и проведения мероприятий по воспроизводству плодородия почв, а по площади, конфигурации и расположению – удобны для агротехнически правильного и производительного выполнения

полевых механизированных работ, обслуживания машинно-тракторных агрегатов и перевозки грузов.

Для этого при размещении полей и рабочих участков учитывают рельеф местности; почвенные условия; площади, размеры сторон и формы полей и рабочих участков; требования обеспечения равновеликости полей; существующее расположение дорог, лесных полос, границ производственных центров, предшественников сельскохозяйственных культур; требования к правильному размещению других элементов устройства территории севооборотов (лесных полос, дорог).

Основное правило при проектировании рабочих участков (полей) – это размещение их длинной стороной поперек склона. При сложном рельефе выделяют следующие типы устройства территории севооборотов: контурное, контурно-полосное и контурно-мелиоративное.

С рельефом местности тесно связаны почвенный покров – его водно-воздушный, тепловой режимы, гранулометрический состав почв, агротехнические, технологические свой свойства участка и плодородие почв.

Размеры полей, их сторон (длину и ширину) и форму устанавливают, исходя из требований правильной организации в них рабочих процессов и наиболее производительного использования сельскохозяйственной техники.

При одинаковых площадях полей в севообороте обеспечивается постоянство площадей посева одинаковых культур по годам ротации севооборота, равномерный выход продукции отдельных культур, примерно одинаковый объем полевых и транспортных работ в различные годы.

При проектировании стремятся также сохранить максимально границы полей освоенных севооборотов, особенно занятых посевами многолетних трав разных сроков пользования. При этом новые поля формируют однородными по составу предшественников.

Размещают поля севооборотов одновременно с размещением других элементов устройства территории севооборотов: лесных полос, полевых дорог, полевых станов, источников полевого водоснабжения.

Полезащитные (ветроломные) лесополосы размещают на равнинных территориях и на пологих склонах, где нет водной эрозии почв.

Приводораздельные лесные полосы размещают на выпуклых и гребнистых водораздельных элементах рельефа.

Водорегулирующие лесные полосы размещают поперек склонов для задержания поверхностного стока и предотвращения смыва почв.

Если поля севооборотов примыкают непосредственно к бровкам балок и оврагов, то по их границам размещают прибалочные и приовражные лесополосы.

Полевые дороги проектируют в дополнение к существующим или вновь устраиваемым магистральным дорогам с таким расчетом, чтобы сеть всех дорог на территории хозяйства обеспечивала все транспортные связи, а также обслуживание на полях сельскохозяйственной техники.

Полевые станы устраивают на удаленных от хозяйственных центров севооборотных массивах при больших площадях пашни. Они служат для кратковременного или продолжительного жилья, питания и отдыха механизаторов в период полевых работ, проведения текущего и профилактического ремонтов, технического обслуживания, стоянки и хранения сельскохозяйственной техники, культурно-бытового обслуживания работников.

Проектируемый водный источник (шахтный колодец, артскважина) должен иметь достаточное количество хорошей воды, пригодной для питья и заправки машин. Основными показателями экономической оценки проекта размещения водных источников являются размеры годовых издержек на полевое водоснабжение и затраты на строительство водных сооружений.

Главным показателем экономического обоснования устройства территории севооборотов является минимум затрат на осуществление производственных затрат в сельском хозяйстве. Поэтому за основувыбирается тот проект устройства территории севооборотов, который обеспечивает минимальные сроки окупаемости капиталовложений или максимальный коэффициент их эффективности.

Контрольные вопросы

1. Какие элементы проекта включает в себя устройство территории севооборотов?
2. Какие условия учитывают при размещении полей и рабочих участков?
3. Какие требования предъявляют к проектированию полевых дорого и как их классифицируют?
4. Как увязать размещение лесополос с границами и площадями рабочих участков в различных природных условиях?
5. В каком случае проектируют полевые станы и источники полево-

го водоснабжения?

Лабораторная работа 16.
Устройство территории многолетних насаждений

Цель работы: изучить устройство территории плодово-ягодных насаждений, виноградника.

Задание. Ознакомиться с устройством территории плодово-ягодных насаждений и виноградника.

В содержание устройства плодово-ягодных насаждений входят: размещение пород и сортов плодовых насаждений; кварталов и бригадных участков для виноградников-клеток; подсобных хозяйственных центров; защитных лесных полос; дорожной сети; водных сооружений и оросительной сети; устройство территории ягодников; размещение и устройство территории плодовых и виноградных питомников.

При размещении пород и сортов большое значение имеют природные условия. Почвогрунты должны обладать хорошо выраженной воздухопроницаемостью на глубину распространения основной массы корневых систем. Непригодными для плодовых насаждений являются почвы с плотным сложением, с поверхностной заболоченностью, с частыми выходами грунтовых вод, участки с замкнутыми понижениями. Уровень грунтовых вод должен быть таким, чтобы многолетние насаждения преждевременно не погибли.

При подборе сортов необходимо их районирование, устойчивость против болезней и вредителей, низких зимних температур, засух, товарные и вкусовые качества. Они должны быть высокоурожайными, достаточно транспортабельными, пригодными к длительному хранению.

При размещении рядов плодовых деревьев учитывают необходимую площадь питания и хорошее освещение, условия использования техники, полива, направления ветров. На равнинных участках ряды деревьев размещают с севера на юг, при выраженном направлении господствующих ветров – перпендикулярно им. На склонах более 3° размещают прямолинейно поперек склона, при крутом и сложном рельефе – контурно, а на склонах более 8° предусматривают террасирование.

Внутри больших массивов садов выделяю квартал. Квартал – участок сада (виноградника), занятый несколькими взаимоопыляющимися сортами, как правило, одной породы плодовых деревьев, ограниченный дорогами и защитными лесными насаждениями.

Кварталы размещают длинной стороной вдоль рядов насаждений. Их проектируют по возможности прямоугольной формы.

Для высокопроизводительного использования техники и защиты от ветров или водной эрозии кварталы проектируют длиной от 300-400 до 800-1000 м и шириной не более 400 м. в садах расположенных на склонах, площадь кварталов может быть 5-15 га. в садах, подверженных усиленному воздействию ветров, площадь кварталов уменьшают до 3-6 га.

При удалении бригадных участков от хозяйственных центров более чем на 1-1,5 км проектируют подсобные хозяйственные центры – бригадные станы. В них размещают помещения для питания и отдыха работников, сторожей, для хранения, упаковки и сортировки плодов, погрузочно-разгрузочные, тарные площадки, а в некоторых случаях перерабатывающие цехи, фруктохранилища и т. д.

Подсобные хозяйственные центры располагают в центре бригадного массива, на пересечении межквартальных дорог, вблизи водных источников.

Для защиты от ветров, предотвращения эрозии по внешним границам сада проектируют двух-четырех рядные садозащитные опушечные лесные полосы шириной от 6-9 до 12-15 м. При большой площади сада размещают межквартальные одно-двухрядные лесные полосы. В кварталах, расположенных на склонах более 7°, проектируют буферные полосы из кустарников или многолетних трав шириной 2-3 м.

Магистральные дороги шириной 6-10 м соединяют подсобный центр с основными массивами сада, населенными пунктами, дорогами общего пользования. Окружные дороги шириной 5-10 м располагаются по внешним границам сада, вдоль садозащитных опушечных лесополос, с их внутренней стороны. Межквартальные дороги шириной 5-6 м размещают по границам кварталов, по обеим сторонам садозащитных насаждений. Межклеточные дороги шириной 3-4 м проектируют по границам клеток, поперек рядов деревьев на расстоянии 150-200 м друг от друга.

В садах при отсутствии или недостатке водных источников центре бригадного массива сада проектируют водные сооружения: пруды, колодцы, скважины и др.

Сорта винограда размещают компактными массивами с учетом их биологических особенностей и требований к почве, рельефу, микроклимату.

Виноградники разбивают на кварталы и клетки. Длину кварталов обычно принимают 600-1000 м, на склонах уменьшают до 200-300 м. Ширину кварталов на равнинных участках рекомендуют 400-500 м, на склонах её уменьшают до 80-150 м.

Ряды винограда размещают при отсутствии господствующих ветров в направлении с севера на юг, при наличии ветров – вдоль направления ветров, на склонах 3-5° – поперек склона (прямолинейно или контурно), при орошении – согласуя с размещением оросительной сети.

Ширина междурядий 2-2,5 м, расстояние между кустами в ряду 1-1,75 м. Кварталы виноградников поперек рядов делят на клетки (площадью 4-5 га) межклеточными дорогами.

Вокруг виноградника закладывают защитные лесополосы из трех-пяти рядов высокоствольных деревьев и двух-трех рядов кустарников. По границам бригадных участков и кварталов проектируют дороги шириной 8-10 м.

Устройство территории ягодников заключается в размещении пород, сортов, кварталов, севооборотов, размещении полей севооборотов для земляники, защитных полос, дорог, водных источников, оросительной сети и введении ягодникооборотов.

Массивы земель, занятые кустарниковыми ягодниками (смородина, малина, крыжовник) делят на кварталы площадью 3-6 га. Землянику выращивают в севооборотах. На одном месте она может успешно плодоносить 5 лет.

При устройстве территории плодового питомника размещают: школы сеянцев, саженцев, земли под отдельные группы маточных насаждений; поля севооборотов; защитные лесные насаждения, дороги, подсобные хозяйственные центры, водные источники, а при необходимости – оросительную сеть.

Под школу сеянцев отводят наиболее плодородные почвы, хорошо увлажняемые, прогреваемые и дренируемые. Под школу саженцев и маточные насаждения можно отводить участки, пригодные в данной зоне для закладки основных плодовых насаждений.

Контрольные вопросы

1. Какие вопросы решают при устройстве территории садов, виноградников, ягодников?
2. Какие факторы учитывают при подборе пород и сортов многолетних насаждений?
3. Как разместить ряды плодово-ягодных культур и виноградников?
4. Каково назначение лесополос и дорог в многолетних насаждениях?
5. Как устроить территорию различных питомников и ягодников?

Лабораторная работа 17.
Устройство территории кормовых угодий

Цель работы: изучить устройство территории природных кормовых угодий.

Задание 1. Устройство территории пастбищ.
Задание 2. Устройство территории сенокосов.

Устройство территории пастбищ в проектах внутрихозяйственного землеустройства включает следующие элементы проекта: закрепление пастбищ за животноводческими фермами; организацию пастбищеоборотов; размещение гуртовых и отарных участков; размещение загонов очередного стравливания; размещение летних лагерей и скотопрогонов; размещение водных источников и водопойных пунктов.

Устройство территории орошаемых пастбищ согласовывают с размещением и параметрами оросительной сети, дождевальных установок.

Рекомендуется закреплять за фермами близлежащие пастбища. Орошаемые и улучшенные пастбища в первую очередь выделяют для молочных ферм, комплексов.

Для ферм молодняка крупного рогатого скота на доращивании и откорме подходят сухие естественные пастбища преимущественно чистые, незакочкаренные.

За овцеводческими фермами можно закреплять склоновые пастбища по балкам, сухие злаково-разнотравные пастбища с примесью бобовых, расположены на значительном расстоянии от ферм, а также степные, полупустынные пастбища, альпийскиеи субальпийские пастбища в горных районах.

Свиньи и птица получают зеленую массу с полей с прифермских севооборотов и в выпасные группы их не включают выгульные площадки для них организуют на фермах.

Скот личной собственности обеспечивают зеленой массой за счет пастбищ, находящихся в ведении сельской администрации.

В целях повышения продуктивности пастбищ и улучшения травостоя в хозяйствах организуют пастбищеобороты.

Пастбищеоборот – система использования пастбищ и ухода за ними, направленная на увеличение продуктивности пастбищ, путем последовательного чередования выпаса, отдыха и сенокошения по годам на отдельных участках в сочетании с другими мероприятиями по возобновлению и улучшению травостоя.

Для рациональной организации пастбищного содержания скота на фермах создают отдельные выпасные группы животных – гурты, отары, табуны, стада.

Местоположение гуртовых и отарных участков устанавливают с учетом закрепления пастбищ за фермами и внутрихозяйственными подразделениями. Гуртовые участки должны иметь хорошую связь с животноводческими фермами. Расстояние от ферм и летних лагерей не должно превышать для коров 1,5-2 км, для телят – 0,5-1 км, откормочного поголовья молодняка КРС – 2-2,5 км, лошадей 3-5 км.

Гуртовые, отарные участки должны быть по возможности компактными и по конфигурации удовлетворять требованиям загонной пастьбы.

Для рабочих лошадей отводят пастбища с хорошей злаково-бобовой растительностью поблизости от бригадных дворов. Для молодняка лошадей можно использовать сухие удаленные пастбища. При табунном содержании лошадям отводят сухие пастбища с плотной и ровной некочковатой поверхностью.

Границы гуртовых, отарных участков совмещают с ручьями, дорогами, оросительной сетью, лесными массивами и границами других угодий.

При организации водопоя гуртовые, отарные участки проектируют с выходом на водоисточник.

Необходимо стремиться также к расположению гуртовых участков рядом с полями севооборотов, предназначенных на выпас и зеленую подкормку.

Пастбищное водоснабжение животных заключается в создании передвижных или стационарных водопойных пунктов.

Доставлять воду на пастбища удобнее и дешевле с помощью цистерн с автоматическими или полуавтоматическими поилками. Лучшие источники пастбищного водоснабжения – реки, не загрязненные сточными водами, озера и пруды с проточной водой. Непригодны для водопоя застойные пруды, компании, старицы. Лучше всего организовать механическую подачу воды из источника в летние лагеря и каждый загон (водопровод).

Водопойные площадки размещают на расстоянии 10-20 м от водоисточника, обваловывают их и выкладывают подходы камнем, крупным песком, гравием, утрамбовывая покрытие.

При выборе водоисточника ориентируются также на подземные воды и создают артезианские скважины и шахтные колодцы со средствами подъема воды и её раздачи. Источники водоснабжения размещают в центре гуртовых участков, при летних лагерях.

Скотопрогоны предназначены для прогона скота с животноводческих ферм, летних лагерей на пастбища. Размещают скотопрогоны с расчётом обслуживания или наибольшей площади и создании удобной и кратчайшей связи с местами стоянки и водопоя скота; прокладывают по возможности прямолинейно, без крутых поворотов.

Устройство территории сенокосов заключается в решении следующих элементов проекта: организации сенокосооборотов, размещении сенокосооборотных и бригадных участков; размещении полевых станов, дорожной сети, размещении водных источников.

Составлению проекта предшествует изучение сенокосов, геоботаническогосостава травостоя, условий увлажнения, культуртехнического состояния, рельефа местности.

В целях чередования сроков сенокошения по годам, выпаса скота по отаве, улучшению травостоя (внесение удобрений, подсев трав, уничтожение сорняков) вводят сенокосообороты, предусматривающие деление сенокосов на сенокосооборотные участки для использования их по определенной системе.

Для каждого типа сенокосов (суходольных, пойменных, улучшенных) вводят самостоятельные сенокосообороты. Обычно сенокосообороты проектируют четырех-шестилетней ротации.

При размещении сенокосооборотных участков учитывают следующие требования: однородность по подбору травостоя, почвенным и другим условиям, влияющим на сроки проведения и

технологию работ; пригодность участков для механизированной уборки сена и ухода за сенокосами, правильность конфигурации, рациональное соотношение сторон, достаточно большой размер; расположение (по возможности на одном месте), компактность (они не должны быть расчленены урочищами и другими элементами рельефа на отдельные части и должны быть равновеликими); быть удобными для подъезда сельскохозяйственной техники и транспорта.

Границы сенокосооборотных участков совмещают с живыми урочищами, дорогами, оросительными и осушительными каналами, ручьями и др.

Дороги должны обеспечивать удобную связь сенокосооборотных участков между собой, с хозяйственными центрами, полевыми станами и водными источниками. Ширина дорог принимают 3-4 м.

При использовании сенокосов на сено и пастьбы скота по отаве проектируют скотопрогоны, ширина которых и требования к размещению те же, что и на пастбищах.

На крупных массивах сенокосов, расположенных чересполосно или на большом расстоянии от основных производственных центров, целесообразно строительство полевых станов для размещения людей в период уборки сена и ухода за сенокосами, пастьбы животных, для хранения инвентаря, удобрений и топливно-смазочных материалов.

Полевые станы располагают в центре обслуживаемых сенокосооборотных участков, на возвышенных, защищенных от холодныхветров, вблизи водных источников.

Контрольные вопросы

1. Как распределить пастбищами между отдельными фермами?
2. Зачем нужны пастбищеобороты и как увязать их число, размеры и размещение с гуртовыми (отарными) участками?
3. Какие требования предъявляют к размещению гуртовых и отарных участков, загонов для стравливания, летних лагерей, водных источников и водопойных пунктов, скотопрогонов?
4. Чем сенокосооборот отличается от пастбищеоборота?
5. Какие требования предъявляют к проектированию сенокосооборотных участков?
6. Для чего на сенокосах организуют водоснабжение и проектируют полевые станы?
7. Как размещают дороги на сенокосах?

Лабораторная работа 18.
Модели адаптивно-ландшафтных систем земледелия на разных типах агроландшафтов

Цель работы: разработать основные звенья адаптивно-ландшафтных систем земледелия (организацию территории землепользования и систему севооборотов; систему удобрений; систему почвозащитной обработки; защиту почв от эрозии на основных типах агроландшафтов).

Задание 1. Разработать основные звенья адаптивно-ландшафтных систем земледелия для равнинных плакорных земель до3°.

Задание 2. Разработать основные звенья адаптивно-ландшафтных систем земледелия для эрозионно-опасных пахотнопригодных земель 3-5°.

Задание 3. Разработать основные звенья адаптивно-ландшафтных систем земледелия для эродированных пахотнонепригодных земель 5-7° и более.

Задание 4. Разработать основные звенья адаптивно-ландшафтных систем земледелия для солонцовых комплексов, для орошаемых земель.

Большое методологическое и нормативно-справочное значение имеют созданные за последние десятилетия в наиболее представительных и проблемных агроландшафтах различных природно-сельскохозяйственных регионов страны физические модели удачно вписанных в ландшафт систем земледелия. Нередко они конечно далеко не полностью соответствуют современным представлениям о формировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия, но представляют собой примеры более или менее полной реализации на практике близких к ним региональных (зональных) моделей земледелия, на которых уже хорошо видны наиболее сильные и слабые стороны предложенных концепций и которые наиболее легко довести до более совершенного состояния современных адаптивно-ландшафтных систем.

Зональные системы земледелия были разработаны для абсолютного большинства областей России. Значительная часть из них отличалась достаточно высоким качеством исполнения, основалась на региональных обобщениях результатов многолетних исследований зональных институтов и областных станций сельского хозяйства, институтов и системы РосНИИГипрозем и зональных

агрохимических станций.

В ходе широкого освоения зональных систем земледелия для опытных и базовых хозяйств профильных научно-исследовательских станций и институтов были разработаны и освоены типовые проекты систем земледелия, включая агроэкологическую оптимизацию внутрихозяйственного землеустройства, создание системы почвозащитных лесополос и прудов и закладку крупномасштабных полевых экспериментов. Сегодня в базовых хозяйствах профильных научно-исследовательских станций и вузов отрабатываются современные подходы адаптивно-ландшафтного земледелия в условиях основного каркаса природоохранной структуры.

Дифференциация земледелия на уровне элементов ландшафта осуществляется в границах, так называемых агроэкологических типов земель. Последние представляют собой участки, однородные по агроэкологическим требованиям культур (групп культур) и условиям их выращивания. Именно в пределах агроэкологических типов земель формируются севообороты и технологии возделывания конкретных культур.

Такой дифференцированный подход к каждому полю с учетом особенностей его рельефа, микроклимата, почвенного покрова, гидрологического режима почвы и биоклиматического потенциала положен в основу при размещении культур на разных типах агроландшафта.

Основой агроландшафтного подхода в земледелии является дифференцированное использование пашни в разных видах севооборотов. При формировании схем севооборотов, прежде всего внимание должно уделяться научно обоснованному размещению ведущих культур и срокам возврата культур на прежнее место, а длина ротации и размер полей должны быть подчинены этой задаче с учетом расчлененности территории, степени однородности почвенного покрова и других хозяйственных условий.

Для каждого типа агроландшафта разработаны основные адаптированные компоненты и модульные схемы почвозащитных систем, включающих агролесомелиоративное обустройство, соответствующие севообороты, ограничение использования пашни и особенности применения приемов и технологий обработки почвы и посева культур.

Ориентируясь на конкретные условия и учитывая почвозащитные агротребования и ограничения использования земель, технологии обработки почвы в каждом типе агроландшафта при-

меняют дифференцированно.

Системы обработки почвы, прежде всего, должны быть направлены на максимальное накопление влаги в почве, её сохранение и рациональное использование. Вместе с тем они должны быть экологически безопасными, ресурсосберегающими и соответствовать особенностям каждого типа агроландшафта.

Природоохранная направленность и пониженная энергоемкость обеспечивается строгим ограничением максимальной площади пашни по типам агроландшафта (от 20 до 80 %) и дифференцированным применением отвальных, безотвальных, плоскорезных, комбинированных, рыхлящих и мульчирующих обработок при использовании широкозахватных, комбинированных агрегатов с уменьшенной глубинной рыхления и по необходимости почвоуглублением и щелеванием.

Плакорно-равнинный полевой агроландшафт. Применяют зональные технологии обработки почв. В севооборотах возделывают любые культуры, в том числе и с низкой почвозащитной способностью (свёкла, кукуруза, картофель, подсолнечник). Здесь безопасно применять интенсивные приемы агротехники, размещать чистые пары, чередовать по годам направление вспашки и посева. Наибольший эффект дает в севообороте комбинированная обработка почвы. Площадь пашни может достигать 80 %.

Противодефляционный буферно-полосный агроландшафт. При возделывании зерновых культур применяют почвозащитную технологию обработки почвы, включающую безотвальное рыхление, комбинированные обработки и приемы минимализации. Максимально допустимая площадь пашни 60 %.

Склоново-ложбинный почвозащитный агроландшафт. На слабоэродированных почвах размещают зернопаровые и зернопаропропашные севообороты. Высокую почвозащитную и агроэкологическую эффективность имеют орудия для гребнекулисной обработки почвы, формирующие кулисы и водопоглощающие кулисы и водопоглощающие элементы на пашне. Площадь пашни не более 70 %.

Склоново-овражный буферно-полосный агроландшафт. Здесь почвозащитные технологии обработки почв включают глубокое рыхление, вспашку и щелевание поперек склона. Наиболее эффективно глубокое чизелевание в сочетании с поверхностными обработками один раз за ротацию севооборота с короткой ротацией. Внедрение этих приемов существенно уменьшает эрозионные

процессы. Площадь пашни не более 60 %.

Балочно-овражный контурно-мелиоративный агроландшафт. Применяют почвозащитные севообороты, в структуре которых не менее 50 % занимают многолетние травы, и площадь пашни не превышает 50 %. Стокорегулирующие лесные полосы размещают по контуру и обустраивают валами и валами-канавами. На склоново-овражных и балочно-овражных агроландшафтах все технологические операции в рабочих контурах и полосах выполняют преимущественно по горизонталям местности. Образующийся при этом микрорельеф имеет контурное направление или небольшой уклон к горизонталям, что замедляет скорость стекающей воды.

Крутосклоновый лесолуговой агроландшафт. В полосах, отведенных под сплошное залужение многолетними травами и лесолуговое освоение, проводят по необходимости щелевание в целях улучшения водопроницаемости и поглощение талых вод. Площадь пашни не более 30 %.

Пойменно-водоохранный кормовой агроландшафт. Угодья размещаются в водоохраной зоне, где почву обрабатывают только с целью коренного улучшения сенокосов и пастбищ, посадки лесонасаждений. На посевах многолетних трав, сенокосах и выгонах применяют щелевание поперек склона через 2-4 м. При выпасе скота не превышают допустимые нагрузки на пастбища. Экологически допустимая площадь пашни – не более 20 %.

Мелиоративно-ирригационный агроландшафт. Здесь применяют интенсивные технологии обработки почвы, принятые для орошаемых севооборотов (кормовые, овощные, специальные). Ирригационную эрозию не допускают с помощью нормированных поливов. Площадь пашни 60-80 %.

Контрольные вопросы

1. Какие севообороты и технологии возделывания культур применяют на плакорно-равнинном типе агроландшафта?

2.Какие севообороты и технологии возделывания культур применяют на склоново-ложбинном типе агроландшафта?

3. Какие технологии возделывания применяют на склоново-балочном типе агроландшафта?

4. Какие технологии возделывания культур используют на мелиоративно-ирригационном типе агроландшафта?

5.Расскажите о крутосклоновом и пойменно-водоохранном типах

агроландшафта.

Рекомендуемая литература

1. Волков, С. Н. Землеустройство. Т. 2. Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство : учебник / С. Н. Волков. – М. : Колос, 2001. – 648 с.

2. Казаков, Г. И. Севообороты в Среднем Поволжье : учебное пособие / Г. И. Казаков, Р. В. Авраменко. – Самара. –СГСХА, 2008. – 136 с.

3. Казаков, Г. И. Системы земледелия и агротехнологии возделывания полевых культур в Среднем Поволжье : монография / Г. И. Казаков, В. А. Милюткин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – 261 с.

4. Казаков, Г. И. Экологизация и энергосбережение в земледелии Среднего Поволжья : монография / Г. И. Казаков, В. А. Милюткин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – 245 с.

5. Кирюшин, В. И. Агрономическое почвоведение : учебник / В. И. Кирюшин. – М. : КолосС, 2010. – 687 с.

6. Колбовский, Е. Ю. Ландшафтное планирование : учеб. пособие / Е. Ю. Колбовский. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с. – Режим доступа: http://nashaucheba.ru/v61577/.

7. Корчагин, В. А. Севообороты в земледелии Среднего Поволжья : учебное пособие / В. А. Корчагин, С. Н. Зудилин, С. Н. Шевченко. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 130 с.

8. Системы земледелия [Текст] : учебник / А. Ф. Сафонов, А. М. Гатаулин, И. Г. Платонов [и др.]; под ред. А.Ф. Сафонова. – М. : КолосС, 2006. – 447 с.

9. Система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов – Курск : ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2013. – 50 с.

Оглавление

Предисловие 3
Лабораторная работа 1. Формирование экологического каркаса территории: важнейшие принципы и критерии 4
Лабораторная работа 2. Крупные резерваты. Экологические коридоры. Буферные зоны 7
Лабораторная работа 3. Землеустройство и деформации современной структуры агроландшафта. Пластика рельефа и геотопология ландшафта как основа ландшафтного планирования для землеустройства 10
Лабораторная работа 4. Пути решения экологических проблем. Охрана ландшафтов 16
Лабораторная работа 5. Отличительные особенности функционирования природных экосистем и агроэкосистем. Принципы оптимизации агроландшафтов 21
Лабораторная работа 6. Принципы классификации природно-антропогенных ландшафтов 25
Лабораторная работа 7. Основные принципы организации агроэкосистем. Устойчивость агроэкосистем при разных системах земледелия .. 31
Лабораторная работа 8-9. Оценка устойчивости изучаемого агроландшафта..... 36
Лабораторная работа 10. Методологические принципы систем земледелия. Агрогеоинформационные системы для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий 46
Лабораторная работа 11. Сбор и оценка материалов в камеральных условиях. Комплексное обследование территории в полевых условиях 51
Лабораторная работа 12. Сельскохозяйственное дешифрирование аэро- и космических снимков 55
Лабораторная работа 13. Размещение населенных пунктов, производственных подразделений и хозяйственных центров 59
Лабораторная работа 14. Организация угодий и севооборотов 63
Лабораторная работа 15. Устройство территории севооборотов 67
Лабораторная работа 16. Устройство территории многолетних насаждений 70
Лабораторная работа 17. Устройство территории кормовых угодий .. 73
Лабораторная работа 18. Модели адаптивно-ландшафтных систем земледелия на разных типах агроландшафтов 77

Рекомендуемая литература 81

Учебное издание

Василий Григорьевич Кутилкин

Ландшафтное планирование и проектирование агроландшафтов

Методические указания
для выполнения лабораторных работ

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 24.07.2017. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 8,83, печ. л. 5,19.
Тираж 50. Заказ № 205.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Тяжелые металлы в агроландшафтах Самарской области

Монография

Кинель 2018

УДК 631.95
ББК 28.08
Т99

Рецензенты:
д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой «Экология, ботаника и охрана природы» ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева»
Л. М. Кавеленова;
д-р геогр. наук, доцент, проф. кафедры «Мировая экономика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный экономический университет»
А. А. Головлев

Авторский коллектив:
Н. М. Троц, Н. В. Прохорова, В. Б. Троц, Д. А. Ахматов, Г. И. Чернякова, О. В. Горшкова, Д. В. Виноградов, Я. В. Костин

Т99 Тяжелые металлы в агроландшафтах Самарской области : монография / Н. М. Троц, Н. В. Прохорова, В. Б. Троц [и др.]. – Кинель : РИО Самарской ГСХА, 2018. – 220 с.
ISBN 978-5-88575-544-3

В монографии изложены материалы о накоплении и распределении тяжелых металлов в основных типах и подтипах почв и сельскохозяйственных культурах региональных агроландшафтов в зависимости от природно-климатических, агроэкологических особенностей и техногенных условий. Предложены различные агротехнические приемы снижения биоаккумуляции наиболее токсичных металлов в продукции растениеводства и эколого-экономическая и агроэнергетическая оценка технологии ремидиации почв.

УДК 631.95
ББК 28.08

ISBN 978-5-88575-544-3

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2018
© Троц Н. М., Прохорова Н. В., Троц В. Б., Ахматов Д. А., Чернякова Г. И., Горшкова О. В., Виноградов Д. В., Костин Я. В., 2018

Оглавление

Введение..... 5
1. Проблема загрязнения агроландшафтов и продукции растениеводства тяжелыми металлами..... 7
2. Особенности почвенного районирования Самарской области..... 46
3. Агроэкологическая оценка почв Самарской области..... 50
3.1. Агрохимические показатели уровня плодородия почвы..... 52
3.2. Валовое содержание и содержание подвижной формы тяжелых металлов в почвах изучаемых агроландшафтов..... 58
4. Особенности аккумуляции тяжелых металлов основными сельскохозяйственными культурами в Самарской области..... 69
4.1. Зерновые культуры..... 70
4.2. Зерновые фуражные культуры..... 73
4.3. Зерновые бобовые культуры..... 77
4.4. Крупяные культуры..... 80
4.5. Пропашные культуры..... 83
4.6. Картофель..... 88
4.7. Ягодные культуры..... 95
4.8. Биотичность и физиологическая активность сельскохозяйственных и дикорастущих растений по отношению к тяжелым металлам..... 100
5. Влияние приемов агротехники и ремидиации на качество и продуктивность сельскохозяйственных растений..... 109
5.1. Влияние различных способов обработки почвы на содержание тяжелых металлов в почве и растениях..... 101
5.2. Влияние уровней минерального питания растений, природных адсорбентов и биологически активных веществ на мобильность тяжелых металлов..... 120
5.3. Продуктивность посевов и вынос тяжелых металлов с урожаем..... 146
6. Влияние объектов нефтедобычи на аккумуляцию тяжелых металлов и нефтепродуктов в агроландшафтах Самарской области..... 150
6.1. Северная группа месторождений нефти..... 152
6.2. Центральная группа месторождений нефти..... 154
6.3. Южная группа месторождений нефти..... 157
7. Эколого-экономическая и агроэнергетическая оценка приемов ремидиации почв..... 160
7.1. Экономическая и агроэнергетическая оценка возделывания

сои при использовании биологически активных веществ..... 161
7.2. Экономическая и агроэнергетическая оценка возделывания сои при применении природных адсорбентов и различных системах обработки почвы..... 162
7.3. Экономическая и агроэнергетическая оценка возделывания земляники садовой сорта Эльсанта при использовании минеральных удобрений и опоки..... 165
7.4. Оценка эколого-экономического воздействия объектов нефтедобычи на земли сельскохозяйственного назначения..... 167
Заключение..... 171
Литература..... 176
Алфавитно-предметный указатель..... 219

Введение

В условиях возрастающего антропогенного воздействия человека на биосферу, одной из основных проблем агропромышленного комплекса страны является производство экологически безопасных продуктов питания и сырья для промышленности. Особую опасность для агробиоценозов представляют тяжелые металлы (ТМ), поступление которых в агроландшафты с каждым годом увеличивается. Причем, в результате хозяйственной деятельности процессы загрязнения затрагивают не только техногенные, но и биогенные территории. Попадая в почву и растения, тяжелые металлы накапливаются в агросистемах и включаются в метаболические циклы живых организмов, образуя высокотоксичные канцерогенные металлоорганические соединения. Они не подвергаются биохимическому разложению и очень медленно и трудно удаляются: период полуудаления цинка из почвы – 500 лет, кадмия – 1100 лет, свинца до 5000 лет [133]. Опыт мирового земледелия свидетельствует, что загрязнение почвы тяжелыми металлами через пищевые цепочки ведет к нарушению всех компонентов экостемы и деградации человеческого общества в целом.

Самарская область – индустриально развитый регион, имеющий на своей территории крупные предприятия машиностроительного, химического, нефтеперерабатывающего, аэрокосмического и приборостроительного комплекса, которые являются потенциальными источниками поступления тяжелых элементов в окружающую среду и их привнесения в агроландшафты.

Обследования показали, что большая часть площади сельхозугодий области (более 2,8 млн. га или 73% территории) в той или иной мере подвержена разрушению [23].

Одной из причин деградации сельскохозяйственных земель является их загрязнение поллютантами различной природы, в том числе тяжелыми металлами, повышенные концентрации которых негативно влияют на рост и развитие сельхозкультур, существенно снижают качество продукции растениеводства [116]. Это определяет актуальность проведения постоянного фитосанитарного контроля над содержанием тяжелых металлов в почве, а его результаты служат одним из важнейших параметров устойчивости агроце-

нозов. Детальное изучение содержания тяжелых металлов в почвенном покрове Самарской области позволило установить региональные фоновые значения для их валовых и подвижных форм [272], но с тех пор прошло достаточно много времени, существенно изменились параметры техногенеза и агротехнические приемы возделывания сельскохозяйственных земель. Радиальное распределение тяжелых металлов в почвах сельхозугодий в Самарской области ранее изучалось лишь эпизодически, что не позволяет оценить связь такого распределения с особенностями основных типов и подтипов почв региона.

В связи с этим, исследования, направленные на изучение особенностей аккумуляции и миграции тяжелых металлов в агробиологических объектах, а также поиск технологических приемов снижения их поступления в биологический кругооборот, представляют особую актуальность.

1. Проблема загрязнения агроландшафтов и продукции растениеводства тяжелыми металлами

Проблема воздействия тяжелых металлов (ТМ) на почву и биоту уже несколько десятилетий вызывает неослабевающий интерес биологов, экологов, биогеохимиков и, конечно, аграриев, отвечающих за экологическую чистоту продукции растениеводства. В связи с исследованиями плодородия почв, эта проблема имеет более длительный период изучения для тех элементов, которые в настоящее время отнесены к группе тяжелых металлов, но жизненно важны для микроорганизмов, растений, животных и человека (железо, марганец, медь, цинк, молибден, кобальт и др.).

Термин «тяжелые металлы» характеризует широкую группу загрязняющих веществ. В связи с различной трактовкой, их количество изменяется в широких пределах. Критериями принадлежности являются атомная масса (свыше 40-50), плотность (5 г/см^3), токсичность, степень вовлечения в природные и техногенные циклы, распространенность в природе. Под этот термин попадают более 40 элементов периодической системы Д. И. Менделеева, в том числе, относящиеся к хрупким (висмут Bi) или металлоидам (мышьяк As), способные накапливаться в гумусовых горизонтах почвы, проявляя регрессионно-аккумулятивный тип распределения (накапливание в верхних горизонтах и снижение в нижних) [305, 426].

Роль тяжелых металлов двухфазна: они необходимы для нормального протекания физиологических процессов и считаются эссенциальными (жизненно важными) микроэлементами, но являются токсикантами и при высоких концентрациях причиняют вред организму. В группу жизненно важных в микроколичествах входят такие элементы, как медь, цинк, молибден, кобальт, марганец, железо [132].

Однако, имеется группа металлов, за которыми закрепилось только одно негативное понятие – «тяжелые», в смысле «токсичные». Такая группа включает ртуть, кадмий и свинец. По общему мнению, их считают наиболее вероятными и опасными загрязнителями окружающей среды, так как они широко используются в промышленности и на транспорте [46, 437]. ТМ отличаются от других металлов большим содержанием в промышленных отходах

и высокой токсичностью, своей долговечностью и малой выводимостью из системы почва-растения-животные-человек. Эти металлы относятся к категории неспецифических загрязняющих веществ, так как присутствуют практически во всех почвах в том или ином количестве [9, 184, 185, 201].

Все изученные ТМ подразделяются на две группы: элементы с относительно постоянной концентрацией (медь Cu, цинк Zn, свинец Pb, кадмий Cd) и элементы с высоким варьированием концентраций в окружающей природной среде (железо Fe, марганец Mn) [49].

Исследованиями В. Б. Ильина (1991), В. А. Алексеенко и др. (1999), Е. И. Хожина (2002), Н. М. Матвеева и др. (2008) установлено, что основным естественным источником тяжелых металлов в агроэкосистемах являются горные породы, из продуктов выветривания которых сформировался почвенный покров. Выделяют следующие виды источников поступления тяжелых металлов в окружающую среду:

1. Природные источники. Первичное вместилище тяжелых металлов на планете – верхняя мантия, базальты и граниты, поэтому естественным источником для почв являются горные породы (осадочные, магматические, метаморфические), на продуктах, выветривания которых сформировался почвенный покров. Воды океана, живое вещество, почвы – уже вторичные резервуары, содержащие ТМ. Кроме того, естественными источниками ТМ для основных компонентов биосферы являются термальные воды и рассолы, космическая и метеоритная пыль, вулканические газы. Выветривание горных пород, эрозионные процессы, вулканическая деятельность приводят к высвобождению ТМ из природных источников [43, 185, 204, 221].

2. Техногенные источники:

- металлургическое производство: карьеры и шахты по добыче полиметаллических руд, предприятия цветной и черной металлургии, металлообрабатывающие предприятия [9, 25, 185];

- добыча и использование природных ископаемых: нефтяная промышленность и сжигание нефти; электростанции, сжигающие уголь; автотранспорт; химическое производство на металлических катализаторах [9, 25, 51, 185, 201];

- сжигание различных отходов [47];

- сельскохозяйственная деятельность: минеральные и органические удобрения, ядохимикаты, биоциды, стимуляторы роста растений, структурообразователи, сточные воды и отходы животноводческих комплексов [9, 161, 185, 201, 322, 400].

По хозяйственным и территориальным признакам источники металлотоксикантов подразделяют на локальные и пространственные, а по скорости эмиссии в окружающую среду и объекты живой природы – на регулярные и залповые [135].

Многочисленными исследованиями определено фоновое содержание и закономерности распределения ТМ в почвах природных зон различных регионов России и сопредельных государств: Республики Башкортостан [460], Республики Коми [13,266], Кемеровской области [17], Ярославской области [415], Чувашской Республики [178], Ставропольского края [352, 353], Забайкалья и Республики Бурятия [44, 208], Дагестана [136, 137, 138], Южного Прибайкалья и Северо-Восточного Китая [35], Республики Беларусь [257, 258, 259, 281], Воронежской области [159], Северной Осетии [410], Брянской области [85], Оренбургской области [401], Краснодарского Края [260], Сибири [83, 189] и т. д.

Установлено, что:

- в зонах техногенного загрязнения возрастает содержание подвижных форм ТМ в связи с усилением их миграционной способности и биодоступности;

- необходимо ведение постоянного эколого-агрохимического контроля и оценки почв в связи с опасностью загрязнения ТМ;

- при длительном сельскохозяйственном использовании почв содержание ТМ в них возрастает, особенно в нижележащих горизонтах;

- наличие геохимического градиента, проявляющегося в росте концентраций некоторых ТМ в почвенном покрове в направлении с севера на юг и с северо-запада на юго-восток (так, таежные и лесостепные ландшафты содержат в среднем в два раз меньше Cr, по сравнению со степными и сухостепными ландшафтами).

При почвенных исследованиях распределения ТМ широко используется ландшафтный подход. Так, О. Д. Шафронов (2006) провел ландшафтно-экологическое районирование Нижегородской области по содержанию ТМ в почве. Эколого-агрохимическую оценку состояния агроландшафтов в Среднем Поволжье провел С. И. Цыганок (2006), Т.М. Минкина (2008) занималась изучением

трансформации ТМ и их соединений в почвах Нижнего Дона под влиянием природных и антропогенных факторов. А. Н. Волосевич, Т. И. Яковлева (2007) оценили экологическое состояние пахотных почв северо-запада России. Б. Н. Золотарева (2003) исследовала пространственную изменчивость ассоциации ТМ в почвах Верхнеокского бассейна.

В культурных ландшафтах наибольшее распространение имеют Zn, Pb, Hg, Cd, Cr. ТМ находятся в почве в различной форме. Они могут включаться в твердую фазу почвы, находиться в виде свободных ионов в почвенных растворах, в виде растворимых органоминеральных комплексов или быть адсорбированными на коллоидных частицах. Сульфокислоты образуют растворимые хелаты металлов в широком диапазоне pH, увеличивая, таким образом, их растворимость. Эти комплексы, обычно, более стабильны, чем аналогичные комплексы гуминовых кислот, которые также играют роль депонента ТМ [19, 440].

Трансформация соединений ТМ, поступающих в почву, включает в себя следующие процессы: растворение, адсорбция катионов ТМ твердой фазой почв, осаждение из почвенного раствора труднорастворимых соединений, т. е. образование вторичной твердой фазы. Причем, со временем во всех почвах содержание водорастворимой, обменной и непрочносвязанной форм ТМ уменьшается, а прочносвязанной форм – увеличивается [464].

На распределение ТМ по земной поверхности существенно влияет макро- и мезорельеф, поскольку он, во-первых, изменяет характер движения воздуха, что приводит к изменению полей концентрации загрязнителей, и, во-вторых, участвует в перераспределении продуктов техногенеза, уже попавших на земную поверхность. Известны случаи, когда почвы подчиненных ландшафтов, загрязненные низкими холодными выбросами, содержали большее количество загрязнителей, чем почвы автономных ландшафтов [317].

На характер профильного распределения ТМ влияет комплекс почвенных факторов: гранулометрический состав, актуальная кислотность, содержание органического вещества, емкость катионного обмена, наличие геохимических барьеров (гумусовые, карбонатные, гипсовые, иллювиальные горизонты), содержание элементов в почвообразующих породах и другие факторы. Чем тяжелее гранулометрический состав, больше содержание органического

вещества, выше емкость катионного обмена, тем больше ТМ почва связывает и снижает их доступность для растений. Для Cd, Pb зависимость между величинами pH почв и критическими значениями концентраций ТМ носит линейный характер [165, 233, 281, 417, 464].

Подвижность элементов, в значительной степени, зависит от кислотно-основных и окислительно-восстановительных условий в почвах. Накопление подвижных, особо опасных для организмов соединений элементов зависит от водного и воздушного режимов почв: наименьшая аккумуляция их наблюдается в водопроницаемых почвах промывного режима, увеличивается она в почвах с непромывным режимом и максимальна в почвах с выпотным режимом [165, 439].

Содержание ТМ в почвах зависит от протекающих почвообразовательных процессов: дерновый процесс способствует накоплению ТМ в верхнем слое почвы и увеличению содержания их подвижных форм в связи с биохимическим выветриванием, подзолообразование и оглеение приводят к вымыванию ТМ вниз по профилю [19, 108, 242, 388].

И. В. Глебова, О. А. Тутова, Т. О. Рейнова (2008) показали, что серые лесные почвы выступают как активный сорбент ТМ. В серых лесных почвах имеется кислый геохимический барьер, в степных черноземах и каштановых почвах – нейтральный карбонатный [165, 295, 464].

Благодаря своим агрохимическим особенностям черноземы, по сравнению с подзолистыми, серыми лесными почвами, являются более устойчивыми к загрязнению ТМ. Так, А. И. Обухов (1990) в своих исследованиях показал, что черноземы страдают от последствий загрязнения меньше, чем подзолистые и дерново-подзолистые. В основе их устойчивости лежит высокая емкость поглощения, обусловленная большим содержанием гумуса, глинистых частиц, нейтральной и слабощелочной реакцией. В своих исследованиях Я. Т. Суюндуков, Ю. А. Шагиева (2008) установили, что по суммарному накоплению Cu, Zn, Cd зональные черноземы Башкирского Зауралья образуют следующий ряд: обыкновенные > выщелоченные > южные.

Т. Т. Ефремова и др. (2003) исследовали биогеохимию ТМ в низинном торфянике на междуречье Оби и Томи. Определили, что универсальным элемент-индикатором является молибден: его рас-

пределение в профиле торфяной залежи четко дифференцирует окислительно-восстановительную обстановку как в пределах окислительного, так и восстановительного фона.

Различные исследователи занимались фракционированием соединений ТМ в почвах. В. А. Жидеева, И. И. Васенев, А. П. Щербаков (2002) изучали фракционный состав соединений Pb, Cd, Ni, Zn в лугово-черноземных почвах, загрязненных выбросами аккумуляторного завода, установили, что для Pb, Cd, Zn преобладающей фракцией является карбонатная, а для Ni – оксидная, обнаружили влияние на фракционное распределение ТМ их валового содержания в почве и базовых почвенных свойств. Л. В. Переломов и Д. Л. Пинский (2003) занимались выявлением фракционного состава серых лесных почв, показали, что большая часть Mn в незагрязненных почвах независимо от характера их использования аккумулируется в гидроксидах Fe и Mn; Zn – в компонентах остаточной фракции, представленной первичными и глинистыми минералами; Pb – в гидроксидах Fe и Mn, а также в остаточной фракции. Сельскохозяйственное освоение серых лесных почв ведет к увеличению концентрации подвижных форм ТМ не только за счет антропогенных источников, но и за счет фракции, связанной с гидроксидами Fe и Mn, роль органического вещества в иммобилизации ТМ при этом увеличивается. С. В. Будкина (2010) проводила фракционирование Pb и Zn в дернов о-подзолистой почве и установила, что подвижные соединения Pb находятся в форме органоминеральных комплексов, а подвижные соединения Zn равномерно распределены по всем фракциям.

Существуют 3 способа загрязнения почв: аэрогенный, гидрогенный и агрогенный (последние, как правило, временные). Почва в отношении аэрогенного потока техногенных веществ является мощным фильтром, очищающим биосферу, геохимическим барьером, фиксирующим (как правило, прочно) загрязнители и существенно ослабляющим поступление их через корневую систему в растения и миграцию в грунтовые воды.

Распределение в ландшафте металлов, поступивших в атмосферу из техногенных источников, определяется расстоянием от источника загрязнения, климатическими условиями (сила и направление ветра), рельефом местности, технологическими факторами (состояние отходов, способ поступления отходов в окружающую среду, высота труб предприятий). Причем, накопление

техногенных ТМ в почвах различных сельскохозяйственных угодий зависит от многих причин: содержания гумуса, реакции почвенного раствора, агротехнических приемов обработки почвы, использования средств химизации, естественного фона содержания химических элементов, техногенного загрязнения, наличия защитных лесополос, подвижности химических элементов [37, 268].

Эмиссия ТМ в составе техногенных выбросов в окружающую среду происходит, чаще всего, в виде их комплексов. Результирующее влияние зависит от состава комплекса, чувствительности растений (общей и поэлементной), почвенных условий, химической формы соединений и других факторов, но определяющими являются пропорции микроэлементов, входящих в комплекс [46, 246, 453]. Так, отмечается, что из различных сочетаний основных элементов в пыли, выбрасываемой заводами по выплавке цветных металлов, наиболее токсичной является Cd-Pb-Zn, наименее – Pb-Zn, пыль Pb-Cu занимает промежуточное положение [113, 467]. При исследовании влияния горнорудного производства в Криворожском бассейне на химический состав почвенного покрова прилегающих территорий П. С. Лозовицкий и С. М. Каленюк (2002) установили, что пылевые отходы содержат ТМ: железных руд – Cu, Zn, Cr, Pb, Sr, магнетитовых руд – Cu, Co, Zn, V, Cr. В прилегающих к горнорудному производству почвах в радиусе 30 и более километров наблюдается загрязнение ТМ.

А. Моцик и П. Илка (1990), Э. П. Махонько и др. (1976), Г. Ф. Манторова (2010) отметили характерную зависимость снижения концентрации ТМ в почвах естественного залегания, многолетних травах, ягодных и овощных культурах при удалении от источника загрязнения.

В районе функционирования металлургических предприятий формируются техногенные территории с повышенным содержанием ТМ в пахотном слое почв. Так, максимальное накопление ТМ в результате выбросов предприятий цветной металлургии (предприятий «Североникель» и «Печенганикель») обнаружено в приповерхностном слое органогенного горизонта, который играет роль биогеохимического барьера, причем, показано влияние этих предприятий на почвенный покров в радиусе до 60 км от источника загрязнения [342]. Для валовых форм ТМ зона загрязнения про-

слеживается в радиусе 1-5 км от горно-обогатительных комбинатов, для подвижных форм – до 10 км [423].

Многочисленные исследования посвящены изучению влияния различных техногенных источников загрязнения ТМ на почвенный покров прилегающей территории [34, 156, 163, 488]. Исследователи зонировали окружающую территорию по уровню потери экологического качества природной среды. Установили, что особенностью почв является накопление ТМ во времени, поэтому необходимо усилить работу экологических постов, а также периодически проводить эколого-токсикологический контроль почв, прилегающих к источникам загрязнения.

Ведение земледелия на загрязненных ТМ почвах становится одной из актуальных практических задач сельскохозяйственных работников [172, 185, 239, 303].

Различные формы удобрений и способы их внесения существенно влияют на подвижность ТМ, синергизм и антагонизм ионов. Практический опыт природных хозяйств Донбасса и результаты исследований показывают, что в условиях техногенного загрязнения минеральные удобрения зачастую не дают ожидаемой прибавки урожая, то есть их эффективность снижается [291]. Одна из причин этого – физиологическое подкисление почвенного раствора, что ведет к увеличению подвижности ТМ и их токсического действия.

Исследование влияния удобрений на накопление ТМ в черноземе выщелоченном [251] показали, что минеральные удобрения не могут служить существенным источником загрязнения почв ТМ, так как, даже на фоне тройных доз удобрений, накопление ТМ наступит через несколько тысячелетий. Однако, внесение минеральных удобрений, способствует увеличению подвижности Cd, что может приводить к избыточному накоплению его растениями.

В. Б. Ильин (1991) исследовал загрязнение огородных почв и культур ТМ, поступающих от рудников и металлургических предприятий.

Влияние органических отходов на содержание ТМ в почвах Алтайского края изучал А. В. Тиньгаев (2009), опытным и расчетным путем показал, что научно обоснованное использование органических отходов различных источников в качестве удобрения позволит не только повысить плодородие сельскохозяйственных

земель, но и сохранить благоприятную экологическую обстановку в крае.

В длительных полевых опытах А. И. Карпухин, Н. Н. Бушуев (2007) изучали влияние различных вариантов сельскохозяйственного использования на содержание Cd, Zn, Co в органическом веществе и гуминовых кислотах дерново-подзолистых и темно-серых лесных почв.

В настоящее время загрязнение почв ТМ приняло глобальный характер. Поступая в почву в больших количествах ТМ, в первую очередь, влияют на эколого-биологические свойства почвы: уменьшается общая численность микроорганизмов (особенно сапротрофных бактерий и грибов, бактерий рода *Azotobacter*), сужается их видовой состав, изменяется структура микробоценозов, снижается интенсивность основных микробиологических процессов и активность почвенных ферментов (активность каталазы и инвертазы, скорость разложения целлюлозы и мочевины), усиливается фитотоксичность. Кроме того, ТМ способны изменять и более консервативные признаки почв, такие как гумусное состояние, структуру, кислотность и др. Так, результатом взаимодействия ТМ с органическим веществом чернозема обыкновенного, является увеличение количества алифатических структур, повышение доли фульвокислот, уменьшение содержания гуминовых кислот в органическом веществе почв. Все это, в итоге, ведет к частичной, а в некоторых случаях, и к полной утрате плодородия почв [227, 270, 294, 407, 486, 535].

Загрязнение почв ТМ оказывает существенное влияние на трансформацию азотсодержащих соединений. В наибольшей степени ТМ ингибируют активность азотфиксации. Токсическое действие ТМ на азотфиксацию в значительной степени зависит от природы металла и убывает в следующем ряду: Cd > Cu > Zn > Pb. В то же время, малые дозы Pb могут стимулировать азотфиксацию. Высокие концентрации ТМ, подавляя активность процессов минерализации азотсодержащих органических соединений и нитрификации, приводят к уменьшению содержания в почве подвижного азота минеральных соединений [226].

В. И. Савич и др. (2011), занимался изучением влияния ТМ на процессы деградации почв путем статистической обработки многолетних данных агрохимической службы, оценки содержания в почвах подвижных форм ТМ в разных вытяжках, постановки мо-

дельных опытов по уменьшению подвижности ТМ в почвах и их поступлению в растения. Подтвердили зависимость степени загрязнения почв ТМ от литологических и геоморфологических условий, характера хозяйственного использования угодий, наличия и удаленности источников загрязнения, степени гумусированности, pH среды, гранулометрического состава, рельефа местности. В результате нарушения под влиянием ТМ информационно-энергетических потоков в системе почва-растение уменьшается накопление энергии в почве и урожае, а также разнообразие сорбционных центров. Как правило, это сопровождается развитием эрозии, обесструктуриванием, дегумификацией, опустыниванием.

Проведенные исследования показали, что токсическое действие отдельных ТМ со временем снижается. Период полуудаления ТМ (удаления половины от начальной концентрации) составляет продолжительное время: для Zn – от 70 до 510 лет, для Cd – от 13 до 110 лет, для Cu – от 310 до 510 лет, для Pb – от 740 до 5900 лет [201]. Снижение фитотоксичности ТМ происходит в результате закрепления ТМ почвой, частичного вымывания за пределы почвенного профиля, а также отчуждения растениями [155, 153]. В опытах по изучению различных уровней загрязнения почв Pb, Zn и Cd, было установлено, что действие ТМ зависит от времени взаимодействия с почвой [172]. Чем продолжительнее металлы находятся в почве, тем меньше проявляется их токсичность. Имеются сведения [534] и о снижении доступности Cu после прохождения временного интервала. При этом высказано предположение о том, что нормативы для вновь загрязненных почв должны быть иными, чем для почв, которые были подвергнуты загрязнению в более далеком прошлом [282, 340].

В исследованиях антропогенного загрязнения природных сред особое значение приобретают работы по изучению возможностей почвы в инактивации ТМ. Благодаря выполнению почвой экологической функции происходит перевод легкорастворимых соединений ТМ в труднодоступную форму, поэтому поток ТМ в растения уменьшается. Обобщая результаты многолетних исследований, В. Б. Ильин (2007) пришел к выводу, что даже на сильнозагрязненной почве возможно получение экологически чистого урожая.

Экологический потенциал системы почва+сельскохозяйственная культура в основном формируется за счет буферности

почвы по отношению к ТМ, барьерная роль растений менее существенна. Изучая аккумуляцию Cd и Pb в почвах и растениях, Е. И. Волошин (2000) показал, что загрязнение пойменных почв ТМ ведет к увеличению в них содержания как подвижных, так и валовых форм ТМ, причем, с увеличением содержания гумуса, возрастает самоочищающая способность почв.

Самое пристальное внимание заслуживает изучение загрязненности сельскохозяйственных культур, так как 70-80 % общего количества ТМ, поступающих в организм человека, приходится на растительную продукцию [100, 142, 191, 500].

Установлена способность растений поглощать из окружающей среды в больших или меньших количествах практически все известные химические элементы [190, 356].

Известно несколько путей поступления химических элементов и соединений в растение, основными из которых являются корневое питание, газообмен, обменная адсорбция на поверхности листовой пластинки. Причем, поглощение ТМ корнями может быть пассивным (неметаболическое путем диффузии) и активным (метаболическое с затратой энергии). Поступление ТМ в растения через корневую систему зависит, прежде всего, от количества этих металлов в почве. Коэффициенты корреляции между содержанием ТМ в растениях и средах при разных условиях (тип почвы, влажность, кислотность и др.) могут быть достаточно высоки – в некоторых случаях превышают величину 0,80.

Химический состав растений зависит от состава сред, на которых произрастают растения, но не повторяет его, так как растения избирательно поглощают необходимые им элементы, в соответствии с физиологическими и биохимическими потребностями [170, 176, 438]. При избыточном поступлении ТМ через корни в растения работают механизмы неспецифической природы. Было установлено, что устойчивость к ТМ у трав достигается двумя путями: снижением проникновения ТМ в растение и накоплением (инактивацией) их в клеточной структуре таким образом, что они не влияют на процессы метаболизма. Если эти защитные механизмы не срабатывают, то приток токсикантов происходит в наименее физиологически активные органы, часто ими являются запасающие органы растений (клубни, луковицы). По отношению к разным ТМ защитные возможности растения проявляются неодинаково: так, Pb в основном задерживается уже в корнях, Cd же срав-

нительно легко проникает в надземные органы. При возделывании сельскохозяйственных культур на загрязненной почве по уровню накопления ТМ органы растений располагаются в следующий ряд: корни > стебли и листья > органы запасания ассимилянтов, т.е. наиболее защищенной оказывается используемая в пищу часть растений [185, 425].

Интенсивность поступления ТМ из почвы в растения в большой степени зависит от создаваемых в почве агрохимических фонов в зависимости от системы удобрения (органическая, органоминеральная, минеральная), которые оптимизируют питание растений биогенными элементами, что позволяет усилить физиологические барьерные функции растений по отношению к ТМ, и снизить их поток из почвы [249, 416].

По способности поглощать микроэлементы растения делятся на низкобарьерные, среднебарьерные и высокобарьерные. Низкобарьерные растения (химический состав растений слабо изменяется при повышении концентрации ТМ в среде обитания) являются наиболее устойчивыми компонентами биоценоза. Проблеме исследования реакций растительного покрова на техногенное загрязнение на морфофизиологическом уровне свои работы посвятили В. А. Большаков (1978), Г. М. Илькун (1978), В. Б. Ильин (1977, 1980, 1982, 1991), В. С. Николаевский (1979), Д. С. Голод и др.(1988), Е. Р. Вайцеховская (1995), Е. В. Хантемирова (1995).

С. С. Позняк (2010) экспериментально установил, что чем больше микроэлементов с широким интервалом концентраций сочетаются в одном растении, тем больше экологическая амплитуда произрастания данного растения и, как следствие, выше его адаптационные способности в условиях техногенного загрязнения. В. В. Ковальским (1964) и Н. С. Петруниной (1971) были выделены две группы растений: адаптированные к изменению концентраций химических элементов и неадаптированные к нему.

По абсолютному содержанию в растениях ТМ подразделяют на 4 группы:

- элементы повышенной концентрации (Sr, Mn, Zn);
- элементы средней концентрации (Cu, Ni, Pb, Cr);
- элементы низкой концентрации (Mo, Cd, Se, Co);
- элементы очень низкой концентрации (Hg).

Уровень же содержания большинства ТМ в растениях зависит от их кларка [185].

Smilde (1981), изучая фитотоксичность металлов, установил, что первое место в ряду фитотоксичности среди Ni, Cu, Zn, Cr и Pb занимает Cd. При этом было выявлено, что токсичность металлов в чистом виде меньше, чем при сочетании друг с другом [9].

Увеличение концентрации ТМ в почве вокруг промышленных предприятий является причиной обеднения флоры вследствие исчезновения более чувствительных видов. При этом вблизи промышленных предприятий вместо естественных фитоценозов возникает современная «техногенная» флора, ограниченная двумятремя видами, а иногда образуются и моноценозы. В зонах выявленных геохимических аномалий подвижность ТМ в системе почва – растение значительно увеличивается, что приводит к их избыточному накоплению в растениях [6, 165, 354].

Особое беспокойство вызывает накопление ТМ в кормовых культурах, выращиваемых вблизи автомагистралей [318, 538].

А. А. Матвеева (2008) и Е. Л. Воробейчик, П. Г. Пищулин (2009) показали выраженное защитное действие отдельных деревьев и защитных лесных насаждений прилегающей территории от техногенного воздействия.

Я. Т. Суюндуков, З. Б. Бактыбаева, Л. М. Саптарова (2010) изучали влияние загрязненных ТМ вод р. Таналык на содержание ТМ в яблоне домашней, установили, что концентрация металлов в почвах и растениях прибрежной зоны р. Таналык снижается по мере удаления от водоема. По накоплению ТМ органы растений располагаются в порядке возрастания плоды – листья – стебли – корни.

По мнению некоторых исследователей, наибольшей металлоаккумулирующей способностью обладают лишайники [36, 196]. По способности связывать ТМ высшие растения располагаются в следующий ряд: *Bryophyta* > *Pteridophyta* > *Spermatophyta* [514]. Наибольшими металлоаккумулирующими способностями обладают представители семейств *Asteraceae* и *Fabaceae* [39, 235]. Травы, в отличие от других жизненных форм растений, характеризуются более высокими запасами ТМ в подземной массе, следовательно, в процессе отмирания и разложения корневой массы металлы накапливаются в почвах и более длительно участвуют в круговороте веществ [456].

При изучении воздействия ТМ на биоценозы Л. А. Гришина (1988) и С. С. Позняк (2010) установили, что максимально ТМ на-

капливаются в листве, меньше – в ветвях и минимум – в древесине деревьев. Уровни накопления отдельных металлов зависят от вида растения, состава и условий среды обитания, интенсивности техногенного воздействия. Показано, что в однотипных условиях на единицу сухой массы травянистые растения аккумулируют больше ТМ, чем кустарники и деревья. Среди последних лиственные отличаются более высокой аккумуляцией ТМ.

В. П. Фирсова (1997), С. В. Лукин (2007), С. В. Будкина (2011) занимались изучением закономерностей накопления ТМ в сельскохозяйственных растениях в зависимости от содержания их в почве. Выявили максимальное накопление Zn и Cu в зеленой массе редьки масличной, меньше всего накапливала Cd кукуруза на силос.

В исследованиях по транслокации ТМ в основной продукции овощных культур группа исследователей [157, 462] установили, что первое место занимает свекла, второе – картофель, третье – морковь, причем опытные растения больше всего накапливали Zn и Cu, меньше – Pb, пришли к выводу, что, подбирая культуры наименее восприимчивые к ТМ на почвах с избыточным содержанием того или иного элемента, можно получить экологически чистую продукцию.

ТМ по-разному накапливаются в зерне и соломе сельскохозяйственных культур, а Cd, Ni – в концентрациях, превышающих максимально допустимый уровень (МДУ) в том числе (при отсутствии превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) по валовым и подвижным формам ТМ в почве). Поэтому в период заготовки зерна и кормов в первую очередь необходим контроль Cd и Ni. При массовой уборке овощей и картофеля наиболее загрязнены картофель, капуста, свекла, в них накапливались преимущественно Cr > Cd > Pb > Ni. В ранние сроки уборки изучаемые культуры аккумулировали Cd > Cr > Ni. По степени накопления ТМ выше ориентировочно допустимой концентрации (ОДК) культуры можно расположить в следующий ряд: картофель > свекла > морковь > капуста. Устойчивыми к загрязнению являются сорта моркови Данвер, Батекс, Московская зимняя; капуста Подарок. Наибольшее загрязнение ТМ отмечалось по картофелю у растений сорта Зов. Сорта яровой пшеницы, ячменя и овса поразному аккумулируют Zn, Cu, Pb, Cd, Ni. Это позволяет отбирать для выращивания на территориях, подвергающихся техногенному

загрязнению, такие районированные сорта, которые, в минимальной степени аккумулируют ТМ. Они могут служить исходным материалом для дальнейшей селекционной работы по выведению сортов, устойчивых к повышенному загрязнению окружающей среды [470.]

Е. Б. Зубченко, Л. В. Дымова (2006) изучали накопление ТМ в почве и в зерне яровой пшеницы. Показали наибольшее снижение продуктивности яровой пшеницы при загрязнении Pb. Загрязнение Cd и Pb, не оказывая существенного влияния на показатели качества зерна, вызывало увеличение общего азота и, как следствие, увеличение белков, участвующих в детоксикации поступающих в растительные клетки ионов ТМ и играющих, таким образом, защитную функцию.

Действие ТМ на продуктивность трав зависит от вида элемента, наличия подвижных форм и генетических особенностей культур. Наибольшей токсичностью обладает Cd. В отношении физиологически значимых элементов, таких как Zn и Cu, установлен достаточно узкий интервал их положительного действия, при превышении оптимальных количеств влияние микроэлементов ослабевает, в случае избытка они оказывают негативное воздействие на растения. При анализе овощной продукции выяснилось, что Cd более подвижен по сравнению со Pb и вызывает ее загрязнение, за исключением капусты и однолетних трав [19, 82, 301].

Г. Я. Елькина (2010) установила увеличение подвижности ТМ при загрязнении почв и выявила, что превышение МДУ загрязняющих элементов в кормовых травах происходило при более низких концентрациях ТМ в почве, наибольшее угнетение роста кормовых культур наблюдалось под воздействием Cd.

Хром является элементом слабого накопления в растениях: коэффициент биологического поглощения его изменялся в пределах 0,13-1,00 (среднее 0,48). Содержание хрома в надземной биомассе растений степных, луговых и культурных ценозов находится в интервале нормальных концентраций. В фазе колошения растения ячменя очень чувствительны к действию Cr, причем, при повышении дозы удобрений, увеличивалась толерантность ячменя к токсиканту [208, 248]. В исследованиях Р. И. Первуниной (1983) была дана оценка трансформации соединений техногенных металлов в почве и доступность их для растений. Результаты эксперимента показали, что внесение Cd в составе пыли металлургическо-

го предприятия снижает урожайность ячменя на дерново-подзолистой неокультуренной почве при содержании Cd 10 мг/кг, на слабоокультуренной – 20 мг/кг.

На почвах разного типа ТМ при одних и тех же концентрациях оказывают на растения различное действие. Это обусловлено разной кинетикой и превращением этих веществ в почве [435]. В опытах с суглинистой почвой, торфом и черноземом внесение Hg в дозе 10 мг/кг практически не вызывало изменений в элементном составе зерновых. Внесение той же дозы в песчаную почву и супесчаный суглинок привело к накоплению Hg в соломе пшеницы до 5,7 мг/кг сухой массы и невызреванию овса.

Нормирование качества окружающей природной среды и регулирование антропогенного воздействия – центральная идея экологической доктрины РФ (2002) и Федерального закона РФ от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Процедура экологического нормирования в системе природоохранной практики является важнейшим средством регулирования экологически сбалансированного природопользования, широко применяемым как в отечественной, так и зарубежной системе управления качеством окружающей среды. Экологическое нормирование рассматривается, прежде всего, как процесс установления количественных пределов, в которых допускается изменение характеристик качества нормируемого природного объекта [488].

Нормирование ТМ в почве производить тяжелее в связи с тем, что она представляет собой гетерогенную систему в отличие от гомогенных систем (вода, воздух). Так, в зависимости от целей нормирования значения ПДК, ТМ в почве существенно различается у разных авторов [350].

В основе биогеохимического нормирования лежит медико-географический подход. Он основан на натуральных наблюдениях в таких регионах (биогеохимические провинции), где природой созданы условия избытка или недостатка тех или иных химических элементов в природных средах. На основе биогеохимического районирования В. В. Ковальским (1964) установлены пороговые концентрации ряда химических элементов в почвах.

В настоящее время в подходах к нормированию содержания химических элементов в почвах все большее распространение получает экосистемная направленность (экологическое нормирование). Цель экосистемного нормирования состоит в том, чтобы со-

хранить природу в таком состоянии, когда все живые организмы имеют равное право на существование. Задача состоит в том, чтобы проверить, сохраняется ли уровень содержания того или иного вещества при любом антропогенном воздействии на экосистемы в пределах флуктуации его содержания в естественных природных условиях или выходит за эти пределы. Теория экосистемного нормирования последовательна, но методы ее окончательно не разработаны, как и понятия о существенных и несущественных изменениях в экосистеме [165, 412].

Различают следующие виды экологического нормирования в зависимости от уровня: ландшафтное, биотическое, почвенное [325].

Нормирование содержания ТМ в почвах и растениях является важным разделом мониторинга окружающей среды, испытывающей техногенное воздействие. Для почв оно исходит из многообразия их функций (почва – природное тело, объект и средство производства, среда обитания), для растений – учитывает агрономический (урожай) и санитарно-гигиенический (качество урожая) аспекты в производстве растительной продукции [9, 185]. При мониторинге агроландшафтов концентрации ТМ в почве целесообразно определять с интервалом в пять лет в районах с вероятным техногенным воздействием и десять лет – в относительно экологически благополучных фонах [103].

Знание природных концентраций ТМ в почвах и растениях дает возможность судить о состоянии чистоты или загрязненности и принимать меры, направленные на сохранение почвенного плодородия и качества растениеводческой продукции [72, 74]. В. П. Цемко с соавторами (1980) предлагает следующую группировку почв по степени загрязнения: к слабо загрязненным относятся почвы с содержанием элемента от 2 до 10 кларков, к средне – от 10 до 30 кларков, к сильно – свыше 30 кларков.

Нормирование содержания ТМ в почвах и растениях предусматривает установление их предельно допустимых концентраций (ПДК) и фоновых количеств. Под ПДК следует понимать такую концентрацию ТМ, которая при длительном действии на почву не вызывает каких-либо патологических изменений или аномалий в ходе биологических процессов, а также не приводит к накоплению токсических элементов в растениях и, следовательно, не может

нарушить биологический оптимум для животных и человека [9, 185].

Определение ПДК в почвах сводится к экспериментальному определению способности этих веществ поддерживать допустимую для живых организмов концентрацию веществ в контактирующих с почвой воде, воздухе, растениях. Именно поэтому ПДК химических веществ для почв устанавливается не только по общесанитарному показателю (влияние на самоочищающую способность почвы и почвенный микробиоценоз), как это принято для других природных сред, а еще и по трем другим показателям: транслокационному (переход нормируемого элемента в растение), миграционному водному (переход в воду) и миграционному воздушному (переход в воздух) [284, 305].

Классификацию почв по степени загрязнения проводят по ПДК химических веществ в почвах и их фоновому содержанию (ГОСТ 17.4.3.06-86. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ.). По степени загрязнения почвы следует подразделять: 1) на сильнозагрязненные; 2) среднезагрязненные; 3) слабозагрязненные. К сильнозагрязненным относят почвы, содержание загрязняющих веществ в которых в несколько раз превышает ПДК, они имеют низкую биологическую продуктивность, существенное изменение физических, химических и биологических характеристик, в результате чего содержание химических веществ в выращиваемых культурах превышает установленные нормы. К среднезагрязненным относят почвы, в которых установлено превышение ПДК без видимых изменений в составе почв. К слабозагрязненным относят почвы, содержание химических веществ в которых не превышает ПДК, но выше естественного фона.

При нормировании ТМ в системе почва-растение предлагается различать концентрации губительные (летальные), сублетальные или снижающие урожай и толерантные, которые не влияют на рост, развитие и биомассу растений. Следует также выделять концентрации, ведущие к накоплению элементов в растениях до уровня ПДК [172, 173]. При этом, в первую очередь, следует руководствоваться подвижными формами микроэлементов: водорастворимыми, обменными, кислоторастворимыми [9].

В связи с загрязнением агроландшафтов, становится необходимым изучение предельных нагрузок ТМ на растения с учетом

особенностей климата и почв региона [9, 101, 185]. Возрастает актуальность экологической экспертизы почв [472].

Для земель различного функционального назначения критерии оценки экологического состояния должны учитывать особенности воздействия почв каждой зоны на здоровье человека и состояние изучаемого объекта. Так, в агротехногенной зоне предъявляются следующие требования: отсутствие загрязнения сельскохозяйственной продукции выше ПДК, отсутствие токсического воздействия на животный мир, отсутствие поверхностного смыва и выщелачивания в водные объекты, отсутствие превышения ПДК загрязнителей в приземном воздухе за счет вторичного загрязнения почвенной пылью [132].

Изучая степени загрязнения почв в местах размещения отходов, В. М. Шишкунов (2009) выявил, что интегральная оценка возможного загрязнения почв и устойчивость к полиингридиентному воздействию ксенобиотиков, в первую очередь ТМ, для конкретного района должна базироваться на системе показателей, составным элементом которой выступает отношение валовых и подвижных форм ТМ в сопоставлении с региональным фоном и существующими стандартами (ПДК, ОДК).

В. В. Степанок (2001) показал, что причина токсичности ТМ – превышение уровня их допустимого содержания в среде обитания растений – приводит к угнетению их роста и развития. Чем меньше естественное содержание элемента в растении, тем меньше диапазон его допустимых концентраций. Привел эмпирическую формулу, позволяющую прогнозировать предельно допустимое содержание любых элементов в растениях.

Для характеристики загрязнения почв тяжелыми металлами Н. Г. Зырин, Л. К. Садовникова (1985) рекомендуют использовать прямые показатели содержания их в почвах (общее количество; техногенная фракция, растворимая в 1 н HNO_3, содержание в водных вытяжках и в вытяжках солевыми растворами 1 н CH_3COONH_4, 1 н $Ca(NO_3)_2$) и косвенный показатель загрязнения (отношение количества металлов в почве к содержанию в ней органического вещества). Указанные показатели позволяют выявить почвы с различными уровнями загрязнения на техногенно нарушенной территории.

Данные по ПДК многократно уточнялись, дополнялись и к настоящему времени достаточно стабильны. По мнению некото-

рых исследователей, разработанные нормативы для некоторых ТМ выведены эмпирически без учета особенностей химизма природных и техногенных систем, суммарного влияния нескольких токсикантов, они оказались в логическом несоответствии с их фоновым содержанием в почвах. На такие ПДК невозможно ориентироваться, поскольку верхний предел фонового содержания ТМ иногда бывает выше, чем ПДК [33, 135, 154].

В соответствии с современными экотоксикологическими данными нидерландских экологов по степени опасности тяжелые металлы/металлоиды в почве образуют ряд: Se > Tl > Sb > Cd > V > Hg > Ni > Cu > Cr > As > Ba. По мнению Ю. Н.Водянского (2012), этот ряд сильно отличается от ряда опасности тяжелых элементов, зафиксированного общетоксикологическим ГОСТом 17.4.1.02–83. Охрана природы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения, согласно которому к сильноопасным относятся As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, а к умеренноопасным – Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr. По сравнению с общетоксикологическим подходом в почвах опасность Pb, Zn, Co снижается, а опасность V, Sb, Ba возрастает. Отличается новый ряд и от ряда опасности металлов в почвах согласно Российскому нормативу предельного содержания подвижных форм металлов (ПДК подв.): Cu > Ni > Co > Cr > Zn. Для сильноопасных Tl, Se, V в России нет ни ПДК подв., ни ОДК подв. Содержание в загрязненных почвах тяжелых металлов изучено очень неравномерно: лучше изучены 11 из них: Cu, Zn, Pb, Ni, Cd, Cr, As, Mn, Co, Hg, Se; остальные 46 изучены гораздо хуже, хотя среди них имеются опасные: Ba, V, Tl.

Многолетние исследования [439] показали, что содержание ТМ часто превышает уровни ПДК в растениях, тогда как в почвах оно ниже ПДК. В разработке ПДК содержания ТМ в почвах и сельскохозяйственных культурах недостаточно полно оценена буферность почв по отношению к ТМ и совсем игнорируется барьерная роль растений. В связи с этим, В. Б. Ильин (2007) высказал мнение, что современные экологические нормативы, опирающиеся на валовое содержание ТМ в почве, малопригодны для прогноза качества растительной продукции.

На следующем этапе для ряда химических элементов были разработаны ОДК этих элементов для почв, различающихся по важнейшим свойствам (по кислотности и гранулометрическому составу). Разработаны они были не на основе стандартизованного

экспериментального метода, а на обобщении имеющихся сведений о взаимосвязи между уровнем нагрузки на почвы, состоянием почв и сопредельных сред.

В основу группировки почв по устойчивости к ТМ, в первую очередь, положены их кислотно-щелочные условия, а также было принято во внимание распространение основных геохимических ассоциаций почв на территории России. Наибольшую площадь распространения имеют геохимические ассоциации почв с кислой и нейтральной реакцией среды с подразделением на 2 группы:

1) почвы с очень кислой и кислой реакцией (pH водной вытяжки < 5);

2) почвы со слабокислой и нейтральной средой (pH 5-7) [165, 324].

Кроме того, важен учет гранулометрического состава, особенно для почв первой группы, которые были разбиты на две подгруппы по гранулометрическому составу:

1) песчаные и супесчаные почвы, обладающие наименьшей устойчивостью к загрязнению;

2) суглинистые и глинистые почвы, относительно более устойчивые к загрязнению [165].

А. А. Понизовский, Д. Л. Пинский, Л. А. Воробьева (1986) ввели понятие «эффективные фазы почвы», как совокупность составляющих почвенной массы, для которых характерен определенный тип взаимодействия с почвенным раствором. Опираясь на это понятие, Д. Л. Пинский (1990) разработал схему, которая показывает значение физико-химических процессов в управлении поведением токсических веществ в системе почва-растение и позволяет их учесть при оценке действия токсикантов на биотические компоненты системы.

Поскольку общее содержание ТМ в почве не показывает степени опасности загрязнения, был введен суммарный показатель загрязнения почвы. Он рассчитывается по формуле:

где K_{ci} – коэффициент концентрации i-го элемента в пробе, n – число учитываемых элементов.

Суммарный показатель загрязнения почвы отражает степень опасности загрязнения почв комплексом элементов [332].

Некоторые исследователи придерживаются мнения о том, что в расчет суммарного показателя загрязнения почвы для более объективного результата необходимо ввести поправки. Так, А. В. Мороз (2001) предложил усовершенствовать расчет суммарного показателя загрязнения почвы ТМ (Z_c) за счет ввода поправочных коэффициентов, учитывающих порайонные особенности почв (тип, гранулометрический состав, степень окультуренности). М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова, В. И. Титова (2011) ввели интегральный показатель (приведенный суммарный коэффициент концентрации), учитывающий информацию о содержании в почве токсических элементов, их фоновом значении и санитарно-гигиенических нормативах.

Накопление тяжелых металлов в растении происходит вследствие увеличения их содержания в окружающей природной среде. Поступление тяжёлых металлов в растения представляет собой сложный процесс, зависящий от комплекса факторов: эдафических, экологических, биологических.

Два основных источника, из которых растения могут поглощать тяжёлые металлы – это почва (через корни) и воздух (атмосфера, через листья) [314, 339, 399].

Из почвы в растения элементы поступают корневым путем за счет двух механизмов: пассивного (неметаболического) переноса ионов в клетку в соответствии с градиентом их концентрации и активного (метаболического) процесса поглощения клеткой против градиента концентрации [517, 528]. Из атмосферы катионы тяжёлых металлов проникают в листья через устьица или кутикулу, далее они могут транспортироваться в корни, побеги и другие органы растения [338, 524, 556,].

Основные места локализации тяжелых металлов: в листья, окончаниях транспортирующих путей, поврежденные эпидермальные клетки, трихомы, гидатоды, окончания ксилемных сосудов. Основное количество тяжелых металлов в корне локализуется в стенках клеток ризодермы и первичной коры. В центральном цилиндре они находятся, главным образом, в сосудах ксилемы и их стенках, а так же в паренхимных клетках, которые окружают сосуды ксилемы. При этом, особенностью перераспределения тяжелых металлов является не только их основное содержание в корнях, но и связывание их большего количества с карбоксильными группами уроновых кислот слизи на поверхности корней.

Поглощение корневой системой и последующее распределение тяжелых металлов сводится к следующим этапам: обогащение ионами свободного пространства апопласта, происходящее за счет адсорбции; преодоление мембранного барьера и проникновение ионов в симпласт; радиальное передвижение по тканям корня и сосудистым проводящим путям; перераспределение по различным органам и частям органов растения, движение из корней в надземные органы растения.

Поглощение тяжёлых металлов корневой системой осуществляется посредством физико-химической адсорбции, а также за счёт неметаболического связывания ионов металлов активными участками клеточной стенки и апопласта [534, 525]. Cd, Zn, Cu и некоторые другие металлы поступают в корни посредством процессов обменной адсорбции [541].

В процессе поступления и транспортировки тяжелых металлов в растения выделено несколько этапов: накопление ионов металлов в свободном пространстве корня; преодоление ионами мембранного барьера и их проникновение в симпласт; радиальное передвижение ионов по тканям корня и сосудистым проводящим пучкам.

Этапы поглощения металлов связаны с затратой энергии с участием ионных каналов и белков переносчиков. Помимо симпластного пути ионы тяжелых металлов могут передвигаться и по апопласту до поясков Каспари.

Предполагается, что определенную защитную функцию в корнях могут выполнять клетки пояска Каспари, препятствующие движению вещества по межклеточному пространству и ограничивающие его переход в проводящие ткани. Радиальный транспорт ионов тяжелых металлов по тканям корня до сосудов ксилемы может осуществляться как по апопласту, так и по симпласту. Известно, что апопластный путь движения катионов металлов возможен в тех областях корня, где отсутствуют пояски Каспари, например, в зоне меристематических клеток, в начале зоны растяжения и в начале зоны появления корневых волосков [272, 487, 535].

На поступление тяжелых металлов из почвы в растения оказывает влияние следующие факторы: механический состав почвы, химический состав почв, pH почвенного раствора, взаимодействие металлов, температура почвы и воздуха, валентность элемента, его

физико-химические свойства, биологические особенности вида, возраст растений, сезон года.

Существует ряд работ, касающихся распределения Ni в надземных органах растений гипераккумуляторов [526, 543, 499] и распределения Pb по тканям подземных органов ряда видов [516, 558, 554, 520].

Проанализирована роль отдельных тканей корня и побега в распределении металлов на примере как однодольных (Zea mays), так и двудольных (Lupinus rubrum, Thlaspi perfoliatum, Thlaspi caerulescens, Amaranthus caudatus) растений, относящихся, кроме того, к разным стратегиям: исключателям и гипераккумуляторам.

Путь по свободному пространству и пассивное поглощение имеют большое значение при поступлении тяжелых металлов, особенно при повышенных концентрациях их в среде. На основании имеющихся данных о поступлении тяжелых металлов в растения можно предположить, что соотношение активных и пассивных процессов поглощения зависит от их концентрации. Разные растения по-разному реагируют на одну и ту же концентрацию тяжелых металлов в среде. Аккумуляторы – активно накапливают металлы в своих тканях. Индикаторы пропорционально поглощают тяжелые металлы соотносительно их концентрации в окружающей среде, а исключители поддерживают низкую концентрацию металла или металлов, несмотря на их более высокую концентрацию в среде.

В большей степени тяжелые металлы накапливаются в корнях. Затем их содержание уменьшается в ряду: корни > листья > стебли > соцветия > семена [398].

Обнаружено, что общее содержание тяжелых металлов в органах растений зависит от двух процессов: активности поглощения металла клетками корня и эффективности его перемещения по растению, где важную роль играет радиальный транспорт ионов [505].

С точки зрения минерального питания тяжелые металлы можно разделить на две группы: необходимые в незначительных концентрациях для метаболизма растений (Fe^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Mn^{2+}, Mo^{2+}), которые становятся токсичными, если их содержание превышает определенный уровень и не участвующие в метаболизме растений (Pb^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}), которые токсичны даже в очень низких концентрациях[549]. Пассивный транспорт тяжелых металлов в

клетку осуществляется посредством катионных неселективных каналов трех видов: 1) кальциевых каналов, активируемых деполяризацией мембраны (DACC – depolarization-activated calcium channels); 2) кальциевых каналов, активируемых гиперполяризацией мембраны (HACC – hyperpo-larization-activated calcium channels) и 3) катионных каналов, не чувствительных к изменению электрического потенциала (VICC – voltage-insensitive cation chanels) [509, 531, 555, 557].

Активный транспорт тяжелых металлов в клетку происходит с участием специальных белков-переносчиков. В последние десятилетия достигнут значительный прогресс в идентификации трансмембранных транспортеров металлов, что отражено в целом ряде работ, в том числе обзоров [523, 511]. Он осуществляется посредством диффузии через клеточные стенки и внутриклеточное свободное пространство [280]. Вклад апопласта в поступление токсичных ионов в проводящие сосуды, как полагают, невелик, при этом он возрастает с увеличением концентрации металла в субстрате [544]. Однако, экспериментальных данных по этому вопросу крайне мало.

Защитные механизмы от поллютантов у растений ограничивают проникновения тяжёлых металлов в клетку (иммобилизация ионов металлов в клеточной стенке, торможение транспорта ионов через плазмалемму, выделение их из клетки в окружающую среду) [32, 131, 521]. В результате растение избегает их токсического влияния на внутриклеточные процессы. Кроме того, при высоких уровнях загрязнения запускаются внутриклеточные механизмы, к которым относятся образование комплексов тяжёлых металлов с различными лигандами.

Возможно регулирование корневого поступления металлов в растения при помощи механизмов, уменьшающих концентрацию ТМ на наружной поверхности мембраны клеток корня. В результате этого в клетку попадает меньшее количество металлов. Так, Moreletal (1986) показали, что связывание Cd^{2+} слизью, выделяемой кончиками корней кукурузы, снижало его концентрацию в плазмолемме.

В условиях выпадения значительных количеств тяжёлых металлов из атмосферы существенную роль в загрязнении растительного организма начинает играть фолиарное поступление токсикантов. Исследования, проведённые с такими культурами как

ячмень, морковь, капуста, рожь и пшеница, показали, что 20-60% от общего содержания кадмия в растении может поступать через листья из атмосферных осадков, загрязнённых металлами.

В исследованиях А. Н. Нестеровой (1989), И. О. Плехановой и А. И. Обухова (1992) показано, что вблизи промышленных предприятий фолиарное поглощение кадмия и цинка может даже превышать их корневое поступление.

Показано, что свинец при незначительных его концентрациях плохо проникает в листья и слабо в них передвигается [536]. Эпидермис и кутикула в этом случае являются надёжными барьерами. В работахО. М. Лепневой и А. И. Обухова (1987) отмечено, что в условиях сильного загрязнения до 50% свинца, содержащегося в воздухе, может попадать в растение через листья.

Способность листьев поглощать тяжёлые металлы зависит также от особенностей их строения. В листья, имеющих опушённую или шероховатую поверхность, металлы из атмосферы поступают более интенсивно [518]. По данным Cakmaketal (2000), именно особенностями строения и биохимического состава кутикулы и эпидермы преимущественно объясняются существующие видовые различия между растениями по накоплению тяжёлых металлов листьями.

Попадающие из атмосферы на лист соединения тяжелых металлов удерживаются на нём в виде поверхностных отложений, а часть их может быть вымыта дождевой водой [225]. Для разных элементов характерна неодинаковая эффективность вымывания. Например, свинец по сравнению с кадмием, легко удаляется атмосферными осадками с поверхности листа [201].

Тяжёлые металлы могут транспортироваться в растении в виде катионов [546], а также в виде различных комплексных соединений, например, аминокислотами (аспарагином, глутамином, гистидином) [541], либо с органическими кислотами (лимонной, фумаровой, малоновой) [547]. Установлено также, что дальний транспорт тяжёлых металлов у растений может происходить и по сосудам флоэмы в системе органов донор-акцептор [501]. Флоэмный транспорт изотопов ^{109}Cd и ^{65}Zn обнаружен у растений пшеницы: из листьев в цветки и плоды [524, 542], а также от листа к листу или корню [501, 524, 539]. У растений разных видов скорости поглощения и транспорта металлов различаются, и это является одной из причин, определяющих видовые особенности их нако-

пления и распределения по органам [501]. Мощным барьером на пути транспорта тяжёлых металлов в надземные органы растений служит корневая система. Барьер апопластического транспорта включает в себя слой клеток протодермы с прилегающими клетками меристемы и эндодерму, а барьер симпластического транспорта составляют клетки центральной части апикальной меристемы [399, 542, 558]. Наряду с корневым, у растений существуют другие физиологические барьеры, где возможно связывание тяжёлых металлов. Это барьеры на границе корень – стебель и стебель – репродуктивные органы [222, 405, 185]. Известно, что при возрастании концентрации тяжёлых металлов во внешней среде повышается их концентрация не только в корнях, но и в надземных органах – стеблях и листьях.

Растения, относящиеся к разным семействам, заметно различаются по способности накапливать тяжёлые металлы. В зависимости от вида растений содержание в них тяжёлых металлов может изменяться во много раз (до 100 и более) [355]. Для культурных растений, как правило, харатерно более низкое накопление металлов, чем для дикорастущих видов тех же семейств [224]. Разные виды растений, а также сорта одного вида различаются по способности накапливать тяжёлые металлы даже при одной и той же концентрации в почве [519, 530, 560]. Например, в условиях техногенного загрязнения у лиственных пород деревьев (берёза, рябина) содержание цинка, кадмия и свинца во всех органах растений значительно выше, чем у хвойных (сосна) [455]. При выращивании овощных культур на загрязнённых кадмием почвах концентрация металла в листьях салата, шпината, сельдерея и капусты оказалась выше, чем в листьях томата, кукурузы, бобов и гороха [510]. Для ягодных культур вопросы поступления ТМ из окружающей среды и транспорта в растении изучены мало.

Специфичность в отношении поглощения ТМ и устойчивость к их действию, позволили разделить их на три группы [10, 398, 495, 498]. К одной из них относятся растения-аккумуляторы, которые в процессе эволюции, произрастая на почвах геохимических аномалий, сформировали конститутивные механизмы устойчивости к действию ТМ. Это позволяет им аккумулировать токсичные элементы в метаболически инертных органах и органеллах или включать их в хелаты, тем самым переводя в физиологически безопасные формы. Подобные виды растений начинают активно

использовать для разработки технологий биологической очистки загрязненных территорий. Вторая группа – растения-индикаторы, содержание металла в которых соответствует таковому в почве. И третья, растения-исключатели, обладающие способностью к поддержанию низкой концентрации металлов в растительных клетках, несмотря на высокую концентрацию в окружающей среде.

Видимыми симптомами, вызванными повышением содержания кадмия в растениях, являются задержка роста, повреждения корневой системы, хлороз листьев, а также красно-бурая окраска края листа [398, 532]. Известно, что наличие этого металла в почвенном растворе влияет на прорастание семян, хотя и в меньшей степени, чем на рост проростков [263]. Этот эффект обусловлен низкой проницаемостью семенной кожуры для кадмия.

Влияние ТМ на корневую систему выражено в большей степени, по сравнению с побегами [203]. Так, в условиях действия кадмия отмечалось значительное ингибирование роста главного корня проростков относительно образования боковых корней, в меньшей степени подверженных действию поллютанта, в результате чего корневая система приобретала компактную форму [408, 413]. Имеются и данные другого порядка, когда в присутствии кадмия подавление роста побега было выражено в большей степени по сравнению с корнем, хотя корень накапливал кадмий в более высоких количествах [503, 559].

Органоспецифичность действия этого металла проявлялась и в культурах клеток чайного растения, инициированных из корня, стебля и листа [164]. Ингибирование роста растений при действии поллютанта может быть следствием снижения скорости как деления, так и растяжения клеток. В основе этого явления могут быть уменьшение оводненности тканей, удлинение митотического цикла, нарушение эластичности клеточных стенок и формирования микротрубочек [398]. Изучение влияние кадмия на рост и структуру стебля растений льна-долгунца показало, что присутствие поллютанта в почве способствовало более быстрому онтогенетическому развитию растений, изменению их морфометрических параметров, формы лубяных пучков, «дезориентации» клеток элементарных волоконец и усилению их лигнификации [112]. В процессе ассимиляции кадмия из почвы в ткани надземных частей растений (посредством корневой системы) отмечалось его поступление только во вновь приросшие участки листовой пластины без

дальнейшего распределения в других тканях и органах, что характерно и для некоторых биогенных элементов [188, 479].

Важный аспект миграции кадмия внутри растений заключается в том, что скорость его поступления в листья значительно меньше потенциальной скорости его оттока из листьев, поскольку приток осуществляется путем медленной конвективной диффузии по ксилеме, а отток по флоэме, путем быстрого конвективного тока в составе ассимилятов [550]. Наряду с поглощением ионов кадмия из почвенного раствора, существует путь его внекорневого поглощения растениями, с возможным последующим выведением в атмосферу путем транспирации [209]. Причем поглощение осуществляется из аэрогидрозольных частиц техногенных выбросов наружной поверхностью листа, а также подустьичными полостями и межклетниками мезофилла листовой пластины [61]. Следует отметить, что количество кадмия в надземных органах растений зависит от их генотипа и может варьировать даже у представителей одного вида [496, 513].

В современных условиях важнейшей проблемой является необходимость разработки и применения экономичных и эффективных технологий на территориях, подвергшихся техногенному загрязнению.

Эффективными агромелиоративными мероприятиями в земледелии служат внесение оптимальных доз извести, органических и минеральных удобрений; подбор высокоурожайных сортов культур, устойчивых против болезней и вредителей, накапливающих минимальное количество ТМ; внесение природных мелиорантов длительного срока действия; разработка оптимальной системы защиты сельскохозяйственных культур.

Для очистки почв и грунтов, загрязненных ТМ, применяют интенсивные и экстенсивные технологии. Интенсивные – довольно дорогостоящие и, кроме этого, некоторые из них нарушают почвенное плодородие. Так, кардинальным способом мелиорации техногенно загрязненных почв является удаление ТМ из корнеобитаемого слоя почвы путем срезки плодородного слоя почвы и его захоронения или его глубокой плантажной вспашки. Экстенсивные технологии рассчитаны на более длительный промежуток времени и не требуют больших энергетических затрат [4, 464].

Основными приемами детоксикации почв являются:

1. Закрепление ТМ в почве путем перевода их в недоступное для растений состояние агротехническими приемами.

2. Выбор способа использования земель и подбор устойчивых видов и сортов растений.

3. Комплексная рекультивация (агрохимические, биологические способы, промывка почв, вплоть до удаления и перемещения загрязненной почвы) [415, 464].

Методы химической мелиорации почв, загрязненных ТМ, основаны на переводе катионов металлов в слабодоступные растениям формы или в подвижные соединения с последующим выщелачиванием:

1. Известкование – один из наиболее распространенных способов химической мелиорации почв. Это прием мелиорации кислых почв, т. е. он универсален и носит зональный характер [157, 326, 327, 411].

2. Внесение органического вещества. Очень распространенный прием, который приводит к адсорбции катионов и анионов, повышает буферность почв, понижает концентрацию солей в почвенном растворе [157, 411, 412, 416].

3. Глинование легких почв глинами, содержащими алюмосиликаты типа монтмориллонита. Очень затратное, технологически трудновыполнимо, редко применяют.

4. Внесение ионообменных смол, которые содержат карбоновые и гидроксильные группы, очень дорогой [464].

5. Внесение минеральных удобрений оптимизирует питание растений биогенными элементами, тем самым усиливая их физиологические барьерные функции и снижая поток ТМ из почвы в растения. Особенно, обогащение почв растворимыми соединениями ортофосфорной кислоты, которые, с одной стороны, повышают содержание фосфора в почве, с другой – способствуют образованию нерастворимых солей ТМ [96, 160, 416,].

Кроме того, в литературе описаны примеры использования природных адсорбентов для детоксикации ТМ. Так, эффективную возможность коррекции содержания ТМ в системе «почва-растение-животное» показали А. Х. Яппаров, А. М. Ежкова, Р. Ф. Набиев (2003) путем внесения бентонита в почву и корм скота. С. И. Цыганок (2006), Я. Т. Суюндуков и Г. Е. Исламгулова (2010) рекомендуют природные цеолиты как средство для

получения экологически чистой продукции в условиях естественного фонового и техногенно-повышенного загрязнения почв.

Изучением влияния известкования, внесения минеральных и органических удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы занимались С. Ю. Шаркова, Е. В. Надежкина (2009), показали, что применением различных агротехнических и мелиоративных приемов можно направленно регулировать химический состав зерна пшеницы, выращенной на техногенно загрязненной почве.

Фиторемедиация (очистка и восстановление почв с помощью растений) входит в группу экономически выгодных и экологически оправданных экстенсивных методов, применяемых в условиях загрязнения ТМ. Простота и дешевизна фиторемедиации заключается в использовании обычных агротехнических приемов для выращивания растений на загрязненных участках, сохранении целостности почвенного покрова участка. Кроме того, растения предотвращают перенос загрязнителей с ветром, дождем и грунтовыми водами с загрязненных участков в другие области [9, 94, 135, 553, 556,].

В основе концепции фиторемедиации лежат несколько механизмов. M. Labrecque и R. Lefebvre (2006) по физиологическим свойствам растений и характеристикам сред, подвергающихся обезвреживанию, выделяет следующие виды фиторемедиации:

1. *Фитоэкстракция* опирается на формирование комплекса почва-растение-атмосфера, где вещество проходит из почвы в корни растений, чтобы затем быть переведенным в надземные части (стебли, листья и т.д.). Скашивание надземных частей растений позволяет постепенно выгрузить из почвы загрязняющие вещества [94].

2. *Ризофильтрация* – это процесс, аналогичный фитоэкстракции, обычно применяется во влажных условиях и использует водные или полуводные растения. Этот подход опирается на способность корней некоторых растений поглощать металлы из водных растворов и, таким образом, фильтровать [165, 548].

3. *Фитодеградация* более применима к органическим загрязнителям почв, таким как нефть и водный раствор смол (ВРС). В этом случае, растения способствуют разложению сложных соединений до более простых молекул, менее вредных для окружающей среды. Корни некоторых видов растений выделяют вещества,

способные разложить такие загрязнители. Кукуруза (*Zea Mays*), в частности, обладает такой способностью [165, 529].

4. Растения могут также способствовать улетучиванию загрязняющих веществ в атмосферу и осуществлять, таким образом, *фитоволатилизацию*. Некоторые из органических и неорганических загрязняющих веществ, представленных в почве, могут испаряться растениями за счет транспирации через устьица и выбрасываться в атмосферу [165, 529].

5. *Фитостабилизация* является пассивным методом, поскольку растения снижают растворимость ТМ и уменьшают т. о. их миграцию в почве. При применении этого метода обеззараживания участка не происходит, но выражено снижение опасности ТМ и других загрязняющих веществ для здоровья человека и окружающей среды.

Фиторемедиация эффективна только на участках с низким и средним уровнем загрязнения. Растения способны очищать почву на глубину роста своих корней. Таким образом, деревья и кустарники очищают почву на большую глубину, чем травянистые растения. Фиторемедиационный потенциал растений зависит от метаболической активности (при разложении) или от концентрации токсикантов в органах растений и массы последних (при накоплении) [165, 185, 548].

В. Ф. Дричко (2006) показал, что эффективность фитоэкстракции ТМ из почвы пропорциональна произведению коэффициента накопления на массу урожая растений.

Растения, которые используются для извлечения ТМ из загрязненных почв, должны отвечать ряду требований: толерантность к высоким концентрациям металлов, способность поглощать и аккумулировать несколько металлов одновременно в высоких концентрациях, эффективно их транспортировать из корневой системы в надземную пожинаемую биомассу, отличаться высокой скоростью роста и производить большую биомассу, иметь глубоко разрастающуюся корневую систему, высокую сопротивляемость к болезням и вредителям, быть отзывчивыми к обычной агротехнике, удобными для уборки и несъедобными для домашних и диких животных, чтобы не вызывать случаи отравления и загрязнения пищевых цепей насыщенной ТМ надземной биомассой [94, 165, 185].

Время, требуемое для очистки загрязненной территории с помощью растений зависит от нескольких факторов:

• видового состава растений и их плотности (численности);

• типа и интенсивности загрязнения;

• размера и глубины загрязненной области;

• типа почвы и климатических условий [165,185].

M. Labrecque и R. Lefebvre (2006) выделяет следующие виды растений, которые применяют в фиторемедиации:

1. Растения-гипераккумуляторы – растения, способные концентрировать в своих тканях ТМ в количестве, обычно токсичном для большинства растений (до 5% от их сухого веса), и при этом нормально расти и развиваться. Эти растения, как правило, произрастают в местах геохимических аномалий естественно богатых ТМ. Так, *Thlaspi*, из семейства *Brassicaceae,* известны по своему сродству с цинком, кадмием и никелем. Индийская горчица (*Brassica juncea*) часто используется для фитоэкстракции свинца и меди. Для борьбы с загрязнением почв Cd целесообразно выращивать дурман обыкновенный, Cu – губастик желтый (*Mimulus*), гречиха и черные бобы характеризуются высоким выносом Cu, Zn, Pb, Cd. В своих исследованиях Л. В. Кирейчева, Ю. А. Мажайский, А. В. Ильинский (2003) показали возможность использования овса в качестве фитомелиоранта [165, 185, 192].

2. Растения с интенсивным ростом (ивы и тополя). Благодаря таким свойствам как быстрый рост, уникальная способность к вегетативному размножению (черенками) и потенциальная возможность пускать побеги после сильной обрезки, эти виды показали большую производительность на участках, загрязненных Zn, Pb и Cd. Фактически, процентное содержание ТМ в тканях ив и тополей (рода *Salix* и *Populus*) иногда может быть ниже, по сравнению с таковым у видов-гипераккумуляторов, но их большое количество биомассы является гарантом того, что количество ТМ, присутствующее в тканях стеблей и корней, очень существенно [383]. Используя ивовые для фиторемедиации, R. Kozlowski (1999) с соавторами выяснил, что выращивание ивы на загрязненных землях сокращало на 20% количество доступного кадмия. Данные Н. В. Прохоровой (1998) показывают, что тополя и ивы в условиях Самарской области являются активными накопителями ТМ.

Микоризные грибы. С целью повышения способности растений захватывать большое количество загрязняющих веществ из

почвы совсем недавно были исследованы новые методы, использующие свойства микоризных грибов. Этот подход представляется перспективным, поскольку микоризные грибы могут посредством симбиоза с растениями существенно увеличивать объем очищенных почв. Микоризный симбиоз помогает растениям противостоять засухе и грибковым заболеваниям. Использование микоризы может не только оказать влияние на интенсивность поглощения загрязняющих веществ растений-гипераккумуляторов, но и на их способность адаптироваться и выживать в суровых условиях, которые характеризуют в целом загрязненную окружающую среду [471].

Проведенный анализ литературных данных позволил определить некоторые ключевые моменты технологии фитоэкстракции ТМ из загрязненных почв, а именно:

1) подбор среди культурных или местных диких растений видов, производящих большую биомассу и максимально аккумулирующих ТМ в надземной биомассе без выраженных признаков фитотоксичности, т.е. при умеренных концентрациях металлов [165, 548].

2) сокращение времени очистки почвы от ТМ достигается путем внесения в нее, по достижении оптимальной биомассы выращиваемых сельскохозяйственных культур, эффекторов фитоэкстракции, главным образом, хелатообразующих агентов, способствующих многократному увеличению накопления металлов в пожинаемой надземной биомассе [4, 5, 93].

3) пути утилизации последней выражаются в форме рекуперации из загрязненной биомассы ценных цветных металлов или ее использования в качестве биотоплива [9, 94, 135, 165].

Таким образом, мероприятия по ликвидации вредного воздействия ТМ на почвенный и растительный покров сводятся к предотвращению загрязнения ТМ окружающей среды в процессе производства, удалению или захоронению загрязненного горизонта почвы, внесению в почву различных химических веществ, способствующих превращению ТМ в недоступные для растений соединения, а также к выращиванию естественно устойчивых к высокому содержанию в почве ТМ растений и созданию таких растений путем селекции [165].

На загрязненных землях, где возделывание пищевых или кормовых растений не рекомендовано, может оказаться экономически

приемлемым разведение цветов, выращивание технических и лесных культур [185].

Преобразование природной среды, связанное с отведением лесных, сельскохозяйственных и других земель под технологические объекты нефтепромыслов, приводит к их качественным изменениям [59]. Для почвенного плодородия опасны последствия, обусловленные техногенным загрязнением почв продуктами нефтедобычи и тяжелыми металлами [207].

С позиций химии нефть – сложная, исключительно многокомпонентная взаиморастворимая смесь газообразных, жидких и твердых углеводородов различного химического строения с числом углеродных атомов до 100 и более, с примесью гетероорганических соединений серы, азота, кислорода и некоторых металлов. По химическому составу нефти различных месторождений весьма разнообразны. Менее всего колеблется элементный состав нефтей: 82,5-87 % углерода; 11,5-14,5 % водорода; 0,05-0,35, редко до 0,7 % кислорода; до 1,8 % азота и до 5,3, редко до 10% серы. Кроме названных, в нефтях обнаружены в незначительных количествах очень многие элементы, в т.ч. металлы: Ca, Mg, Fe, Al, Si, V, Ni, Na и др. [149, 387].

В почвенном покрове нефтедобывающих районов выделяются следующие основные типы нарушений почв: нефтезагрязненые (замазученные), техногенно засоленные, скрытнозамазученные, почвы смешанного типа загрязнения и перерытые [97, 461].

Большой объем добычи, переработки и, особенно, утилизации углеводородов (УВ) вызвал массу экологических проблем, вынуждающих оценивать экологические риски, связанные с их освоением. Прежде всего, нефти приносят существенный ущерб, механически и химически загрязняя окружающую среду. Разрушаются и угнетаются трофические цепи в биоценозах. Особенно это видно в местах интенсивных нефтезагрязнений: при прорывах нефтепроводов, авариях танкеров, нефтяных платформ и пр. УВ загрязняют почвы и подземные воды на промыслах, вблизи НПЗ и ТЭС, транспортных терминалов, нефтебаз [149].

Вне активных экологических исследований остаются месторождения, сырьё которых потенциально токсично не столько по УВ соединениям: фенолам, бенз-(а)-пиренам и пр., сколько по составу компонентов-примесей, таких как тяжёлые и радиоактивные металлы, мышьяк и др. Их влияние на окружающую среду

проявляется в основном при переработке и утилизации сырья, причём последствия их рассеяния в окружающей среде остаются визуально незамеченными, что делает такое сырьё значительно более опасным [489].

В России становится все меньше легкоизвлекаемых запасов нефти и все больше трудноизвлекаемых. Рост нефтепотребления и увеличения запасов тяжелой металлоносной нефти ставит перед обществом социально-экологические проблемы, связанные с защитой окружающей среды. Вынужденный переход к широкомасштабному освоению тяжелой металлоносной нефти с неблагоприятными экологическими свойствами усиливает ее негативное влияние на окружающую среду, особенно в индустриально развитых густонаселенных регионах.

Тяжелые нефти обогащены металлами-примесями, например, ванадием и никелем и др., с ярко выраженными токсическими свойствами. Известно, что в тяжелых нефтях содержание ванадия и никеля сопоставимо с концентрацией их в рудах, а в остаточных нефтепродуктах (мазутах, коксах, гудронах, песках и асфальте) в 2-4 раза больше. Своевременное изучение и учет уровней природной и технологической обогащённости тяжелой нефти металламитоксикантами может предотвратить или хотя бы уменьшить влияние на окружающую среду. Необходимым и достаточным для этого является наличие информации о составе и содержании металлов в нефти, что позволит своевременно принять защитные меры ещё на стадии выбора технологий добычи, переработки и утилизации токсоопасного углеводородного сырья. Так же знание свойств нефти особенно важно при прогнозе последствий аварийных ситуаций [494].

Учитывая изложенное, становится понятной необходимость изучения распространения месторождений тяжелой нефти с наиболее высокими концентрациями ванадия и никеля, как основных токсоопасных и биологически активных элементов, сравнительный анализ состава и физико-химических свойств тяжелой металлоносной нефти в наиболее крупных по запасам нефтегазоносных бассейнах (НГБ) России [494].

Все объекты нефтедобывающего комплекса можно разделить на осуществляющие транспортировку нефтепродуктов (трубопроводы) и объекты, предназначенные для добычи нефти, очистки и

подготовки нефти для последующей транспортировки на нефтеперерабатывающие заводы.

Добыча нефти осуществляется из эксплуатационных нефтедобывающих скважин, сгруппированных в КС (кусты скважин) – обвалованные площадки, на которых расположены устья нескольких скважин. Продукция всех скважин по нефтепроводу подается на дожимные насосные станции (ДНС) – предназначены для первой ступени сепарации нефти от газа, подачи газа для сжигания на факел и перекачки жидкости по нефтепроводу нефтесборным коллекторам на УППН (установка первичной подготовки нефти) [60].

Назначение УППН – подготовка нефти товарного качества путем переработки нефтяной эмульсии (обезвоживания и обессоливания) и откачка товарной нефти в систему магистральных трубопроводов для дальнейшей транспортировки.

Нефть и нефтепродукты рассеиваются в окружающей природной среде повсеместно, так как в современном мире нет такой области хозяйственной деятельности человека, где бы они не использовались. В области, свободной от хозяйственной деятельности человека (заповедники, труднодоступные территории), углеводороды транспортируются с воздушными и водными потоками. Глобальное или региональное рассеяние углеводородов происходит, как правило, из суммы источников, находящихся иногда на значительных расстояниях и мало связанных между собой [89].

Главные потенциальные источники загрязнения природной среды нефтью и нефтепродуктами – это нефтепромыслы, нефтепроводы, нефтеперерабатывающие предприятия, нефтехранилища, наземный и водный транспорт, перевозящий нефтепродукты.

Наиболее распространенный и менее всего управляемый источник – нефтепроводы, по которым перекачивается сырая и товарная нефть, а также различные жидкие нефтепродукты. Нефтепроводы густой сетью располагаются в нефтедобывающих районах, их нитки протягиваются через всю страну, пересекая реки, каналы, горные хребты. Аварии нефтепроводов часто случаются вблизи рек, которыми нефть разносится на большие расстояния [89]. На территориях нефтепромыслов главными источниками загрязнения являются эксплуатационные и разведочные скважины, из которых происходят аварийные выбросы. На отдельных промыслах число таких скважин достигает нескольких сот. На

нефтепромыслах имеются и другие источники загрязнения: трубопроводы, сборные пункты, хранилища, пункты подготовки нефти.

В зависимости от положения нефтепромысла в ландшафтно-геохимической системе потоки нефти и нефтяных вод могут захватывать и смежные территории.

Нефтеперерабатывающие предприятия и заводы (НПЗ) и нефтехранилища – локальные источники загрязнения. Они загрязняют среду главным образом через атмосферу и сточные воды. Единовременные выбросы на почву при этом относительно невелики, но их постоянное действие создает вокруг значительный ареал устойчивого загрязнения [89].

При попадании нефти в почву в ней происходят глубокие и часто необратимые изменения морфологических, физических, физико-химических, микробиологических свойств, а иногда и существенная перестройка всего почвенного профиля, что приводит к потере загрязненными почвами плодородия и выведению загрязненных территорий из сельскохозяйственного использования. В результате разлива нефти высокомолекулярные продукты ее деградации образуют на поверхности почвы, весьма устойчивые к разложению, корочки. В процессе просачивания смолисто-асфальтовые компоненты нефти сорбируются большей частью верхними горизонтами почв, прочно цементируя их, что ухудшает водно-воздушные свойства почв [442].

С момента поступления нефти в почву начинается процесс ее естественного фракционирования. Изменение нефти в почвах, ее деградация происходит под влиянием трех основных взаимозависимых и взаимообусловленных факторов: микробиологического, физического и химического. Действие их в отдельности весьма трудно вычленить, и можно лишь решить вопрос об относительном доминировании на отдельных стадиях деградации нефти физических, химических, либо биологических процессов. Физические процессы ведут к испарению легких фракций, вымыванию и рассеиванию за пределы площади загрязнений части углеводородов. Химические процессы ведут к образованию трех основных видов продуктов: воднорастворимых соединений, асфальтово-смолистых веществ и слаборастворимых или нерастворимых в органических растворителях продуктов типа оксикеритов и гуминокеритов, т.е. битуминозные вещества в почвах переходят постепенно в нерастворимое состояние и гумифицируются [493].

Параллельно с загрязнение почвы нефтепродуктами, происходит также и ее засоление. Причиной этого процесса являются разливы засоленных вод, залегающих в одних и тех же пластах, что и нефть. Причиной разливов, как правило, являются неисправности в проводящей системе трубопроводов [261].

Попадая в почвенные горизонты соли вызывают значительные изменения практически всех почвенных показателей. Прежде всего, накопление в почвенных горизонтах легкорастворимых солей ведет к изменению условия питания растений. Степень влияния засоленных вод на свойства почв во многом определяется составом вод. Воды, содержащие в своем составе значительные количества кальция, оказывают менее негативное влияние на физические свойства, чем аналогичные концентрации натрия. В целом натрий является наиболее токсичным катионом среди компонентов легкорастворимых солей. Даже при незначительных количествах этого элемента в почве наблюдается разрушение почвенной структуры, повышение плотности почв, уплотнение почв, резкое ухудшение водно-физических свойств [223, 230].

2. Особенности почвенного районирования Самарской области

Почвенный покров Самарской области подчинен общей широтной зональности, обусловленной постепенным изменением биоклиматических факторов с севера на юг. Самарская область расположена в двух природных зонах – лесостепной и степной, каждая из которых занимает примерно половину ее территории. Важной чертой лесостепи является разнообразие почвенного покрова, который отражает, прежде всего, переходный характер между лесной и степной зонами. По биоклиматическим особенностям, влияющим на почвенные процессы, западная (правобережная) часть лесостепной зоны отнесена к Среднерусской провинции; левобережная часть лесостепи – к Предуральской. Вся степная часть территории области отнесена к Заволжской провинции [376].

Правобережная часть лесостепной зоны (Шигонский, Сызранский административные районы) относится к Приволжской возвышенности и характеризуется крупноволнистым рельефом, с приподнятыми платообразными увалами и глубокими речными долинами, балками и оврагами. Почвенный покров представлен серыми лесными почвами, оподзоленными, выщелоченными черноземами, нередко легкого механического состава. Элювий плотных меловых пород послужил основой формирования на значительной площади типичных остаточно-карбонатных щебневатых черноземов. Значительная крутизна склонов, многочисленные балки и овраги, наличие легких по механическому составу почв и грунтов способствуют развитию водной и ветровой эрозии. Район Самарской Луки (часть Волжского района и часть Ставропольского района) отличается наименьшей освоенностью под сельскохозяйственное производство. В почвенном покрове сельскохозяйственных угодий доминируют выщелоченные черноземы, значительные площади занимают типичные, в частности остаточно-карбонатные каменисто-щебневатые черноземы [21].

Левобережная часть области, или Заволжье, в целом характеризуется преобладанием равнинных элементов рельефа [106].

На территории, относящейся к Предуральской провинции, выделено несколько природных районов, отличающихся по почвенному покрову: лесостепь Высокого Заволжья,

прикондурчинская лесостепь и низменное лесостепное Заволжье (северный район волжских террас) [106].

Лесостепь Высокого Заволжья, отграниченная с юга реками Кинелем и Самарой, с запада – Кондурчой, низовьем Сока и Волгой (на ее участке от устья Сока до устья Самары), делится на северо-восточную часть (Шенталинский, Исаклинский, Челно-Вершинский, Клявлинский и Камышлинский административные районы), характеризующуюся сложным волнисто-увалистым и холмисто-увалистым древнеэрозионным рельефом, и юго-западную часть (Сергиевский, Похвистневский, восточная часть Красноярского, северные части Кинель-Черкасского и Кинельского районов), имеющую более спокойный характер рельефа. Почвенный покров данных районов представлен в основном выщелоченными и типичными черноземами, главным образом тяжелого механического состава. Близкое к поверхности залегание плотных меловых пород обусловило широкое распространение остаточно-карбонатных каменисто-щебневатых маломощных почв. Сложный эрозионный рельеф способствует развитию интенсивных процессов водной эрозии, особенно в северо-восточной части [397].

Прикондурчинская лесостепь расположена на водоразделе Сок – Кондурча – Черемшан (Кошкинский и Елховский административные районы). Рельеф сравнительно спокойный, с преобладанием мягких, сглаженных форм – плоско-выпуклых увалов с пологими протяженными склонами. Значительное развитие здесь получили надпойменные террасы и поймы рек. В почвенном покрове доминируют черноземы выщелочные и типичные, главным образом среднегумусные среднемощные тяжелого механического состава. Площадь остаточно-карбонатных щебневатых черноземов небольшая. Процессы плоскостной водной эрозии развиты незначительно [253].

Низменное лесостепное Заволжье, или северный район волжских террас, занимает территорию между Куйбышевским водохранилищем и Кондурчой (основная часть Ставропольского района, западная часть Красноярского района и южная часть Елховского района). Данная территория расположена на древних волжских террасах, характеризуется равнинным рельефом. Почвообразующими породами послужили в основном древнеаллювиальные отложения. В почвенном покрове преобладают остаточно-луговатые типичные и карбонатные перерытые черноземы повы-

шенной мощности среднесуглинистого и тяжелосуглинистого механического состава. Плоскостная эрозия практически отсутствует, овражная эрозия выражена в значительных размерах. Наличие супесчаных и песчаных почв способствует развитию ветровой эрозии [397].

Заволжская провинция представлена несколькими природными районами: переходная степная полоса Заволжья, низменное Степное Заволжье, Сыртовая степь Заволжья, сухая степь Сыртового Заволжья.

Переходная степная полоса Заволжья занимает междуречье Кинеля – Самары (южные части Кинельского, Кинель-Черкасского и Похвистневского районов и север Богатовского и Борского районов) и характеризуется спокойным, относительно выровненным рельефом. Почвенный покров представлен выщелоченными, типичными и обыкновенными черноземами с преобладанием последних. Значительные площади заняты пойменными луговыми почвами. Механический состав почв района варьирует в широких пределах (от глин до песков), при этом преобладают средние и легкие разновидности почв. Процессы водной и ветровой эрозии достаточно развиты [492].

Низменное Степное Заволжье, или южный район волжских террас, расположено на древних волжских террасах, представленных плоскими, широковолнистыми, слабо расчлененными равнинами (Приволжский, Безенчукский и часть Волжского районов). Фон почвенного покрова составляют остаточно-луговатые черноземы, нередко карбонатные перерытые. Значительное развитие получили луговые почвы, солонцы и их комплексы, приуроченные к пониженным участкам и обширным депрессиям террас. Среди почв значительные площади принадлежат разновидностям среднего, легкого механического состава, а также супесчаным, что способствует развитию ветровой эрозии. Водная эрозия развита незначительно [114, 139, 397].

Сыртовая степь Заволжья – самый крупный почвенный район области (Хворостянский, Красноармейский, Нефтегорский, Алексеевский районы, южная часть Волжского, Богатовского, Борского районов, северная часть Пестравского и Большеглушицкого районов). Большая его часть представляет собой обширную равнину, расчлененную на ряд крупных плоско-выпуклых увалов-сыртов. Наиболее распространенными почвами являются южные, затем

обыкновенные черноземы, нередко карбонатные. В верховьях овражно-балочных систем, по отрогам Общего Сырта получили развитие солонцы и солонцовые комплексы. Преобладающее большинство почв имеют тяжелый механический состав. Расчлененность территории овражно-балочной сетью и неоднородный характер рельефа обусловили развитие водной эрозии [150, 320].

Сухая степь Сыртового Заволжья находится южнее Большого Иргиза (юг Пестравского и Большеглушицкого районов, Большечерниговский район). По характеру рельефа территория аналогична сыртовой степи Заволжья. Почвенный покров характеризуется сравнительным однообразием. Доминирующее положение занимает чернозем южный маломощный, преимущественно карбонатный. По нижним, очень пологим частям сыртовых склонов к Большому Иргизу распространены темно-каштановые почвы, отличающиеся еще большей ксероморфностью. Значительное распространение имеют солонцы и солонцеватые почвы. Механический состав преимущественно тяжелый. Территория подвержена водной и ветровой эрозии [139, 397, 406].

В структуре почв Самарской области выделяют следующие типы и подтипы: типичные чернозёмы – 1178, 5 тыс. га (обычные – 562,1 га, карбонатные перерытые – 68,7 га, остаточно-карбонатные – 339,2 га, неполноразвитые – 27,8 га, солонцеватые – 2,3 га, остаточно-луговатые – 178,4 га); южные чернозёмы – 1113,4 тыс. га (обычные – 408,4 га, карбонатные – 576,0 га, солонцеватые – 2,1 га, остаточно-луговатые –126,9 га); выщелоченные чернозёмы – 935,2 тыс. га (обычные – 844,0 га, остаточно-луговатые – 91,2 га); обыкновенные чернозёмы – 636,8 тыс. га (обычные – 345,3 га, карбонатные – 55,8 га, остаточно-луговатые – 235,7 га); серые лесные почвы – 392,4 тыс. га (светло-серые 34,1 га, серые – 45,1 га, тёмно-серые – 313,2 га); остаточно-луговатые – 178,4 тыс. га; тёмно-каштановые – 152,1 тыс. га; солонцы и их комплексы – 130.1 тыс. га; чернозёмы оподзоленные – 57,5 тыс. га; лугово-черноземные – 52,0 тыс. га; луговые – 13,7 тыс. га; дерново-карбонатные – 9,6 тыс. га [106].

Исследовались почвы Самарской области типичных участков основных природных ландшафтов по видам сельскохозяйственных угодий: интенсивно используемая пашня (под зерновыми, бобовыми и масличными культурами), пар, многолетняя залежь, пастбище, лесополоса [198, 199, 200].

3. Агроэкологическая оценка почв Самарской области

История эколого-геохимических исследований ландшафтов и отдельных их компонентов на территории Самарской области не столь длительна, но материалы о накоплении и распределении химических элементов в ландшафтных компонентах лесостепного и степного Поволжья появляются в научной печати 70-х годов XX века, а это совпадает с начальным этапом становления экологического направления в геохимии ландшафта в целом. Одними из первых в этом плане являются работы С. С. Праздникова (1972), посвященные исследованиям содержания Mn в почвах лесостепи на территории Самарской области. Они, в частности, были использованы при подготовке сборника «Микроэлементы в почвах СССР» (1981), в котором содержатся также данные о подвижных формах некоторых тяжелых металлов (Mn, Cu, Zn, Co, Ni) в черноземных почвах Самарской области. Авторы обобщили весь имеющийся на тот период достаточно скудный и разрозненный материал, содержащийся, в основном, в ежегодных региональных сборниках Госкомитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды.

Позднее Б. А. Исупов (1988) на территории Самарской области на Поволжской АГЛОС ВНИАЛМИ и на прилегающем к ней участке совхоза «Октябрьский» изучал содержание, характер миграции и аккумуляции Pb, Ni, Zn, Co, Cu в элювиальных, транзитных и супераквальных ландшафтах. Он установил преимущественное накопление Co, Pb, Ni в почвах подчиненных ландшафтов исследуемой территории.

Н. В. Прохорова и Н. М. Матвеев (1996) определили фоновое содержание 12 ТМ в почвенном покрове Самарской области, в т. ч. в основных типах и подтипах почв и почвообразующих породах. Они получили первичные сведения о радиальном распределении ТМ в профиле различных почв, исследовали влияние экологических условий на аккумуляцию ТМ почвами лесостепной и степной зон. Н. В. Прохорова (1998) занималась изучением накопления ТМ в растениях лесостепного и степного Поволжья Самарской области и выяснила, что из основных жизненных форм цветковых растений максимальной металлоаккумулирующей способностью обладают травы, средней – кустарники, минимальной – деревья. Причем содержание техногенных элементов в фитомассе трав

увеличивается от степной зоны к местообитаниям правобережной лесостепи, в фитомассе древесных растений – нарастает от местообитаний в правобережной лесостепи к местообитаниям в левобережной лесостепи и достигает максимума в степной зоне.

В работе В. А. Павловского (1997) установлены фоновые уровни накопления 15 ТМ в фитомассе основных сельскохозяйственных растений. Выявил, что в условиях Самарской области накопление ТМ в сельскохозяйственных растениях возрастает с увеличением количества тепла, продолжительности суховеев в вегетационный период, выноса с урожаем из почвы NPK, а уменьшается по мере усиления степени эродированности пашни.

При обследовании почв Самарской области Н. В. Прохорова (2002) установила, что особенно много почв, загрязненных ТМ, в Волжском, Кинельском, Ставропольском, Красноярском, Сергиевском, Сызранском районах, т. е. максимальные концентрации ТМ характерны для почв районов с наиболее выраженной промышленной и транспортной нагрузкой, расположенных в центральной части области, в меньшей степени загрязнены ТМ почвы южных районов.

На основе многолетних исследований Н. В. Прохорова (2003) охарактеризовала распределение ТМ в почвенном покрове Самарской Луки, в почвах ее основных ландшафтов.

Н. В. Прохорова (2004) на основе ландшафтного подхода выявила эколого-геохимическую дифференциацию почвенного покрова Самарской области по содержанию ТМ: естественные экосистемы степной зоны относительно слабо загрязнены ТМ в то время, как почвы правобережной и частично левобережной лесостепи существенно обогащены ТМ, причем особенностью почв лесостепных ландшафтов является активное накопление Cu.

Основными загрязняющими токсикантами промышленного происхождения по Самарской области являются Pb, Cd, Cu. По загрязнению почв вышеперечисленными веществами почвы Самарской области можно отнести к «умеренно загрязненным». Среднее многолетнее содержание ТМ, согласно данным Приволжского УГМС, составляет от 0,6 до 1,3 ПДК свинца, от 0,4 до 2 ПДК меди и от 0,9 до 6,4 ПДК кадмия [483].

Н. В. Прохорова (2006) исследовала важнейшие сельскохозяйственные растения на содержание ТМ. В результате чего, установила, что экологически безопасная продукция основных

культурных растений получается в Клявлинском, Камышлинском и Большеглушицком районах. Максимальное содержание ТМ в пшенице характерно для хозяйств Ставропольского и Красноармейского районов. На территории Самарской области особенно много ТМ аккумулируют подсолнечник и гречиха.

Н. В. Власова, Ю. В. Макарова, Н. В. Прохорова (2010) исследовали разные виды фитоценозов на территории Самарской области в попытке выяснить особенности их металлоаккумулирующей способности, в результате определили, что уровни содержания конкретных элементов в основных фитоценотических компонентах (почва, опад, подстилка, надземная и подземная фитомасса) существенно различаются, зависят от стадии развития растений и обычно не проявляют прямых корреляций друг с другом.

В 2010 году на территории восьми административных районов области (Волжском, Большеглушицком, Елховском, Красноармейском, Кинель-Черкасском, Пестравском, Похвистневском и Шенталинском) осуществлялось комплексное обследование компонентов окружающей среды, которое показало, что загрязнение почв ТМ в основном соответствовало гигиеническим нормативам. Исключения составили значения концентраций по Ni, Zn и Cd, содержание которых превысило допустимый норматив в 1,1-1,5 раза [484].

Обобщая все вышесказанное, можно отметить, что особенности накопления ТМ почвами и растениями агроландшафтов активно изучались как в нашей стране, так и за рубежом. Подобные исследования были проведены и на территории Самарской области, но к настоящему времени большая часть этих данных уже устарела, а часть касается лишь локальных территорий и не может быть использована для сравнительного анализа по агроландшафтам разных агроклиматических районов региона. Эти обстоятельства подчеркивают актуальность осуществленных исследований.

3.1. Агрохимические показатели уровня плодородия почвы

Важнейшими показателями плодородия почвы являются мощность гумусовых горизонтов и содержание в них гумуса. Черноземы России потеряли местами до 50% гумуса. За последние 20 лет в Самарской области содержание гумуса на пашне снизилось на 2%, что связано с резким снижением норм внесения

органических и минеральных удобрений и повышенными в связи с этим процессами минерализации гумуса [106]. По результатам проведенных исследований отмечено, что содержание гумуса в верхнем слое почв колеблется от 2,1 до 8,4% (табл.1).

Таблица 1

Агрохимические показатели почв основных агроландшафтов Самарской области

Агроланд-шафты	Угодья	Показатель				
		Гумус, %	pH солевой	N легкогидроли-зуемый, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг
Сухая степь сыртового Заволжья	пашня	2,7-3,3	7,3-7,4	31,6-36,1	12,7-21,3	40,6-49,1
	пар	3,7	7,2	39,2	29,5	60,6
	залежь	2,5	7,6	29,0	24,8	99,6
	пастбище	3,6	7,5	37,2	8,9	48,9
	лесополоса	5,1	7,2	46,3	21,3	84,5
Сыртовая степь Заволжья	пашня	4,8-5,1	6,9-7,0	40,8-43,6	50,5-53,8	41,8-53,0
	пар	4,4	7,1	42,4	24,8	63,9
	залежь	2,7	7,6	29,0	19,2	90,0
	пастбище	4,5	7,1	41,3	3,6	10,7
	лесополоса	5,6	6,2	46,7	6,9	59,7
Низменное Степное Заволжье	пашня	3,0-4,0	6,9-7,4	32,2-41,6	42,4-253,8	33,6-41,8
	пар	3,3	7,1	33,4	559,7	81,6
	залежь	2,8	7,4	29,8	49,6	38,5
	пастбище	3,4	7,1	41,8	19,2	55,6
	лесополоса	4,5	7,4	39,7	52,8	74,5
Низменное лесостепное Заволжье	пашня	2,7-4,5	7,0-7,1	38,7-43,0	16,1-56,0	89,3-136,3
	пар	6,5	6,5	47,3	17,7	97,8
	залежь	4,5	5,4	45,8	30,7	146,2
	пастбище	5,8	5,4	47,6	20,8	128,4
	лесополоса	5,7	7,7	44,3	34,4	120,4
Прикондур-чинская лесостепь	пашня	4,9-6,9	6,2-7,3	39,4-46,8	26,2-90,9	90,0-264,9
	пар	3,9	7,2	33,1	30,4	129,0
	залежь	5,7	6,8	45,6	78,8	165,0
	пастбище	8,1	7,0	46,8	106,1	180,0
	лесополоса	6,1	7,3	45,6	26,2	132,0
Лесостепь Высокого Заволжья	пашня	5,6-7,0	7,0-7,3	45,6-50,0	18,3-35,5	120,0-240,0
	пар	5,7	5,3	41,4	20,8	201,0
	залежь	8,4	6,3	53,9	28,8	168,9
	пастбище	5,8	7,4	41,4	6,5	72,6
	лесополоса	7,3	6,1	50,0	20,8	141,9
Приволжская возвышен-ность	пашня	3,9-5,3	6,3-7,1	33,8-46,7	21,6-46,7	108,4-148,3
	пар	4,8	5,5	34,6	36,9	113,5
	залежь	2,1	5,6	32,6	23,1	33,1
	пастбище	4,2	5,2	33,6	6,6	67,2
	лесополоса	6,4	6,3	48,7	29,6	101,1

Высокое содержание гумуса в почве способствует повышению биологической активности пахотного горизонта, адсорбции и закреплению избыточного количества элементов – токсикантов, в том числе тяжелых металлов [269].

Верхняя часть гумусового горизонта связывает токсиканты за счет адсорбции их тонкодисперсными минеральными частицами и образования сложных, нерастворимых, практически не разлагаемых комплексных соединений.

Максимальное содержание органического вещества обнаружено в почвах Лесостепи Высокого Заволжья и составляет в среднем 6,70 %, минимальное на Приволжской возвышенности – 2,24 %. Согласно существующим градациям Б. А. Ягодина, 1987, В. В. Кидина, 2008, В. Г. Минеева, 2001, указанное содержание классифицируется, как очень высокое и низкое, соответственно.

Содержание гумуса в почвах сельскохозяйственных угодий максимально преимущественно под лесополосами (4,5-7,3 %). Некоторые особенности отмечены в почвах угодий Лесостепи Высокого Заволжья, где максимальные количества гумуса обнаружены в верхнем слое почв залежи – 8,4 %.

Поглощение ТМ почвой в большей степени зависит от реакции среды и от того, какие анионы преобладают в почвенном растворе. В кислой среде больше сорбируются медь, свинец и цинк, а в щелочной – интенсивно поглощаются кадмий и кобальт.

Реакция среды почвенного раствора варьируется от слабокислой (5,2 %) в почвах под пастбищами Приволжской возвышенности до слабощелочной (7,7 %) в почвах лесополосы Низменного лесостепного Заволжья, что связано с родом почвы и степенью содержания в ней карбонатов, и благоприятно для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур.

На урожайность сельскохозяйственных культур оказывает влияние содержание в почве подвижного фосфора. Высокое содержание подвижного фосфора снижает поступление эссенциальных элементов в растения за счет образования труднорастворимых фосфатов, фосфор сокращает количество подвижных металлов в почве. Вынос фосфора урожаями в среднем составляет 15-50 кг/га, изменяясь в зависимости от биологических особенностей культур и уровня урожайности.

Обеспеченность обследованных почв подвижным фосфором по отношению к зерновым культурам очень низкая (3,6-20,8 мг/кг

почвы), низкая (21,3-50,5 мг/кг почвы) и средняя (53,8-90,9 мг/кг почвы). Минимальные значения содержания подвижного фосфора практически во всех обследованных ландшафтах характерны для верхнего слоя почв пастбищ, очень высокая обеспеченность подвижным фосфором наблюдается в верхнем слое почв пашни и пара низменного степного Заволжья на фоне повышенного внесения минеральных удобрений.

С точки зрения ионного обмена, одним из самых химически активных металлов системы почва-растение является калий.

Обеспеченность почв обменным калием для большинства обследованных агроландшафтов принимает высокие значения – до 264,9 мг/кг почвы.

Многими исследователями приводятся данные о необходимости определения легкогидролизуемого азота почвы для оценки почвенного плодородия. Накопление легкогидролизуемого азота в почве повышает интенсивность минерализационных процессов и улучшает эффективное плодородие почв.

Содержание легкогидролизуемого азота в изучаемых почвах колеблется от очень низкого (29,0-29,8 мг/кг почвы) до среднего (41,3-50,0), но в основном соответствует низкому уровню для выращивания основных видов сельскохозяйственных растений.

В совместных исследованиях с С. В. Ишковой, 2012, сопоставлены динамичные показатели содержания гумуса в почвах Приволжской возвышенности (территория Сызранского района), свидетельствующие о его снижении в почвах пашни. По данным ООО «ВолгаНИИгипрозем» [431], содержание гумуса в пахотном слое в 1975-1981 гг. составляло 5,20 %, в 1987-1992 гг. – 4,70 %, в 1993-2000 гг. – 4,30 %, по данным авторов в 2002-2003 гг. – 4,10%. Таким образом, за 25 лет сельскохозяйственного использования пашни разница в содержании гумуса составила 1,1 %, что соответствует средней ежегодной потере из обрабатываемого слоя почвы 1,2 т/га гумуса.

В настоящее время на Приволжской возвышенности в пределах Самарской области по содержанию гумуса (табл. 2) преобладают малогумусные и слабогумусированные почвы. Они занимают соответственно 43,6 % и 37,9 % от площади сельхозугодий. Менее распространены среднегумусные – 7,6 % и микрогумусные почвы – 10,9 %.

Таблица 2

Агрохимические показатели почв сельскохозяйственных угодий Сызранского района

Угодье	Гумус, %	Элементы, мг/кг почвы		
		P_2O_5	K_2O	N легкогидролизуемый
Пастбище	3,2	21,7	67,2	33,6
Пашня	4,1	37,5	379,0	40,1
Залежь	2,1	76,1	49,7	32,6
Пар	3,8	121,8	113,5	34,6
Многолетние насаждения	6,4	97,7	101,1	48,7

Динамика площадей почв пашни и многолетних насаждений по содержанию гумуса такова, что за период между обследованиями площади среднегумусных и малогумусных почв сократились соответственно на 6,8 % и 4,3 %. Площади слабогумусированных почв увеличились на 6,4%, микрогумусных почв – на 4,7 % [106].

Водной эрозии подвержено 29,4 % от площади сельхозугодий, из них слабосмытых – 20,3 %, среднесмытых – 3,7 %, сильносмытых – 5,4 %. Дефлированные почвы занимают 7,7 % площади сельхозугодий Сызранского района, из них слабодефлированные – 7,5 %, среднедефлированные – 0,2 %.

Эрозия, наряду с другими факторами, способствовала усилению таких негативных процессов, как дегумификация, уменьшение мощности гумусового слоя, потеря важнейших элементов питания: азота – 0,3 %, фосфора – 0,15 %, калия – 2 % от веса смытой почвы.

К уменьшению плодородия при выращивании сельскохозяйственных культур почв ведет резко отрицательный баланс питательных веществ. Так, вынос питательных веществ (NPK) с урожаем 2002 года в среднем составил 90,8 кг/га пашни, а внесение – 19,0 кг/га. Отрицательный баланс составил 71,8 кг/га [432].

Большая часть обследованных площадей по фосфору приходится на категорию малообеспеченных. Причем, обеспеченность подвижным фосфором почв пастбища и пашни низкая, залежи и многолетних насаждений – средняя, пара на фоне внесенных удобрений – повышенная.

Почвы района характеризуются в целом как хорошо обеспеченные калием. Обеспеченность обменным калием почв залежи и

пастбища средняя, пара и многолетних насаждений – повышенная, пашни – очень высокая.

Содержание легкогидролизуемого азота в почвенных образцах пастбища, пара и залежи соответствует низкому уровню для выращивания основных видов сельскохозяйственных растений, пашни и многолетних насаждений – среднему.

Отрицательный баланс питательных веществ (в первую очередь гумуса) в пахотных почвах, вызванный высоким уровнем использования территории (80-90 %), интенсивными обработками почвы, нарушением естественного хода гумусообразования из-за смешивания верхних плодородных слоев почвы с бедными нижележащими слоями, отрицательным балансом элементов питания в системе почва-растение-удобрение.

Проведен анализ основных агрохимических показателей основных типов почв Заволжской провинции степной зоны (темно-каштановые почвы, черноземы южные, обыкновенные и типичные), Предуральской провинции лесостепной зоны (темно-серые лесные почвы и черноземы выщелоченные) и Среднерусской провинции.

Содержание гумуса в верхнем слое темно-каштановой почвы составляет 3,6 %, темно-серой лесной почвы – 5,8 %. Обследованные черноземы являются малогумусными с содержанием гумуса в верхнем горизонте 4,1-5,8 %. Реакция среды почвенного раствора темно-каштановой почвы и чернозема южного слабощелочная (pH сол. – 7,5 и 7,1, соответственно), чернозема обыкновенного, выщелоченного и типичного – нейтральная (pH сол. – 6,0-6,6), чернозема оподзоленного и темно-серой лесной почвы – слабокислая (pH сол. – 5,4 и 5,5, соответственно). Обеспеченность подвижным фосфором темно-каштановой почвы и чернозема южного очень низкая (7,2-17,6 мг/кг почвы), чернозема обыкновенного – низкая (48,3 мг/кг почвы), темно-серой лесной почвы и чернозема типичного – средняя (67,5-68,5 мг/кг почвы), чернозема обыкновенного – повышенная (121,8 мг/кг почвы). Обеспеченность темно-каштановой почвы и чернозема южного обменным калием очень низкая (2,1-14,7 мг/кг почвы), чернозема обыкновенного и выщелоченного – средняя (51,0-72,6 мг/кг почвы), чернозема оподзоленного – повышенная (113,5 мг/кг почвы), темно-серой лесной почвы и чернозема типичного – высокая (128,4-135,0 мг/кг почвы). Содержание легкогидролизуемого азота в почвенных

образцах колеблется от 33,6 до 47,6 мг/кг почвы, что соответствует оптимальному уровню для нормального роста и развития растений [199]. По приведенным агрономическим показателям можно заключить, что почвы обследованных участков пригодны для сельскохозяйственного использования.

3.2. Валовое содержание и содержание подвижной формы тяжелых металлов в почвах изучаемых агроландшафтов

Аккумуляция, миграция, перераспределение тяжелых металлов в почвах агроландшафтов лесостепной и степной зоны Самарской области обуславливается совокупным действием рельефа, климата, растительности, высокой активностью водной эрозии, обменной адсорбцией поверхности глин и гумуса, формированием устойчивых комплексных соединений с гумусом, адсорбцией поверхности и окклюзированием, формированием нерастворимых соединений. Основная масса их формируется в почве за счет содержания их в материнской породе [375]

От содержания гумуса в почве зависит уровень аккумуляции в ней тяжелых металлов. В почвах Самарской области в составе гумуса преобладают гуминовые кислоты, связывающие тяжелые металлы в неподвижные комплексы, способствующие снижению поступления в органы растений [375].

Запасы гумуса в почвах области, как правило, увеличиваются в направлении от светло-серых лесных почв к типичным чернозёмам: светло-серые → серые → тёмно-серые лесные почвы → оподзоленные и выщелоченные чернозёмы → типичные чернозёмы. Дальше на юг, к южным чернозёмам и каштановым почвам, запасы гумуса снижаются.

Больше всего гумуса содержится в типичных чернозёмах (в метровом слое до 800–900 т/га), меньше всего – в светло-серых и серых почвах (80–270 т/га) [106]. По содержанию гумуса почвы региона относятся к средне- и малогумусным, а по мощности гумусового горизонта – средне- и маломощные (Казанцев, 2016). Ежегодная потеря гумуса по региону составляет 0,4 т/га, а площади среднегумусных почв сократились на 1,7 %, начиная с 2003 года, 1,9 тыс. га имеют высокую степень засоления [199].

Важной экологической проблемой является эрозия почв [107, 109, 174].

Водная эрозия приводит к потерям необходимых для растений, как макро-, так и микроэлементов. Степень смытости почвы влияет на содержание тяжелых металлов в почве: чем она выше, тем ниже содержание микроэлементов. Максимальная промывка профиля от тяжелых металлов отмечается на сильносмытых почвах. Здесь потери тяжелых металлов по сравнению с несмытыми почвами в среднем составляют 39,0 % [278].

В Самарской области почвы подвергаются водной эрозии и дефляции, и эти два процесса характерны для всех типов почв. Первый процесс – водная эрозия оказывает наибольшее влияние в местах распространения серых лесных и черноземных почв. В регионе данному процессу подвержено около 30 % сельскохозяйственных угодий и особенно она распространена на территориях Высокого Заволжья и Самарской Луки. Поэтому, наибольшее развитие в регионе получили овражно-балочные системы, занимающие, например, в Большеглушицком районе до 40 % территории. Сильносмытые почвы характерны для северо-востока региона, среднесмытые – для юго-востока, для центральной и западной частей характерны слабосмытые почвы. Второй процесс – дефляция характерна для южных районов региона с преобладанием южных черноземов и темно-каштановых почв [202]

Особенно важны подвижные формы металлов в почве, передвижение которых определено поведением катионов. Большинство исследований показало, что тяжелые металлы аккумулируются в верхней части гумусового горизонта, их содержание постепенно снижается вниз по профилю до глубины залегания карбонатов [115]. Карбонатный барьер аккумулирует тяжелые металлы вследствие образования нерастворимых солей.

По данным авторов, содержание большинства ТМ в обследованных почвах не превышает уровень ПДК (табл. 3).

Таблица 3

Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в профиле основных типов и подтипов почв Самарской области, мг/кг

Слой почвы, см	Элемент						
	Pb	Cd	Fe	Zn	Cu	Mn	Cr
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Темно-каштановая почва							
0-30	4,20* 15,30	0,04 0,12	- 11885,60	0,60 64,80	0,20 21,20	56,30 728,70	0,10 26,40

Продолжение табл. 3

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
30-60	4,80 14,90	0,06 0,07	- 11465,30	0,70 66,50	0,20 21,00	63,10 554,50	0,30 25,00
60-90	5,60 14,90	0,04 0,07	- 22697,00	1,00 57,40	0,30 21,90	61,0 493,60	0,30 24,20
90-120	5,80 14,60	0,08 0,08	- 22253,30	0,50 65,60	0,30 21,50	51,40 536,60	0,40 23,00
120-150	6,00 15,30	0,10 0,06	- 23444,20	0,50 68,90	0,30 22,10	62,80 628,90	0,40 25,30
Фон	14,70	0,45	10410,00	42,80	14,40	625,00	26,80
Чернозем южный							
0-30	2,20 14,90	0,05 0,08	- 23663,10	0,20 71,40	0,09 21,20	20,30 719,90	0,07 27,80
30-60	2,50 13,90	0,02 0,05	- 20159,90	0,50 65,50	0,13 19,70	24,60 691,50	0,20 22,90
60-90	4,10 13,90	0,06 0,07	- 20446,20	0,50 64,30	0,18 18,80	45,30 638,60	0,40 21,10
90-120	2,20 13,80	0,05 0,07	- 23445,00	0,40 67,90	0,06 19,50	28,70 683,10	0,20 24,40
120-150	4,20 14,10	0,06 0,06	- 23676,70	0,50 66,50	0,29 18,60	55,10 627,80	0,40 18,30
Фон	12,30	0,70	11100,00	34,90	14,10	560,00	11,20
Чернозем обыкновенный							
0-30	1,70 12,50	<0,02 0,11	- 30863,70	1,40 67,40	<0,01 21,60	22,70 646,00	0,15 24,00
30-60	1,70 11,60	<0,02 0,11	- 20646,80	0,80 69,80	<0,01 18,60	14,80 643,00	0,15 20,40
60-90	2,90 11,80	<0,02 0,08	- 28423,00	0,50 53,70	<0,01 17,20	29,00 565,60	0,15 18,90
90-120	4,70 12,60	<0,02 0,10	- 27954,70	0,40 54,30	0,03 16,70	48,10 539,60	0,40 14,40
120-150	5,40 12,60	<0,02 0,08	- 19497,40	0,60 36,50	0,26 16,60	64,40 338,40	0,50 12,40
Фон	13,50	0,80	12810,00	37,90	11,30	360,00	17,90
Чернозем типичный							
0-30	0,25 7,30	0,07 0,28	- 30458,00	0,11 54,10	0,16 16,70	25,60 702,00	1,18 40,20
30-60	0,35 7,40	0,04 0,31	- 29896,00	0,08 53,70	0,24 15,80	16,40 461,0	0,92 37,20
60-90	0,14 7,30	0,05 0,32	- 26932,00	0,13 56,00	0,47 15,00	31,00 482,00	0,12 54,90
90-120	0,15 5,30	0,06 0,26	- 20907,00	0,18 59,00	0,99 13,90	23,60 421,00	н/обн 19,90
120-150	0,40 5,20	0,06 0,24	- 20776,00	0,20 51,00	0,96 19,30	24,70 393,00	н/обн 23,90

Окончание табл. 3

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Фон	14,60	0,82	11240,00	32,90	13,40	540,00	28,00
Чернозем выщелоченный							
0-30	0,21 12,00	0,06 0,43	- 21302,00	0,09 36,80	0,19 20,40	9,67 619,00	7,57 64,80
30-60	0,58 13,50	0,05 0,44	- 20721,00	0,25 36,90	0,18 20,70	25,20 746,00	4,45 63,20
60-90	0,66 14,40	0,10 0,46	- 21200,00	2,71 36,80	0,24 17,50	24,40 518,00	5,67 62,00
90-120	1,35 10,30	0,09 0,53	- 22113,00	0,30 36,70	1,85 19,60	15,20 770,00	7,16 50,90
120-150	0,78 11,50	0,03 0,45	- 28959,00	0,22 36,80	0,91 22,40	17,50 782,00	3,26 76,40
Фон	12,60	0,78	10830,00	34,90	15,00	500,00	49,60
Чернозем оподзоленный							
0-30	0,25 7,40	0,03 0,08	- 5351,10	0,30 29,10	<0,01 9,80	51,80 523,80	0,07 16,60
30-60	<0,2 2,40	<0,02 0,07	- 11007,80	0,07 30,80	<0,01 3,30	10,00 89,80	0,04 9,60
60-90	0,20 4,20	<0,02 0,02	- 12110,50	0,02 24,50	<0,01 6,10	2,10 40,20	<0,01 22,70
90-120	0,20 3,80	<0,02 <0,02	- 5842,50	0,03 26,60	<0,01 5,90	2,30 43,20	<0,01 24,40
120-150	0,40 4,50	<0,02 <0,02	- 13000,40	0,04 27,10	<0,01 6,60	2,20 52,00	<0,01 26,70
Фон	12,70	0,54	7360,00	28,20	10,30	342,00	19,30
Темно-серая лесная почва							
0-30	0,60 20,10	<0,02 0,07	- 15553,30	0,70 89,3	<0,01 28,6	63,60 1785,9	0,23 30,5
30-60	0,60 18,00	<0,02 <0,02	- 21901,40	0,06 89,3	<0,01 27,7	44,50 1944,1	0,15 34,6
60-90	0,90 20,40	<0,02 0,13	- 26257,50	0,05 69,1	<0,01 26,8	51,90 3335,6	<0,01 29,5
90-120	0,90 18,30	<0,02 <0,02	- 17766,60	0,03 79,8	<0,01 35,6	19,40 1452,6	<0,01 41,8
120-150	1,20 21,40	<0,02 <0,02	- 18299,80	0,03 70,1	<0,01 36,4	22,40 1675,1	<0,01 39,3
Фон	13,40	0,50	9100,00	31,1	9,8	455	16
ПДК	6,00 32,00	1,00 2,00	- 38000,00	23,00 220,0	3,00 132,0	140,00 1500,0	6,00 100,00

Примечание: * – числитель – содержание подвижных форм тяжелых металлов, знаменатель – валовое содержание тяжелых металлов; н/обн – содержание не обнаружено.

Загрязнение ТМ выявлено на полях, находящихся в зоне промышленных предприятий г. Сызрани. Так, по данным обследования 2003 года содержание Co на контрольной площадке, расположенной в 0,5 км от Сызрани, составляло 21,2 мг/кг почвы, что превышало ПДК в 1,5 раза, содержание Cr находилось на пороге допустимой концентрации (100 мг/кг почвы). В 1995 г. наблюдалось превышение ПДК содержания валовой формы Cu в 1,2 раза, в 2011 году превышение составило 1,8-4,2 ПДК на всех сельскохозяйственных угодьях, кроме пастбища.

По данным 1991 года обследования содержание подвижной формы Cu в почвах превысило ПДК в 4,2 раза, в 2011 г. превышение составило 3,3-14,2 ПДК в почвах всех сельскохозяйственных угодий.

Данные по валовому содержанию и содержанию подвижных форм ТМ в почвах обследованных участков, основные нормативы значений ТМ и фоновые их показатели позволяют сделать следующие заключения.

Содержание ТМ в обследованных почвах ниже уровня ПДК, кроме Mn, валовое содержание которого в темно-серой лесной почве превышает ПДК в 1,2 раза и подвижной формы Cr, содержание которого в черноземе выщелоченном выше ПДК в 1,3 раза. При этом для исследования были выбраны относительно благоприятные в экологическом плане участки, достаточно удаленные от различных источников загрязнения, что указывает на поступление указанных тяжелых металлов извне. Во всех обследованных почвах наблюдается низкое содержание подвижных форм Zn (0,02-1,40 мг/кг почвы), при недостатке которого в растениях происходит нарушение процессов синтеза хлорофилла, белкового, углеводного и фосфорного обмена веществ. Верхние горизонты всех обследованных почв характеризуются низким содержанием подвижных форм Cu (<0,01-0,20 мг/кг), при недостатке которой происходит задержка роста, потеря тургора, развивается хлороз листьев. Высокое содержание подвижной формы Mn (20,3-63,6 мг/кг почвы) наблюдается в верхних горизонтах всех почв, что благоприятно для нормального роста и развития растений, кроме чернозема выщелоченного, верхний горизонт которого характеризуется низким содержанием подвижного Mn (9,67 мг/кг почвы) [130, 458].

По сравнению с фоновым, валовое содержание тяжелых металлов повысилось в 1,2-2,7 раза, кроме Cd, содержание которого в

обследованных почвах участков снизилось, по сравнению с фоновым в 3,8-8,8 раза.

Валовое содержание Pb, Fe, Cu и Cr в черноземе оподзоленном по сравнению с фоновым снизилось в 1,1-1,7 раза. Валовое содержание Pb ниже фонового в черноземах обыкновенном, типичном, выщелоченном, оподзоленном в 1,1-2,0 раза.

По валовому содержанию ТМ в профиле различных типов почв наблюдается следующая тенденция: в черноземе обыкновенном с глубиной постепенно снижается концентрация Cu, Mn и Cr в 1,3-1,9 раза, содержание Cd уменьшается в черноземе оподзоленном на 12,5-71,4%, Fe – уменьшается в черноземе типичном в 1,5 раза.

Во всех типах почв отмечается постепенное увеличение с глубиной содержания подвижной формы Pb в 1,4-3,7 раза. В профиле чернозема оподзоленного и темно-серой лесной почвы наблюдается снижение с глубиной концентрации подвижных форм Zn, Mn и Cr на 64,8-95,8%. Увеличивается с глубиной содержание подвижных форм Cu и Cr в темно-каштановой почве, черноземе южном и обыкновенном, Zn – в черноземе южном, Cu – в черноземе типичном в 1,5-26 раз.

Распределение ТМ в почвенном профиле зависит от наличия и расположения геохимических барьеров. Так, взаимодействуя с органическим веществом почв, в гумусовом горизонте максимально валовое содержание всех ТМ в черноземах южном и обыкновенном, Pb, Cd, Mn и Cr в темно-каштановой почве, Pb, Cd, Mn и Cu в черноземе оподзоленном, Fe и Mn в черноземе типичном.

В оподзоленном горизонте выявлены минимальные валовые концентрации Pb, Cu, Cr, подвижной формы Pb. В верхнем горизонте темно-серой лесной почвы аккумулируются подвижные формы Zn, Mn, Cr.

По общему содержанию ТМ в разных типах почв выявлена закономерность, которая выражается в минимальном значении их для чернозема оподзоленного, максимальное (в 2,7 раза выше) – для чернозема типичного.

Суммарный показатель загрязнения почвы (Zc) отражает степень опасности загрязнения почв комплексом элементов. По величине этого показателя исследуемые почвы отнесены к категории с допустимым уровнем загрязнения, Zc по Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn и Cd колеблется в пределах – 0,17-8,98. Максимальное значение

суммарного показателя загрязнения почвы характерно для темно-серой лесной почвы, минимальное – для чернозема оподзоленного.

Статистическая обработка материалов исследований позволила выявить наличие положительной корреляционной зависимости между валовым содержанием Pb и Zn (r = 0,72), что отражает сходную направленность биохимической миграции в процессе почвообразования. Аккумуляция подвижных форм Cr в исследованных почвах находится в прямой зависимости от его валового содержания (r = 0,74). При увеличении pH почвенного раствора увеличивается содержание подвижной формы Pb (r = 0,71). В исследованных почвах выявлен высокий уровень положительной корреляционной связи (r = 0,74-0,99) валового содержания Pb, Cu и Cr, а также Zn, Mn и Cd гумусового слоя с материнской породой.

Превышение норм ПДК по содержанию ТМ в почвах агроландшафтов Самарской области незначительно и носит единичный и локальный характер.

Детальный анализ почв сельскохозяйственных угодий территории Сызранского района, расположенного на Приволжской возвышенности, показал различную динамику трансформации тяжелых металлов (табл. 4).

Таблица 4

Валовое содержание и содержание подвижных форм ТМ в почвах различных сельскохозяйственных угодий Сызранского района

Угодье	Элемент, мг/кг						
	Pb	Cd	Fe	Zn	Cu	Mn	Cr
Пастбище	<0,2* / 2,4	<0,02 / 0,07	23,1 / 11007,8	0,07 / 30,8	10,0 / 89,8	<0,01 / 3,3	0,04 / 9,6
Пашня	1,7 / 10,9	0,03 / 0,07	5,1 / 12357,1	0,2 / 57,4	33,9 / 478,8	<0,01 / 17,4	<0,01 / 32,3
Залежь	<0,2 / 4,6	<0,02 / 0,07	21,6 / 3347,0	0,1 / 21,8	16,8 / 236,6	<0,01 / 8,2	<0,01 / 11,7
Пар	0,5 / 7,4	0,02 / 0,09	15,3 / 7768,5	0,4 / 44,3	19,5 / 346,1	<0,01 / 13,0	0,07 / 23,2
Многолетние насаждения	1,2 / 12,3	<0,02 / 0,08	13,5 / 11983,3	0,5 / 62,4	42,7 / 553,4	<0,01 / 18,1	<0,15 / 30,9
ПДК**	6,0 / 32,0	1,0 / 2,0	- / 38000	23,0 / 220,0	3,0 / 132,0	140,0 / 1500,0	6,0 / 100,0

Примечание: * – числитель – содержание подвижных форм тяжелых металлов, знаменатель – валовое содержание тяжелых металлов; ** ПДК – по данным Н. М. Матвеева и др. (1997).

Во всех обследованных почвах наблюдается низкое содержание подвижных форм Zn и Mn (0,07-0,5 и < 0,01мг/кг почвы соответственно), при недостатке которых в растениях происходит нарушение процессов фотосинтеза и дыхания, синтеза хлорофилла, белкового, углеводного и фосфорного обмена веществ, наблюдается хлороз листьев, задержка роста растений [71, 201, 458].

По сравнению с обследованиями 1991-2003 гг. содержание Pb, Cd, Fe, Mn и Cr снизилось в 1,2-8,0 раза, Cu повысилось в 1,4-8,8 раза; валовое содержание Zn в почвах пашни и многолетних насаждений возросло в 1,2 раза, в почвах остальных сельскохозяйственных угодий снизилось, по сравнению с фоновым, в 1,2-2,4 раза.

Максимальные валовые концентрации и значения подвижных форм Zn и Cu, а также валовое содержание Pb, Mn и подвижной формы Cr наблюдаются в почвах под многолетними насаждениями. Содержание подвижных форм Pb и валовое содержание Fe в почве пашни превышает таковое в почвах остальных угодий в 1,1-8,5 раза. Минимальные валовые концентрации и значения подвижных форм Cu, а также валовое содержание Pb, Mn, Cr и содержание подвижного Zn наблюдаются в почвах пастбища. По суммарному уровню загрязнения ТМ в почвах сельскохозяйственные угодья образуют следующий ряд: пастбище < пар < залежь < пашня.

Суммарный показатель загрязнения почв отражает степень опасности их загрязнения комплексом элементов. По величине этого показателя почвы пастбища и залежи отнесены к категории с допустимым уровнем загрязнения, Zc (по Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn и Cd) для них составляет 2,13 и 12,0, соответственно. По уровню загрязнения комплексом ТМ почвы пашни (Zc=31,19) и пара (Zc=20,90) отнесены к умеренно опасной категории, почвы под многолетними насаждениями (Zc=36,59) – опасной СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.

Установлено превышение ПДК в почве пара сухой степи сыртового Заволжья по валовому содержанию Fe в 1,1 раза (табл. 5), в почве пастбища низменного лесостепного Заволжья отмечено превышение ПДК по валовому содержанию Mn в 1,2 раза, в почвах пашни и пастбища лесостепи высокого Заволжья превышено содержание подвижной формы Cr в 1,3-1,8 раза.

Таблица 5

Показатели коэффициентов накопления (Кс) и процента подвижности тяжелых металлов в почвах Самарской области

Угодье	Элемент						
	Pb	Cd	Fe	Zn	Cu	Mn	Cr
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Сухая степь сыртового Заволжья							
Пашня	1,45 29,7	0,24 63,6	0,17 -	1,52 0,84	1,45 0,48	1,63 9,52	0,96 1,16
Пар	1,39 22,9	0,38 47,05	4,13 -	1,44 0,97	1,44 0,39	1,62 11,6	1,00 1,49
Залежь	1,41 9,09	0,88 22,5	1,83 -	1,05 0,66	0,91 3,82	1,09 2,97	0,79 3,79
Пастбище	1,57 27,5	0,26 33,3	1,14 -	1,51 0,98	1,47 0,94	1,78 7,73	0,99 0,38
Лесополоса	1,45 22,7	0,42 47,4	2,16 -	1,44 1,29	1,44 0,48	1,44 14,4	0,92 0,81
Сыртовая степь Заволжья							
Пашня	1,09 0,15	0,19 23,1	2,07 -	2,05 0,69	1,56 0,45	1,41 2,39	2,36 0,26
Пар	0,17 0,96	0,14 60,0	2,29 -	2,13 0,67	0,06 21,2	1,26 7,63	2,45 0,73
Залежь	6,86 0,83	0,58 21,9	1,77 -	1,31 0,66	0,4 14,2	0,85 2,46	1,96 5,00
Пастбище	1,21 14,8	0,11 62,5	2,13 -	2,05 0,28	0,09 21,2	1,29 2,82	2,48 0,25
Лесополоса	0,93 0,17	0,14 50,0	2,16 -	1,99 0,72	0,08 21,3	1,21 4,94	2,33 0,57
Низменное Степное Заволжье							
Пашня	0,96 16,8	0,16 15,4	3,65 -	1,80 1,25	1,57 0,058	1,34 4,22	0,46 0,76
Пар	1,20 13,6	0,2 12,5	4,11 -	3,6 0,72	2,08 0,044	1,60 3,81	0,53 0,70
Залежь	1,02 16,0	0,15 16,7	3,59 -	1,35 1,67	1,58 0,057	0,89 5,80	0,5 0,05
Пастбище	0,98 19,6	0,20 12,5	3,35 -	1,72 1,87	1,57 0,058	1,22 3,10	0,5 0,35
Лесополоса	1,06 19,2	0,18 13,3	3,36 -	1,50 1,71	1,59 0,057	1,10 7,48	0,5 0,35
Низменное лесостепное Заволжье							
Пашня	0,21 18,8	0,18 22,2	1,50 -	1,89 0,39	1,64 0,06	0,89 1,66	1,66 0,04
Пар	1,34 9,44	0,14 28,6	1,40 -	2,93 0,22	1,94 0,05	1,65 6,97	1,98 0,38
Залежь	1,44 4,64	0,18 22,2	1,76 -	2,59 0,62	3,04 0,03	2,28 2,98	2,13 0,35

Окончание табл. 5

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Пастбище	1,50 2,99	0,14 28,6	1,70 -	2,87 0,78	2,91 0,03	3,92 3,56	1,90 0,75
Лесополоса	1,26 23,7	0,14 28,6	0,93 -	1,92 4,34	1,77 0,06	0,84 19,3	1,55 0,04
Прикондурчинская лесостепь							
Пашня	0,71 4,55	0,64 15,4	2,34 -	1,21 1,11	1,17 1,70	0,85 6,48	0,36 15,7
Пар	0,81 6,45	0,69 23,8	2,36 -	1,24 0,87	1,22 3,25	1,03 5,45	0,56 3,91
Залежь	0,73 1,79	0,59 16,7	2,21 -	1,21 0,67	1,08 1,47	1,03 5,21	0,34 11,4
Пастбище	0,67 2,91	0,67 12,2	2,26 -	1,23 1,31	1,17 1,35	0,96 5,48	0,39 20,2
Лесополоса	0,75 6,09	0,62 13,2	2,39 -	1,24 1,30	1,16 1,34	0,96 6,08	0,26 33,9
Лесостепь Высокого Заволжья							
Пашня	0,94 4,24	0,56 13,6	2,16 -	1,05 1,09	1,1 1,21	1,35 3,77	0,58 20,34
Пар	1,00 3,17	0,51 10,0	2,25 -	1,05 1,39	0,99 0,67	1,15 3,16	0,82 2,23
Залежь	1,03 3,08	0,52 9,3	2,30 -	1,05 1,08	1,33 0,50	1,43 2,46	1,06 10,08
Пастбище	0,95 1,67	0,55 13,9	1,96 -	1,05 0,27	1,36 0,98	1,23 1,57	1,30 12,04
Лесополоса	1,93 5,33	0,44 28,6	1,46 -	1,05 7,95	1,03 3,23	1,17 4,01	1,01 5,38
Приволжская возвышенность							
Пашня	0,86 14,5	0,14 37,5	1,41 -	2,06 0,38	1,68 0,06	1,39 6,67	1,47 0,03
Пар	0,58 6,76	0,16 22,2	0,87 -	1,57 0,90	1,26 0,08	1,01 5,63	1,05 0,30
Залежь	0,36 4,35	0,12 28,6	0,37 -	0,77 0,46	0,79 0,12	0,69 7,10	0,53 0,09
Пастбище	0,58 3,38	0,14 37,5	0,59 -	1,03 1,03	0,95 0,10	1,53 9,90	0,75 0,42
Лесополоса	0,96 9,76	0,14 25,0	1,34 -	2,21 0,80	1,75 0,06	1,61 7,72	1,40 0,49

Примечание: * – числитель – коэффициент накопления Кс, знаменатель – процент подвижности ТМ.

Содержание подвижной формы Mn в почвах соответствует средней и высокой градации (11,8-85,4 мг/кг), что благоприятно для выращивания сельскохозяйственных растений [201, 458].

Общая тенденция к увеличению валового содержания ТМ в 1,1-4,1 раза, особенно Fe, Zn и Cu, выявлена во всех агроландшафтах, кроме Cd, содержание которого, ниже фонового в 1,1-10,8 раза.

Анализ ТМ в почвах различных сельскохозяйственных угодий вывил следующую тенденцию: в почвах пашни и пара аккумулируется основная масса ТМ, при этом максимальное содержание Pb отмечается в тех угодьях, которые ближе всего расположены к автодорогам, чаще всего это полезащитные лесополосы, накопление Mn и Zn характерно для почв лесополос и пастбищ. Минимальные концентрации ТМ выявлены в почвах залежи. Рассчитанный суммарный уровень загрязнения ТМ в почвах различных сельскохозяйственных угодий позволил вывести следующий ряд: пар > лесополоса > пашня > пастбище > залежь.

Для подсчета полиэлементного загрязнения почв тяжелыми металлами использовали формулу Саета [305]. По величине этого показателя почвы обследованных агроландшафтов отнесены к категории с допустимым уровнем загрязнения по Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn и Cd, суммарный показатель загрязнения для них колеблется в пределах 2,36-8,98. По уровню загрязнения комплексом ТМ почвы Приволжской возвышенности являются самыми экологически чистыми (Zc=0,85), почвы Низменного лесостепного Заволжья, напротив, – наиболее загрязненными (Zc=5,34) из исследованных агроландшафтов [286].

Статистическая обработка материалов исследований позволила выявить наличие положительной корреляционной зависимости между содержанием подвижных форм Cu и Cd (r = 0,84), Pb и Mn (r = 0,60), валовым содержанием Pb и Cu (r = 0,62), Pb и Mn (r = 0,63), Zn и Cu (r = 0,76), Cu и Mn (r = 0,77), что отражает сходную направленность биохимической миграции в процессе почвообразования. Кроме того, выявлена корреляционная зависимость между содержанием валовых форм Pb и легкогидролизуемого азота (r = 0,52), Cd и обменного калия (r = 0,58). Аккумуляция подвижных форм Cd и Cr в исследованных почвах находится в прямой зависимости от их валового содержания (r = 0,62; 0,56). При увеличении валового содержания Pb и Cd увеличивается содержание подвижных форм Zn, Cu и Cr (r = 0,57-0,75).

4. Особенности аккумуляции тяжелых металлов основными сельскохозяйственными культурами в Самарской области

В пространственном отношении на территории Самарской области выделяют южную, центральную и северную климатические зоны, отличающиеся почвенно-климатическими условиями и ценностью сельскохозяйственных земель (рис. 1) [272, 273, 311, 362, 367, 393].



Рис. 1. Агроклиматическое районирование Самарской области (Матвеев, 1997)

Северная зона занимает 25,7 % площади области. За год выпадает 350-450 мм осадков. Среднегодовая температура воздуха равна +2,6-3,5^{0}С. Сумма активных температур – 2200-2300^{0}С. Гидротермический коэффициент – 1,0-1,1. Запасы продуктивной влаги весной составляют 150-200 мм. Безморозный период наиболее короткий – 132-145 дней. Преобладающие почвы – выщелоченные и типичные черноземы среднегумусовые и среднемощные [272].

Центральная зона занимает 2,7 млн. га, или 46,3 % территории области, в том числе 1,2 млн. га пашни. Количество осадков за год равно 350-400 мм. Среднегодовая температура воздуха +3,2-3,6^{0}С. Сумма активных температур 2500-2700°С. Гидротермический коэффициент 0,7-0,8. Запасы продуктивной влаги в почве весной составляют 125-150 мм.

Продолжительность безморозного периода 144-152 дня. Преобладающие почвы: черноземы типичные среднегумусовые и среднемощные [272].

Южная зона занимает около 1,5 млн. га или 28,0% площади области, в том числе – 1,1 млн. га пашни. Среднегодовая температура воздуха равна +3,3-4,1^{0}С. За год выпадает лишь 270-300 мм осадков. Сумма активных температур – 2600-2800^{0}С. Гидротермический коэффициент – 0,6-0,7. Весенние запасы почвенной влаги составляют 100-120 мм. Продолжительность безморозного периода – 148-154 дня. Преобладающие почвы: черноземы южные среднемощные и темно-каштановые почвы [272].

Благоприятные природные условия для производства сельскохозяйственных культур в Северной агроэкономической зоне Самарской области, в которой сосредоточено 23% сельхозугодий и 21,8% пашни, в Южной зоне биоклиматический потенциал самый низкий из-за дефицита влаги, урожайность зерновых культур низка и неустойчива – на 35% ниже, чем в Северной зоне (Нефедова, 2005, Некрасов, 2009).

4.1. Зерновые культуры

Изучению особенностей аккумуляции и локализации тяжелых металлов в фитомассе озимых зерновых культур посвящены работы Н. В. Прохоровой (1996, 2002), В. А. Павловского и др. (1996); Н. М. Матвеева и др. (1997, 2008), которые отмечают, что количество токсикантов в растительном организме зависит от

конкретных почвенно-грунтовых и климатических условий зоны возделывания культуры, видовых особенностей биотипа, степени интенсификации производства, удаленности территории от источников антропогенного воздействия и т.д. Авторы подчеркивают, что растения больше аккумулируют «природные» тяжелые элементы (Sr, Rb, Fe, Mn, Ti), имеющие по преимуществу естественное происхождение, т.е. содержащиеся в больших количествах в почвообразующих породах, и меньше «техногенные» (As, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Zn), привнесенные в агроценозы Самарского Заволжья от внешних техногенных источников.

В 2008-2010 гг. исследовались агроландшафты Северной агроклиатической зоны. Изучалось накопление тяжелых металлов основными сельскохозяйственными культурами, возделываемыми в агроклиматических условиях агроландшафтов. Из озимых злаковых культур изучали растения озимой пшеницы, озимой ржи и озимой тритикале.

В исследованиях выявлено, что максимальное количество из окружающей среды озимая пшеница поглощает Mn – в среднем от 31,70 до 51,1 мг/кг воздушно-сухой биомассы, или 59,3-71,6% от общего объема изучаемых элементов (табл. 6). Большое количество поступает в растение Zn 15,54-19,27 мг/кг, или 21,8-36 % от общей суммы. Объем Cu и Pb в фитомассе варьировал в пределах 1,89-2,94 и 0,54-1,23 мг/кг, а их удельный вес в общем количестве металлотоксикантов составил соответственно 3,2-4,1 % и 0,9-1,72 %. Концентрация Co в сухой биомассе составляла – 0,39-0,61 мг/кг, а Cd 0,051-0,067 мг/кг, что не превышало 0,60-1,11 % и 0,09-0,11 % от общей массы тяжелых металлов. В порядке убывания в биомассе озимой пшеницы химические элементы образуют следующий рад: Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd.

На характер накопления микроэлементов оказывали влияние абиотические и биотические условия района возделывания культуры. Растения, выращенные в северной зоне на черноземе выщелоченном, содержат в 1,43 раза больше Mn, чем растения, культивируемые на черноземе типичном, и в 1,61 раза больше, чем озимая пшеница южной зоны.

Таблица 6

Содержание тяжелых металлов в озимых зерновых культурах, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элемент					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозем выщелоченный	Озимая пшеница	колос	0,032	0,44	18,63	2,60	0,33	34,65
		стебель	0,037	0,51	11,35	1,74	0,50	41,13
		корень	0,091	2,73	16,65	4,49	1,11	77,53
		среднее	0,053	1,23	15,54	2,94	0,64	51,10
	Озимая рожь	колос	0,038	0,09	13,53	2,19	0,19	22,73
		стебель	0,054	0,28	4,85	1,75	0,39	24,55
		корень	0,104	1,62	12,38	4,14	1,42	75,20
		среднее	0,065	0,66	10,25	2,69	0,67	40,83
Чернозем типичный	Озимая пшеница	колос	0,035	0,31	26,54	2,35	0,31	22,33
		стебель	0,056	0,68	14,50	2,19	0,42	31,08
		корень	0,061	1,19	16,78	4,17	1,09	53,11
		среднее	0,051	0,73	19,27	2,90	0,61	35,51
	Озимая тритикале	колос	0,040	0,31	27,35	2,77	0,14	17,23
		стебель	0,066	0,45	13,65	1,93	0,20	18,17
		корень	0,078	1,60	22,35	4,51	1,43	50,73
		среднее	0,061	0,78	21,11	3,07	0,60	28,71
Чернозем южный	Озимая пшеница	колос	0,039	0,19	23,50	1,35	0,21	21,96
		стебель	0,063	0,39	10,45	1,17	0,30	25,73
		корень	0,100	1,05	22,48	3,16	0,65	47,40
		среднее	0,067	0,54	18,81	1,89	0,39	31,70
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
Фон*			0,28	0,55	20,66	6,44	0,22	58,45

Примечание: * – по данным Н. М. Матвеева и др. (1997).

По отношению к Cd прослеживалась обратная зависимость: растения на черноземе южном содержали его на 26,4% больше, чем растения северной зоны, и на 31,3% больше, чем растения центральной зоны. Zn и Co усваивались озимой пшеницей на черноземе типичном.

Такие зональные особенности поступления элементов в растения можно объяснить разностью физико-химических условий почв, а также проявлением стимулирующего эффекта корневых выделений пшеницы на данном типе почв или действием химических выделений сорняков, повышающих биодоступность тяжелых металлов.

Сравнение полученных результатов с ПДК показало, что растения озимой пшеницы, выращенные во всех почвенно-климатических зонах Самарского Заволжья, содержат небольшое

количество металотоксикантов. Уровень аккумуляции Cu был в 10,2-15,8 раза меньше ПДК, Pb – в 4,1-9,2 раза, Mn в 3,9-6,3 раза, а Co и Zn – в 1,63-3,2 раза.

Установлено превышение фонового уровня по Co: на черноземе выщелоченном в 2,9 раза, на типичном в 2,8, а на южном в 1,8 раза. В растениях северной и центральной зон отмечено превышение и по Pb соответственно в 2,2 и 1,3 раза. Объем аккумуляции остальных элементов в сухой биомассе находился в пределах естественных потребностей растений в минеральных веществах.

4.2. Зерновые фуражные культуры

Одним из условий производства высококачественных продуктов животноводства (молока, мяса, яиц и т.д.), а также успешного ведения агробизнеса является наличие экологически безопасных кормов и, в первую очередь, концентрированных кормов. Изучением данной проблемы в агроландшафтах черноземного пояса страны занимались Ю. Б. Соловьев (2001), Г. А. Ларионов и др. (2004), Е. М. Селезнева и др. (2005), Я. Т. Суюндуков и др. (2008), Н. А. Кирилов и др. (2010), которые отмечают, что в условиях антропогенного воздействия на экосистемы важно знать особенности поступления тяжелых металлов в зернофуражные культуры и путем правильного видового подбора при конструировании агрофитоценозов свести к минимуму негативные последствия привнесения токсикантов.

Исследования биомассы ведущих зернофуражных культур Самарского Заволжья ячменя ярового и овса посевного показали, что биотипы имеют некоторые сходства и отличия по степени аккумуляции тяжелых металлов (табл. 7).

Так, в северной зоне на черноземе выщелоченном оба злаковых растения поглощают практически равное количество Cd – 0,042 и 0,046 мг/кг. По отношению к Pb овес проявил большую устойчивость и абсорбировал его в 4,0 раза меньше ячменя – 0,69 мг/кг против 2,78 мг/кг. На 5,4 % или 1,46 мг/кг ниже, чем в ячмень, поступало в овес и Zn, а по Cu разница составляла 7,3 % или 0,3 мг/кг. В 1,3 раза меньше ячменя овес поглощал и Co. По мнению авторов, относительно низкий объем поглощения Pb, Zn, Cu и Co овсом обусловлен глубоким проникновением его

корневой системы и подъемом минеральных веществ из нижних горизонтов почвы, содержащих меньшее количество токсинов. Аналогичные закономерности наблюдались и в опытах Н. В. Прохоровой (1996) и Н. М. Матвеева (1997), которые связывают их с особенностями водопотребления культур. Содержание Mn в сухом веществе ячменя и овса также было примерно равными и составляло, соответственно, 35,27 и 35,19 мг/кг.

Таблица 7

Содержание тяжелых металлов в зернофуражных культурах мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элемент					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозем выщелоченный	Ячмень	колос	0,024	1,75	27,08	4,03	0,24	15,20
		стебель	0,033	2,84	21,05	3,52	0,92	35,26
		корень	0,069	3,75	36,50	7,51	1,60	55,35
	Овес	метелка	0,025	0,17	31,30	3,19	0,12	25,60
		стебель	0,033	0,22	14,80	2,86	0,33	20,62
		корень	0,080	1,70	34,15	8,00	1,74	59,35
Чернозем типичный	Ячмень	колос	0,020	2,39	21,33	3,76	0,27	15,44
		стебель	0,030	1,72	14,48	3,04	0,31	20,06
		корень	0,058	3,52	36,00	5,49	1,11	42,93
	Овес	метелка	0,039	0,28	36,55	4,88	0,21	16,05
		стебель	0,053	0,20	22,75	3,07	0,35	13,15
		корень	0,109	1,61	33,58	6,57	1,38	46,05
Чернозем южный	Ячмень	колос	0,044	0,20	18,65	1,95	0,40	9,30
		стебель	0,062	0,24	11,35	1,16	0,29	24,85
		корень	0,090	2,67	20,88	5,32	1,85	62,03
	Овес	метелка	0,029	0,18	11,58	2,83	0,20	27,98
		стебель	0,039	0,33	2,30	2,21	0,25	18,36
		корень	0,069	0,84	16,33	3,17	0,38	39,33
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*Региональный фоновый уровень (РФУ) для ячменя			0,26	0,67	17,16	7,29	0,22	43,71
*РФУ для овса			0,29	0,65	17,04	7,80	0,21	66,60

Примечание: * – по данным Н. М. Матвеева и др. (1997).

Таким образом, суммарное количество изучаемых металлов аккумулируемых ячменем, равнялось 72,24 мг/кг, а овсом 68,08 мг/кг. В порядке убывания в фитомассе ячменя элементы образуют следующий ряд: Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd, а овса: Mn > Zn > Cu > Co > Pb > Cd, т.е. овес поглощает меньше высокотоксичного Pb, чем ячмень.

Анализами установлено, что около 45,2-60,5 % поступающих тяжелых металлов зернофуражные культуры, как и зерновые растения, локализуют в корневой системе, 32,8-34,3 %, в стеблевой части и только 6,7-20,5 % Cd, Pb и Co транспортируется в колос. По Zn и Cu, а у овса еще и по Mn, прослеживалась иная закономерность. Около 32,6-41,5 % микроэлементов мигрировало в генеративную часть и только 20,1-25,6 % задерживалось «биологическим барьером» стеблей. Очевидно, данный тип поглощения этих биогенных элементов характерен для всех злаковых культур, в том числе и пленчатых.

Эксперименты в центральной зоне показали, что фитомасса ячменя, выращенного на черноземе типичном, суммарно содержит в среднем на 26,0 %, а овса на 9,2 % меньше аккумулянтов, чем растения северной зоны. При этом более четкая отрицательная динамика прослеживалась у ячменя; по Cd на 16,6 %; Pb на 9,4 %; Zn на 17,8 %; Cu на 49,2 %; Co на 64,0 %: Mn на 34,9 %. У овса уменьшение аккумуляции отмечалось только по Co и Mn на 12,3 % и 40,0 %, а по Cd, Zn и Cu концентрация увеличивалась соответственно на 45,6 %, 15,7 % и 3,4 %. Однако, в абсолютном весе это составляло не более 4,39 мг/кг при практически равных значениях по содержанию Pb.

Растения центральной зоны имели несколько иной характер локализации металлов в фитомассе. Наряду с Zn и Cu в колос ячменя и метелку овса, как и в случае с яровой пшеницей, в повышенных количествах, минуя «защитные барьеры», проникает высокотоксичный Pb. Причем, его средняя концентрация в овсе была почти в 3,2 раза меньше, чем в ячмене (0,70 мг/кг против 2,54 мг/кг), а в генеративных частях разница достигала 8,4 раза (0,28 мг/кг и 2,39 мг/кг).

По объему аккумуляции в фитомассе ячменя и овса, возделываемых в центральной зоне на черноземе типичном, элементы располагаются в следующем убывающем ряду: Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd.

Растения южной зоны отличались относительно небольшим уровнем поглощения токсикантов. Сумма всех микроэлементов, усвоенных ячменем, равнялась 53,78 мг/кг, а овсом 45,15 мг/кг. Это на 34,3 % и 61,5 % ниже показателей северной зоны и на 6,5 % и 47,7 % центральной. Однако на черноземе южном ячмень в

1,5-1,8 раза больше поглощал Cd и в 1,2 раза больше Mn по отношению к чернозему типичному.

Однако, по весу это не превышало 0,020-0,029 мг/кг и 5,92 мг/кг, соответственно, и не оказывало существенного влияния на качество продукции, поскольку показатели аккумуляции находились значительно ниже ПДК и фонового уровня.

Исследованиями выявлено, что растения степной зоны в 1,5-2,7 раза меньше накапливают Pb, а объемы его передвижения в колос и метелку не превышают 6,4-13,3 %. В отношении Zn и Cu сохранялись выявленные ранее закономерности: наряду с корневой зоной, вторым вместилищем этих элементов являлись генеративные части растений. У овса данная тенденция прослеживалась и с Mn. В северной зоне у ячменя содержание варьировало в пределах 14,0-92,0 %, а у овса 13,8-73,0 % от ПДК.

В центральной, соответственно, 12,0-56,0 % и 12,5-65,0 %, а в южной 9,3-33,9 % и 9,0-20,1 % от ПДК. При этом минимальное количество по отношению к ПДК в растениях откладывалось Cd, Cu и Mn, в среднем 9,2-17,5 %, и максимальное Pb, Zn и Co 36,5-92,0 %. Установлено, что овес во всех почвенно-климатических зонах в 2,3-4,2 раза меньше, чем ячмень, аккумулирует высокотоксичного Pb, а также Zn, Cu и Mn, а в зоне чернозема выщелоченного и южного, еще и Co.

Экспериментами выявлено, что растения ячменя и овса, не превышая ПДК, способны в 1,3-4,1 раза больше фоновых значений абсорбировать Co и в 1,1-4,0 раза Pb. В северной и центральной зонах на 40,0-81,6 % выше фонового индекса накапливается Zn. Концентрация Cd, Cu и Mn, а в южной зоне и Zn, находилась в пределах естественно-необходимого уровня.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать заключение, что минимальное количество металлотоксикантов в условиях Самарского Заволжья накапливается в растениях овса, максимальное в ячмене. Наибольший уровень аккумуляции элементов имеют растения северной зоны, культивируемые на черноземе выщелоченном, меньший уровень в степной зоне, возделываемые на черноземе южном. Объемы поглощения тяжелых металлов зернофуражными культурами не превышают ПДК, а по Cd, Cu, Mn и фоновых значений. Основным местом локализации аккумулянтов является корневая система, а у Zn и Cu еще и генеративные органы.

4.3. Зерновые бобовые культуры

Из зерновых бобовых культур наибольшие площади в агроландшафтах Самарского Заволжья занимает горох посевной.

Ряд хозяйств центральной и южной зоны пнаряду с горохом промышленно культивирует относительно новое для нашего региона растение – сою. Учитывая важное продовольственное, кормовое и средообразующее значение зерновых бобовых, многие исследователи уделяли серьезное внимание изучению вопросов получения экологически безопасной продукции этих культур [49, 53, 154, 181]. Бобовые растения способны к избирательному поглощению и регулируют поступление токсинов в ткани организма. В условиях высокого фонового загрязнения территории, регуляторная функция нарушается и в продукцию может поступать большое количество тяжелых металлов. Горох, выращенный в северной зоне Самарского Заволжья, аккумулирует в среднем 0,060 мг на 1 кг воздушно-сухой биомассы Cd, 0,86 – Pb, 25,60 – Zn, 5,07 – Cu, 0,46 – Co и 28,68 мг/кг – Mn (табл. 8).

Таблица 8

Содержание тяжелых металлов в зернобобовых культурах, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элемент					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозем выщелоченный	Горох	бобы	0,038	0,20	26,34	5,20	0,20	33,50
		стебель	0,060	0,60	23,32	4,00	0,50	27,13
		корень	0,080	1,78	27,12	6,00	0,68	25,30
		среднее	0,060	0,86	25,60	5,07	0,46	28,68
Чернозем типичный	Соя	бобы	0,030	0,10	22,42	4,20	0,10	29,52
		стебель	0,080	0,61	12,46	3,30	0,46	25,61
		корень	0,120	0,89	26,15	5,12	0,56	22,26
		среднее	0,080	0,54	20,35	4,41	0,38	25,80
	Горох	бобы	0,015	0,20	21,41	3,44	0,10	28,14
		стебель	0,027	0,43	20,88	2,96	0,37	27,89
		корень	0,057	1,29	22,40	4,20	0,40	24,51
		среднее	0,040	0,64	21,57	3,54	0,29	26,85
Чернозем южный	Горох	бобы	0,030	0,30	18,55	2,60	0,15	26,13
		стебель	0,058	0,57	16,13	2,00	0,24	24,20
		корень	0,126	1,32	20,16	3,20	0,36	22,00
		среднее	0,080	0,73	18,28	2,60	0,25	24,11
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*РФУ для гороха			0,26	0,54	20,99	6,77	0,37	19,17

Примечание: * – по данным Н. М. Матвеева и др. (1997).

Эти массы накопления относительно невелики и не превышали по Cd – 20,0%, Pb – 17,0%, Zn – 51,2%, Cu – 16,9%, Co – 46,0% и Mn – 14,3% от предельно допустимой концентрации, а по Cd и Cu и регионального фонового уровня. Однако концентрация в фитомассе Pb, Zn, Co и Mn, соответственно, в 1,6, 1,2, 1,3 и 1,5 раза превышала естественную норму. Очевидно, это связано с корневыми выделениями гороха, увеличивающими подвижность и абсорбцию почвенных металлотоксинов, а возможно, и с их привнесением воздушными потоками на поля извне.

Почвенно-климатические и техногенные условия центральной зоны способствовали меньшей аккумуляции тяжелых металлов в фитомассе гороха. Установлено, что общий объем изучаемых элементов в растениях не превышает 52,93 мг/кг, что на 7,80 мг меньше показателей северной зоны. При этом, снижение концентрации наблюдалось по всем металлам и составляло у Cd на 50,0%, Pb на 34,4%, Zn на 18,7%, Cu на 43,3%, Co на 58,7% и Mn на 6,9%. Сравнение полученных показателей с величиной ПДК не выявило их превышения. По Cd, Cu и Co, они находились, даже ниже регионального фонового уровня. В то же время, в северной зоне отмечалось повышенное поступление в растения Pb, Zn и Mn, соответственно, на 18,6 %, 2,8 % и 40,1 %.

Зональные особенности аккумуляции элементов прослеживались и у растений степной зоны, возделываемых на черноземе южном. В целом они содержали около 46,05 мг/кг тяжелых металлов. Это на 32,0 % меньше, чем растения северной зоны и на 14,9 % центральной. Особенно существенное уменьшение концентрации в тканях наблюдалось по Cu: с 5,07 мг/кг – на севере, до 3,54 мг/кг – в центре и 2,60 мг/кг – на юге, или на 95,0 % и до 36,2 %. Содержание Zn, Co и Mn было на 18,0 %, 16,0 % и 11,3 % ниже значений центральной зоны и на 40,0 %, 84,0 % и 18,9 % северной. По Cd и Pb, наоборот, наблюдалось повышение концентрации. Причем, объемы накопления растениями Cd в 2,0 раза превышали показатели центральной зоны и в 1,3 раза северной – 0,080 мг/кг против 0,040 и 0,060 мг/кг. Концентрация Pb на 14,1 % превосходила значения растений, выращенных на черноземе типичном. Однако, несмотря на локальное повышение Cd в фитомассе гороха, объемы его накопления были в 3,2 раза меньше регионального фонового уровня. Аналогичные закономерности прослеживались по Zn, Cu и Co. И только по Pb и Mn уровень

поступления элементов оказался на 35,2 % и 25,8 % больше естественных потребностей. Сравнение полученных результатов с индексами ПДК показало, что содержание Cd в растениях гороха находится в 3,7 раза, Pb в 6,8, Zn в 2,7, Cu в 11,5, Co в 4,0, а Mn в 8,2 раза меньше ПДК. Исследованиями выявлено, что основная часть поглощенного растениями кадмия, свинца и кобальта, как у гороха северной зоны, так и южной, откладывается в подземной фитомассе. В стебель проникает в среднем в 1,3-3,0 раза, а в бобы в 2,1-6,4 раза меньше токсинов, чем в корень. Превалирующую долю цинка и меди растения также локализуют в корневой зоне, вторым вместилищем этих элементов являются бобы, где их содержание в 1,1-1,8 раза выше, чем в стеблях. Наоборот, наибольшее количество марганца (26,13-33,50 мг/кг) растения транспортировали в бобы и только 22,00-25,30 мг/кг (или на 18,7-32,4% меньше) откладывали в корневой зоне.

В стеблях и листьях локализовалось от 24,20 до 27,89 мг/кг Mn. Это на 7,9-20,1 % ниже значений для бобов и на 10,0-10,2% для корней. Повышенное количество Zn, Cu и Mn в генеративных органах растений, очевидно, обусловлено их участием в синтезе белков и аминокислот, причем Mn в большей степени.

Сравнение объемов аккумуляции металлов биомассой гороха и сои показало, что характер поступления элементов и их локализация в растениях во многом схожи, с той разницей, что практически при равной концентрации Zn и Mn, соя, как высокоэнергетическая культура, в отличие от гороха в тех же агроусловиях почти в 2,0 раза больше поглощала Cd, в 1,2 – Cu и в 1,3 раза – Co. Однако, по отношению к Pb соя проявляла избирательность, абсорбируя его на уровне фоновых значений – 0,54 мг/кг или на 18,5 % ниже, чем горох. При этом, общая сумма металлов в сое только на 2,6 % уступала гороху и равнялась 51,56 мг/кг. Так же, как и горох, максимальное количество элементов, за исключением Mn, соя откладывала в корневой части и лишь незначительная доля Cd, Pb и Co проходила биологические барьеры и поступала в бобы. Локализация Mn, Zn и Cu в надземных органах во многом подчинялась закономерностям, выявленным у гороха, наибольшее их количество отмечалось в бобах сои. Анализ полученных результатов не выявил превышения ПДК, поскольку, концентрация тяжелых металлов в тканях сои была на уровне естественных потребностей растительного организма в микроэлементах. Таким образом, по

результатам исследований можно сделать заключение, что агроэкологические условия Самарского Заволжья позволяют формировать фитомассу гороха и сои с концентрацией тяжелых металлов, значительно уступающей ПДК. С продвижением посевов гороха с севера на юг содержание в растениях Zn, Cu, Co и Mn уменьшается, а Cd и Pb возрастает. Соя при практически равных с горохом объемах поглощения Zn и Mn больше абсорбирует Cd, Cu и Co и меньше Pb. Основную часть Cd, Pb и Co зерновые бобовые растения локализуют в корневой системе, Zn, Cu и Mn в относительно больших количествах транспортируется в бобы.

4.4. Крупяные культуры

Для производства круп в агроландшафтах Самарского Заволжья культивируют гречиху обыкновенную и просо обыкновенное. Причем в северной лесостепной зоне предпочтение отдают гречихе, а в центральной и южной степной – просу. Учитывая, что крупа этих культур используется в детском и диетическом питании, изучение особенностей экологически безопасного производства зерна этих растений, имеет важное значение для поддержания здоровья. По сведениям Р. Е. Елишева и др. (2001), В. Ф. Кирдина (2010), В. Д. Баранникова и др. (2005), В. В. Бузмакова и др. (2005), в условиях техногенного загрязнения территории крупяные культуры могут накапливать, в отличие от других растений, значительное количество тяжелых металлов и аккумулировать их в зерновой части урожая. Экспериментами установлено, что гречиха в условиях центральной зоны на черноземе типичном может суммарно накапливать около 49,47 мг/кг изучаемых металлов (табл. 9). По уровню концентрации в фитомассе ТМ образуют следующий убывающий ряд: Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd. При этом на долю Mn приходится 63,1% общего объема элементов, Zn – 30,4%, Cu – 5,1%, Pb – 0,8%, Co – 0,5% и Cd – 0,1%. Однако, несмотря на повышенную аккумуляцию Mn и Zn, их концентрация не превышала ПДК. Аналогичные закономерности прослеживались и по другим металлам. Содержание Pb и Cu варьировало около 7,6 % и 8,4 %, а Cd и Co – 17,0 % и 29,0 % от ПДК. Концентрация Cd, Pb, Cu, Co и Mn не превышала и регионального фонового показателя. Уровень накопления Zn оказался на 22,5 % выше естественного значения.

Таблица 9

Содержание тяжелых металлов в крупяных культурах, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элемент					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозем выщелоченный	Гречиха	соцветия	0,035	0,25	22,60	4,75	0,20	26,15
		стебель	0,047	0,40	15,40	2,16	0,42	37,20
		корень	0,120	0,88	27,40	5,30	0,62	60,52
		среднее	0,068	0,51	21,80	4,07	0,41	41,29
Чернозем типичный	Гречиха	соцветия	0,018	0,15	16,43	2,85	0,16	19,30
		стебель	0,040	0,32	10,13	1,57	0,26	27,52
		корень	0,094	0,66	18,56	3,20	0,45	46,70
		среднее	0,051	0,38	15,04	2,54	0,29	31,17
	Просо	метелка	0,060	0,20	25,85	10,12	0,18	17,68
		стебель	0,090	0,72	22,60	6,80	0,58	28,57
		корень	0,130	1,39	31,40	11,53	1,14	60,85
		среднее	0,094	0,77	26,61	9,48	0,63	35,70
Чернозем южный	Просо	метелка	0,080	0,45	21,13	7,80	0,10	15,60
		стебель	0,102	0,90	19,60	5,08	0,35	23,16
		корень	0,140	1,56	25,30	8,15	0,96	51,30
		среднее	0,108	0,97	22,01	7,01	0,47	30,02
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*РФУ для гречихи			0,20	0,88	12,28	8,00	0,90	73,13
*РФУ для проса			0,27	0,79	17,33	10,27	0,81	53,64

Примечание: * – по данным Н. М. Матвеева и др. (1997).

Просо в отличие от гречихи, имея мощную корневую систему с высоким градиентом сосущей силы, аккумулировало в 1,8 раза больше Cd, в 2,0 – Pb, в 1,8 – Zn, в 3,7 – Cu, в 2,2 – Co и в 1,1 раза Mn при суммарном накоплении элементов 73,28 мг/кг. Аналогично гречихе, просо абсорбирует наибольшее количество Mn – 48,7% от общей массы, далее следует Zn – 36,3%, Cu – 12,9%, Pb – 1,0%, Co – 0,9 и Cd – 0,1%. В соответствии с этим, металлы образуют следующий убывающий ряд: Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd. Сравнение полученных результатов с показателями ПДК не выявило их превышения. Среднее количество Cd в фитомассе было не более 31,3 % от ПДК, Pb – 15,8 %, Zn – 53,2 %, Cu – 31,6 %, Co – 63,0 %, а Mn – 17,8 %. Уровень аккумуляции металлов, за исключением Zn, был ниже фоновых значений. Просо, как и гречиха, активно

поглощало ионы Zn, накапливая их в 1,5 раза больше среднего фонового значения.

С продвижением в степную зону на чернозем южный, объемы аккумуляции микроэлементов в фитомассе проса снижались в среднем на 21,0% до 60,6 мг/кг. При этом концентрация Zn уменьшалась на 20,9 %, Cu на 35,3 %, Co на 34,1 % и Mn на 19,0 %. По Cd и Pb, аналогично другим культурам, отмечалась повышенная абсорбция этих элементов, соответственно на 15,0 % и 12,6 % до 0,108 и 0,97 мг/кг. Однако и в этом случае объемы их накопления, как и других металлов, не превышали уровня ПДК и находились по Cd, Zn, Cu и Co в пределах 23,3-47,0%, а по Pb и Mn не более 15,0-19,4 % от ПДК. Выше фоновых значений аккумулировался только Pb и Zn, соответственно, на 22,8 % и 27,0 %. Содержание других элементов находилось в пределах нормы.

Суммарное накопление тяжелых металлов в фитомассе гречихи северной зоны равнялся 68,73 мг/кг. Это в среднем на 39,0 % больше, чем в растениях центральной зоны. Причем увеличение концентрации отмечалось по всем элементам и достигало у Cd – 33,4 %, Pb – 34,3 %, Zn – 45,0 %, Cu – 60,3 %, Co – 41,4 %, Mn – 32,5%. Повышенное поступление металлов в растения, возделываемые на черноземе выщелоченном наряду с подкисленной реакцией почвы, обусловлено еще и физиологическими особенностями гречихи, способной в отличие от других зерновых культур с помощью корневых выделений переводить трудно растворимые минеральные соединения в подвижные.

Исследованиями установлено, что несмотря на увеличение уровней накопления тяжелых металлов в фитомассе, они не превышают контрольных значений и находятся ниже ПДК (Pb, Cu, Mn и Cd, соответственно, на 89,8, 86,4, 79,4 и 77,4 %, а Zn и Co на 56,4 и 59,0 %). Не выявлено отклонений и от фоновых показателей. Поглощение всех металлов, за исключением Zn, находилось в пределах, характерных для агроценозов гречихи северной зоны. Превышение фонового параметра по Zn достигало 77,6% – 21,80 мг/кг против 12,28 мг/кг по норме.

По объему аккумуляции в растениях металлы образуют убывающий ряд, аналогичный гречихе центральной зоны: Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd. При этом, на долю Mn приходится 60,0 % суммарной массы элементов, Zn – 31,7 %, Cu – 5,9 %, Pb – 0,7 %, Co – 0,4 % и Cd – 0,1 %.

Характерным для проса и гречихи являлось то, что основная часть поступающих в растения элементов откладывалась в подземных тканях растений. Вторым вместилищем Cd, Pb, Co и Mn являлась надземная вегетативная масса. Репродуктивные органы аккумулировали в 1,9-9,6 раз меньше этих металлов, чем корни и в 1,3-3,5 раза меньше, чем стебли и листья. Механизм накопления Zn и Cu отличался тем, что, наряду с корневой системой, значительная часть этих металлов (в 1,1-1,6 раза больше, чем в стебле и листьях), растениями транспортировалась в соцветия.

Присутствие Cu в генеративных частях растений объясняется ее биологическим участием в ассимиляционных процессах и синтезе высокомолекулярных соединений в период налива зерна. Повышенная концентрация Zn в крупяных культурах обусловлена особенностью минерального питания этих растений, наличием пленочных оболочек вокруг зерна, возможным участием в синтезе запасающих веществ, а также его синергизмом с другими поступающими металлами [34].

По результатам исследований можно сделать заключение, что в равных почвенно-климатических и экологических условиях просо аккумулирует в среднем на 84,0 % больше тяжелых металлов, чем гречиха. С продвижением проса в южную зону поступление Zn, Cu, Co и Mn в биомассу снижается в среднем на 21,0 %, а Cd и Pb возрастает на 15,0 и 12,6 %. Гречиха северной зоны поглощает на 39,0 % больше металлотоксикантов, чем в центральной. Основная масса тяжелых элементов локализуется в корневой системе растений и лишь наибольшее количество Cd, Pb, Co и Mn транспортируется в генеративные органы. Zn и Cu могут в значительных объемах присутствовать в зоне формирования зерна. Уровень накопления изучаемых металлов в крупяных культурах Самарского Заволжья не превышает ПДК, а по Cd, Cu, Co, Mn и Pb в северной и центральной зонах – и фоновых значений.

4.5. Пропашные культуры

Из пропашных культур в Самарском Заволжье наибольшее распространение имеют подсолнечник на маслосемена и кукуруза, причем ее могут возделывать как на силос, так и на зерно. Эти растения имеют много общего в биологии и приемах возделывания, отличаясь от других полевых культур способностью поглощать из

почвы большое количество минеральных веществ, необходимых для формирования высоких урожаев вегетативной массы и семян.

Экспериментами выявлено, что наряду с макроэлементами растения способны поглощать и все изучаемые тяжелые металлы. Однако, объемы их абсорбирования и характер локализации в растительных тканях во многом зависит от особенностей биотипов и почвенно-климатических условий агроценозов. Анализы фитомассы показали, что наибольшее количество тяжелых металлов на всех подтипах черноземов поглощает кукуруза (72,94-104,74 мг/кг сухой биомассы), а наименьшее – подсолнечник (28,84-53,10 мг/кг). При этом в общей структуре поглощенных элементов злаковым растением основная доля приходилась на Mn – 62,5-67,6 %, в то время, как у сложноцветного растения наибольший удельный вес занимал Zn – 43,9-57,6 %, а доля Mn составляла только 20,1-31,3 % (табл. 10).

Растения кукурузы северной зоны аккумулировали в среднем 0,033 мг/кг – Ca, 1,14 мг/кг – Pb, 18,65 мг/кг – Zn, 3,01 мг/кг – Cu, 0,76 мг/кг – Co и 49,35 мг/кг – Mn. Подсолнечник в этих же условиях в отличие от кукурузы накапливал в 3,8 раза больше Cd, в 2,3 раза Cu и на 6,3 % больше Zn, при одновременном снижении абсорбировании Pb в 2,4 раза, Co в 1,5 раза, а Zn в 7,0 раза.

Таким образом, по уровню накопления в фитомассе кукурузы на черноземе выщелоченном элементы образуют следующий убывающий ряд: Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd, а в растениях подсолнечника Zn > Mn > Cu > Co > Pb > Cd. Причем, характер поступления Mn, Zn и Cu в биомассу кукурузы оказался во многом схож с аккумуляцией этих элементов другими злаковыми культурами и, очевидно, обусловлен особенностью строения корневой системы и общим механизмом поглощения минеральных элементов. Сравнение полученных значений с контрольными индексами не выявило превышения ПДК. Однако, уровень аккумуляции Pb и Zn в фитомассе кукурузы на 70,4 и 38,7 %, а Co в 2,6 раза превышал фоновые значения. В растениях подсолнечника выше фоновых параметров оказалось содержание Zn и Co (соответственно, на 25,6 и 48,5 %).

Анализы химического состава растений центральной зоны показали, что кукуруза, размещенная на черноземе типичном поглощает на 90,9 % больше, чем в северной зоне, Cd, на 67,5 % – Pb, на 50,6 % – Zn, в 2,7 раза – Cu, 1,3 – Co и 1,3 раза – Mn.

Таблица 10

Содержание тяжелых металлов в пропашных культурах, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элемент					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозем выщелоченный	Кукуруза	початок	0,011	0,17	15,05	1,39	0,04	1,73
		стебель	0,017	0,26	11,85	2,38	0,25	31,75
		корень	0,070	2,98	29,05	5,25	1,98	114,58
		среднее	0,033	1,14	18,65	3,01	0,76	49,35
	Подсолнечник	корзинка	0,139	0,20	37,45	14,30	0,15	5,92
		стебель	0,133	0,30	11,25	2,86	0,28	3,10
		корень	0,111	0,95	10,75	3,97	1,04	12,13
		среднее	0,128	0,48	19,82	7,04	0,49	7,05
Чернозем типичный	Кукуруза	початок	0,013	0,18	35,18	2,78	0,16	2,61
		стебель	0,043	1,49	16,65	9,31	0,50	70,28
		корень	0,133	4,07	32,45	12,38	2,29	123,72
		среднее	0,063	1,91	28,09	8,16	0,98	65,54
	Подсолнечник	корзинка	0,103	0,26	30,90	15,63	0,20	12,53
		стебель	0,095	0,96	27,30	13,51	0,53	7,25
		корень	0,060	1,48	11,75	4,52	2,06	30,03
		среднее	0,086	0,90	23,32	11,22	0,93	16,60
Чернозем южный	Кукуруза	початок	0,014	0,14	38,48	1,38	0,59	2,65
		стебель	0,042	0,50	15,45	6,07	0,40	97,48
		корень	0,119	4,18	27,85	10,65	2,22	94,35
		среднее	0,058	1,61	27,26	6,03	1,07	64,83
	Подсолнечник	корзинка	0,437	0,34	35,08	8,62	0,12	6,76
		стебель	0,055	0,50	4,00	1,91	0,22	3,56
		корень	0,129	0,91	10,75	2,30	0,71	10,13
		среднее	0,207	0,58	16,61	4,28	0,35	6,82
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*РФУ для кукурузы (Матвеев, 1997)			0,28	0,67	13,44	8,25	0,29	56,49
*РФУ для подсолнечника, (Матвеев, 1997)			0,41	0,72	15,77	9,69	0,33	51,18

Это связано с биологическими особенностями растений и их реакцией на оптимизацию почвенной среды, поскольку с повышением значений pH хлеба второй группы способны значительно увеличивать поглотительную способность корневой системы [24].

Аналогичные закономерности прослеживались и у подсолнечника. При отрицательной динамике по Cd, растения на 87,5 % больше аккумулировали Pb, на 17,6 % – Zn, на 59,3 % – Cu, в 1,9 раза – Co и в 2,3 раза – Mn. Исследованиями выявлено, что, как и в северной зоне, подсолнечник в отличие от кукурузы,

в 2,1 раза меньше поглощает высокотоксичного Pb, на 5,3% – Co и в 3,9 раза – Mn. Но в то же время эта культура на 36,5 % больше накапливает такого канцерогена, как Cd. Очевидно, при относительно большой концентрации Cd в окружающей среде и стечении определенных обстоятельств, он начинает замещать один из биогенных элементов, входящих в состав липидов и жировых кислот, откладываемых подсолнечником [86].

Несмотря на увеличение концентрации тяжелых элементов в растениях подсолнечника, количество Cd не превышает 28,6 % от ПДК, Pb – 18,0 %, Zn – 46,6 %, Cu – 37,3 %, Co – 93,0 %, Mn – 83,0 %, а в фитомассе кукурузы, соответственно, 21,0, 38,2, 56,2, 27,2, 98,0 и 32,7 % от ПДК. Выше фоновых значений в растениях подсолнечника оказалось содержание Pb – 25,0%, Zn на 47,8%, Cu на 15,7%, а Co в 2,8 раза. В кукурузе также превышение отмечено по Pb в 2,8 раза, Zn в 2,1 и Co в 3,3 раза. По уровню накопления в фитомассе тяжелые элементы образуют убывающие ряды, аналогичные зоне чернозема выщелоченного: кукуруза – Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd, подсолнечник – Zn > Mn > Cu > Co > Pb > Cd.

Суммарный объем аккумуляции элементов в кукурузе степной зоны на черноземе южном был примерно равным с центральной зоной и составлял 100,85 мг/кг сухой биомассы.

У подсолнечника прослеживалась отрицательная динамика – 28,84 мг/кг против 37,92 мг/кг на севере и 53,10 мг/кг в центре области. Кукуруза южной зоны, по сравнению с растениями центральной зоны, поглощает в среднем на 8,6% меньше Cd, на 18,6% – Pb, 3,0% – Zn, 35,3% – Cu и 1,0% – Mn. Аналогичные закономерности прослеживались и в фитомассе подсолнечника с той разницей, что отрицательная динамика была большей и составляла по Pb – 55,1%, Zn – 40,3%, Cu в 2,6 раза, Co в 2,7 раза и Mn в 2,4 раза. По мнению авторов, это связано с недостаточным режимом увлажнения и, как следствие, глубоким проникновением корневых систем растений в почву, подъемом питательных веществ и влаги из горизонтов с более низким уровнем почвенной концентрации тяжелых элементов.

В то же время, кукуруза степной зоны накапливает на 15,1% больше Co, что в 3,7 раза выше нормы и на 7,0% выше значения ПДК. Подсолнечник в 3,5 раза больше содержал Cd, однако, его концентрация была на 31,0 % ниже уровня ПДК и не превышала 0,207 мг/кг. Средний уровень аккумулирования Cd в растениях

кукурузы был не более 19,3 % от ПДК, Pb – 32,2%, Zn – 54,4%, Cu – 20,1%, Mn – 32,4%. В фитомассе подсолнечника накопление Pb находилось в пределах 11,6% от ПДК, Zn – 33,2%, Cu – 14,2%, Co – 35,0%, Mn – 3,4%. Превышение фоновых значений у изучаемых биотипов отмечалось по Zn и Co, а у кукурузы еще и по Pb и Mn. По уровню максимального содержания в растениях степной зоны тяжелые металлы образуют следующий ряд: кукуруза – Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd; подсолнечник – Zn > Mn > Cu > Pb > Co > Cd. Исследованиями выявлено, что кукуруза и подсолнечник имеют разный характер локализации элементов в растительных тканях. Кукуруза, как и другие злаковые растения, основную часть поглощенного Cd, Pb, Cu, Co и Mn откладывает в корневой системе. В стебель и листья проникает в среднем около 22,5-30,6 % металлотоксинов и только 1,5-10,7 %, преодолев биологические барьеры, накапливается в початке. По Zn иная закономерность. Относительно большое количество этого биогенного элемента транспортируется в початок и в пределах 15,05-38,48 мг/кг сухой биомассы концентрируется в зерне. Zn является важным катализатором при синтезе углеводов и контролирует накопление сахаров и крахмала в эндосперме.

Наибольшее количество Zn отмечено в растениях центральной и южной зон, формирующих полноценное по качеству зерно кукурузы – 35,45 и 38,48 мг/кг, а наименьшее – на севере области (15,05 мг/кг) в зоне лимитированного возделывания зерновой кукурузы.

Подсолнечник, так же, как и кукуруза, часть Zn транспортирует в запасающие ткани. Но в отличие от злаковой культуры, его концентрация в корзинке может в 2,6-3,5 раза превышать содержание в корневой системе и в 1,5-3,3 раза, а на юге в 8,8 раза, накоплений в стеблях. Наряду с Zn, в корзинке подсолнечника идет интенсивная аккумуляция биоэлемента Cu, участвующего в метаболических реакциях и, очевидно, контролирующего отложение липидов.

Кроме Zn и Cu, в соцветия подсолнечника активно мигрирует и Mn, достигая средней концентрации 5,92-12,53 мг/кг. При этом, по его накоплению органы растений образуют четкий убывающий ряд: корзинка > корень > стебель.

Экспериментами установлено, что наряду с относительно безопасными Zn, Cu и Mn, подсолнечник на всех подтипах

черноземов способен в значительных количествах транспортировать в соцветия и высокотоксичный канцероген Cd до 0,103-0,437 мг/кг. Причем, максимальную концентрацию этого элемента имели корзинки, полученные в южной зоне. По нашему мнению, высокий уровень поступления Cd в репродуктивные органы подсолнечника может быть связан с засушливым типом погодных условий в годы исследований, особенностью транспирации почвенной влаги, поглощением минеральных веществ и их продвижением в тканях растений, а так же возможным его синергизмом с Zn.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать заключение, что по объему аккумулирования тяжелых металлов кукуруза в условиях Самарского Заволжья превосходит подсолнечник. По абсолютному количеству в фитомассе кукурузы элементы образуют следующий убывающий ряд: Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd; подсолнечника: Zn > Mn > Cu > Pb > Co > Cd. Уровень концентрации тяжелых металлов в биотипах, за исключением Co, не превышает ПДК. Повышенное содержание Co имеет кукуруза южной зоны. Выше фоновых значений в локальных условиях кукуруза способна накапливать Pb, Zn, Cu, Co и Mn, а подсолнечник Pb, Zn, Cu и Co. Максимальное количество Cd, Pb, Cu и Mn кукуруза локализует в корневой системе. Значительные объемы поглощенных подсолнечником Cd, Zn, Cu и Mn, а кукурузой и Zn могут мигрировать в генеративные части растений.

4.6. Картофель

Посадки картофеля, являющегося основным продуктом, определяющим продовольственную базу страны, в Самарской области занимают значительные площади, до 8 тыс. га возделывается в сельскохозяйственных организациях и в личных подсобных хозяйствах [385].

Жаркая и сухая погода в период вегетации и высокий уровень техногенной нагрузки снижают продуктивность и ухудшают семенные качества картофеля уже после двух-трех вегетации, а у восприимчивых сортов даже после первой [14, 89, 152].

При возрастающем техногенном загрязнении агроландшафтов, наиболее эффективным путем повышения продуктивности картофеля является внедрение в практику сельского хозяйства

высокоурожайных экологически устойчивых сортов, которые позволяют повысить продуктивность картофеля [24, 291]. При этом регулярно контролируется содержание высокотоксичных тяжелых металлов в полученной продукции [135].

Исследования сортового картофеля проводились в полевых условиях южной агроклиматической зоны Самарского Заволжья, возделываемого на черноземе обыкновенном.

Анализ химического состава (табл. 11) изучаемых сортов показал, что содержание крахмала в клубнях колеблется от 12,9% (сорт Ланорма) до 14,9 % (сорт Витессе).

Сорта с высоким содержанием крахмала считаются более вкусными, при этом самыми высококрахмалистыми (14-25 %) можно назвать сорта Витессе (14,9 %) и сорт Роко (14,4 %).

Таблица 11

Основные химические показатели сортов картофеля

Сорт	Показатель									
	Сухое вещество, %	Белки, %	Клетчатка, %	Зола, %	БЭВ, %	Азот, %	Фосфор, %	Калий, %	Сахар, г	Крахал, %
Витесса элита	22,20	10,12	2,85	4,13	82,90	1,76	0,38	2,85	12,86	14,9
Розара суперэлита	19,40	13,51	1,09	4,14	81,26	2,35	0,46	2,76	14,08	13,5
Романо	19,33	13,28	4,98	4,29	77,45	2,31	0,38	2,48	12,57	14,0
Витессе	18,00	12,65	0,83	5,54	80,98	2,20	0,37	2,60	12,96	13,7
Розара	19,57	17,65	2,90	5,88	73,57	3,07	0,36	2,06	11,40	13,3
Колетте	19,63	13,45	6,48	3,61	76,46	2,34	0,38	2,85	12,86	14,0
Спринт элита	21,17	10,00	5,14	2,05	82,81	1,74	0,46	2,78	14,42	13,7
Лиани	22,33	13,28	4,03	2,99	79,70	2,31	0,37	2,73	13,76	13,7
Наташа	22,78	12,82	5,49	3,32	78,37	2,23	0,41	2,48	13,66	13,5
Розалинд	16,57	16,04	4,96	3,37	75,59	2,79	0,40	3,07	11,92	13,3
Ланорма	17,06	12,93	2,39	3,37	81,31	2,25	0,31	2,93	13,66	12,9
Роко	21,35	13,11	8,98	3,30	74,61	2,28	0,40	2,43	12,48	14,4
Винетта	20,35	13,85	6,11	3,50	76,54	2,41	0,42	2,26	12,93	13,6
Родрига	18,39	17,00	2,42	7,87	72,71	2,96	0,29	2,49	12,13	13,6

Они характеризуются как рассыпчатые, поэтому лучше подходят для приготовления пюре, варки в кожуре или для запекания в духовке. Сорта с низким содержанием крахмала (10-13 %) подходят для приготовления салатов и супов. Низкокрахмалистым

является сорт Ланорма (12,9 %). При этом, для изготовления такого популярного продукта как чипсы не подходит ни один из изученных сортов, так как содержание крахмала в них не выше 20 %.

Изученные сорта обладают повышенным содержанием сахара (норма 10,5 г), самое высокое значение у сорта Спринт элита – 14,42 г. Известно, что клубни картофеля, содержащие высокое число сахаров, могут темнеть при варке. Несмотря на то, что изученные сорта выращиваются на орошаемом участке, содержание влаги находится в пределах нормы (70,2-78,2 %) и колеблется от 63,2 до 86,9 %, в среднем достигая 76,0 %.

Оценивая химический состав картофеля с технической точки зрения, отмечено небольшое число БЭВ (безазотистых экстрактивных веществ), что связано в большей степени с невысоким содержанием крахмала, входящего в их состав.

Зольный остаток клубней изученных сортов колеблется от 2,05 (сорт Спринт элита) до 5,88 % (сорт Розара), тогда как по литературным данным в среднем он составляет 0,4-1,9 % [267].

Содержание клетчатки в изученных сортах варьирует от 0,83 (сорт Витессе) до 8,98 % (сорт Роко) при норме 1,1%.

Изученные сорта характеризуются низким содержанием сухого вещества, менее 22%.

Содержание азота (среднее значение в норме 2 %) колеблется от 1,74 у сорта Спринт элита до 3,07 % у сорта Розара, что является допустимым значением, до 4,6 %.

Значение калия варьирует от 2,06 % (сорт Розара) до 3,07 % (сорт Розалинд), в норме оно составляет до 4,2%. Содержание фосфора колеблется от 0,36 % в сорте Розара до 0,46 % в сорте Спринт элита и Розара Суперэлита, в норме – 0,5%.

Содержание подвижных форм изученных тяжелых металлов в почве в средних значениях не превышает предельно допустимой концентрации (табл. 12).

Наблюдается некоторое превышение фоновых значений по накоплению цинка в 1,25 раз и меди в 1,15 раз. Расчет коэффициентов концентрации (Кс) показал, что фактическое содержание элементов превышает их среднее значение в почве фонового участка. Значительно превышение Кс свинца – 2,75, указывает на накопление элемента на исследуемом участке. Содержание подвижных форм Fe, Zn, Cu, Mn, Cd незначительно превышают фоновый уровень, эти элементы являются рассеянными в почве.

Аналогичная закономерность отмечена в значениях коэффициентов накопления элементов (Кн), показывающих превышение содержания над ПДК.

Таблица 12

Содержание подвижных форм тяжелых металлов
под участками сортового картофеля, мг/кг
(экстрагент ацетатно-аммонийный буфер с pH 4,8)

Участок под сортом картофеля	Элемент					
	Pb	Fe	Zn	Cu	Mn	Cd
Наташа	1,3	3,0	0,10	0,1	13,3	<0,02
Витессе	0,8	10,4	0,10	<0,01	8,5	0,04
Родрига	0,9	4,2	0,10	0,03	11,3	<0,02
Розара	1,0	5,6	0,09	0,02	10,6	<0,02
Роко	1,4	3,6	0,14	<0,01	10,6	0,02
Романо	1,4	3,5	0,12	<0,01	12,6	<0,02
Джелли	1,7	3,9	0,10	0,07	10,7	<0,02
Спринт элита	1,0	5,3	0,10	<0,01	12,9	0,04
Ланорма	0,5	5,4	0,30	<0,01	5,2	<0,02
Колетте	1,0	3,3	0,14	<0,01	12,1	<0,02
Винета	1,7	2,3	0,10	<0,01	13,1	<0,02
Розолинд	1,5	2,1	0,16	<0,01	11,4	<0,02
Лиани	0,8	4,9	0,09	<0,01	7,6	<0,02
Среднее	1,1	3,9	0,20	0,02	11,1	0,02
*ФОН	0,4	7,67	0,40	0,13	35,0	0,037
$К_с$	2,75	0,5	0,5	0,15	0,32	0,54
*ПДК	6,0	-	23,0	3,0	140,0	0,1
$К_н$	0,18	-	0,009	0,007	0,079	0,2

Примечание: * – по данным Н. В. Прохоровой (2000), Г. Ф. Манторовой (2011).

Анализ проб клубней и ботвы выявил следующие закономерности (табл. 13). В средних значениях превышений ПДК во всех изученных сортах не происходит, фоновые значения превышены по высокотоксичному свинцу в 3,2 раза и кадмию в 2 раза.

Это может быть связано с поступлением из техногенной пыли, так как, подвижные значения в почве не превышают нормы, а содержание их в ботве культур значительно выше, чем в клубне. Основной источник поступления свинца – автотранспорт, возможно, что при движении технических средств выделяемые продукты сжигания топлива, содержащие свинец, поступают в растение [198, 446].

Таблица 13

Содержание тяжелых металлов в культуре картофеля различных сортов, мг/кг

Сорт				Наташа	Витесс	Родриго	Розара	Роко	Романо	Джелли	Спринт элита	Ланорма	Колетте	Винета	Розалинд	Лиани	Среднее		ФОН*	Критическая концентрация
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Тяжелые металлы, мг/кг	Свинец	Части растения	1*	3,10	2,2	0,8	2,8	2,2	2,5	3,3	2,8	1,7	1,1	2,5	2,2	1,7	2,06	0,92	0,28	10-20
			2	<0,20	0,3	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,5	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,45			
			3	<0,20	<0,2	<0,20	<0,20	0,20	<0,20	0,3	0,4	<0,20	0,4	0,6	0,2	0,09	0,26			
			4	1,20	0,9	0,4	1,07	0,87	0,97	1,37	1,27	0,83	0,63	1,23	0,93	0,76	0,92			
	Железо		1	405,70	737,5	338,6	727,4	285,0	717,0	695,0	414,1	464,0	464,3	717,0	695,0	355,4	501,1	182,4	336,4	750
			2	38,10	44,9	55,1	33,9	38,4	50,6	32,7	60,6	59,0	93,1	22,2	43,1	23,5	42,51			
			3	4,00	2,8	3,5	5,1	3,9	3,3	3,9	4,5	3,8	5,0	4,1	2,5	2,9	3,52			
			4	149,30	261,73	132,4	255,47	109,1	256,97	243,87	159,73	175,6	187,47	247,77	246,87	127,27	182,39			
	Цинк		1	19,50	12,5	14,3	24,5	27,6	12,1	21,0	41,2	18,8	13,3	12,1	9,0	10,6	16,89	6,89	21,38	150-200
			2	4,50	2,2	1,6	2,0	2,2	2,0	2,7	2,9	1,8	1,6	2,3	1,6	2,0	2,1			
			3	3,70	0,7	2,5	2,4	3,1	2,6	2,8	2,6	2,4	2,8	3,0	2,4	3,4	1,7			
			4	9,20	5,13	6,1	9,63	10,97	5,57	8,83	15,57	7,67	5,9	5,8	4,33	5,33	6,89			
	Медь		1	6,60	6,0	7,7	12,4	1,9	5,7	10,4	4,3	9,1	8,5	5,7	7,4	1,2	6,21	2,65	24,50	150-20
			2	1,20	0,7	0,9	1,1	0,8	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	0,8	1,0	1,0	1,02			
			3	1,10	0,2	0,8	0,6	0,4	0,5	1,0	0,9	0,9	1,2	0,8	1,0	0,5	0,71			
			4	2,97	2,3	3,13	4,7	1,03	2,43	4,2	2,2	3,83	3,77	2,43	3,13	0,9	2,65			
	Марганец		1	32,70	55,3	25,8	66,2	27,5	67,1	61,8	63,5	55,8	38,0	67,1	82,2	16,8	40,8	14,63	46,73	200
			2	2,70	2,2	2,0	2,4	2,3	2,9	1,7	3,2	2,1	3,1	2,0	2,1	1,6	2,2			
			3	1,60	0,7	0,9	0,9	1,1	1,2	0,9	0,9	1,2	0,8	1,1	1,2	0,7	0,9			
			4	12,30	19,37	9,57	23,17	10,3	23,73	21,47	22,53	19,7	13,97	23,4	28,5	6,37	14,63			

Окончание табл. 13

Тяжелые металлы, мг/кг	Кадмий	Части растения		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			1	0,16	0,26	0,34	0,16	0,16	0,07	0,18	0,27	0,14	0,05	0,07	<0,02	0,1	0,1	0,05	0,025	5-10
			2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02			
			3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02			
			4	0,07	0,1	0,13	0,07	0,07	0,037	0,07	0,10	0,06	0,03	0,037	0,02	0,05	0,05			

Примечание: * – 1 – ботва; 2 – перидерма картофеля; 3 – паренхима клубня; 4 – среднее содержание в растении.

При очистке клубней (удаление перидермы), содержание свинца в картофеле снижается на 80-90 %, кадмия на 20 %. Наименьшее количество тяжелых металлов накапливают сорта Колетте (16,37 мг/кг), Лиани (13,42 мг/кг), Розалинд (15,19 мг/кг). Наибольшее количество тяжелых металлов накапливают сорта Спринт элита (19,35 мг/кг), Джелли (16,4 мг/кг).

При сравнении исследованных частей растения выявлено, что максимальное количество металлов накапливает надземная часть, меньше перидерма клубня и паренхима клубня. При этом, перидерма и запасающая часть клубня содержат допустимые значения токсикантов, не превышающие ПДК и в большинстве фоновых значений. Необходимо учитывать, что при длительном контакте с надземными частями растений, содержащими высокие значения тяжелых металлов, возможен отток по нисходящим сосудам в клубни растений.

Расчет корреляционной зависимости (табл. 14) показал, что наибольшую связь (r= 0,292) изученные тяжелые металлы обнаруживают с сухим веществом растений и содержанием фосфора (r=0,289).

Таблица 14

Корреляционная зависимость между накоплением тяжелых металлов и основных химических веществ клубнями сортового картофеля

Элемент	Сухое вещество	Белки	Клетчатка	Зола	БЭВ	Азот	Фосфор	Калий	Сахар	Крахмал	Влага
Pb	0,340	-0,490	0,145	-0,384	-0,068	0,254	0,012	0,441	0,215	0,252	0,348
Fe	0,379	-0,603	0,379	-0,374	-0,005	0,351	0,248	-0,408	-0,023	0,139	0,137
Zn	0,213	0,050	-0,102	0,121	0,004	0,052	0,171	0,025	0,131	-0,119	-0,193
Cu	0,256	0,171	-0,275	-0,203	0,186	0,169	0,055	-0,366	-0,130	-0,522	-0,338
Mn	0,539	-0,170	0,577	-0,085	-0,037	-0,171	0,491	-0,377	0,010	0,089	0,006
Cd	0,022	-0,044	-0,613	0,787	0,327	-0,264	0,469	0,135	0,261	0,340	0,341

Тяжелые металлы входят в состав минеральной части растения и накапливаются в сухом веществе с другими неорганическими компонентами. Корреляционная связь с фосфором говорит о том, что возможно их накопление в виде нерастворимых фосфатов, либо внесение с фосфорсодержащими удобрениями. Наибольшую связь с содержанием фосфора проявляют марганец и вы-

сокотоксичный кадмий. Значимой является величина корреляционной зависимости между накоплением калия и поступлением свинца, железа, меди и марганца в клубни изученных сортов. Высокотоксичные свинец и кадмий обнаруживают зависимость от содержания влаги в клубнях, что может быть связано с поступлением элементов в виде водорастворимых форм.

Клубни изученных сортов картофеля содержат в среднем 13,72 % крахмала (самым высококрахмалистым оказался сорт Витессе, низкокрахмалистым – сорт Роко), характеризуются повышенным содержанием золы (4,1 %), сахаров (12,98 г), допустимым содержанием влаги, фосфора, азота и калия, низким содержанием сухого вещества, БЭВ (78,6 %).

Содержание изученных тяжелых металлов в доступной для растения форме в почве находится в пределах норм ПДК, но содержание цинка и меди незначительно превосходит фоновые значения. В клубнях картофеля минимальные концентрации тяжелых металлов находятся в паренхиме клубня. Значительные количества накапливает ботва картофеля. Накопление изученных тяжелых металлов представлено следующим возрастающим рядом: $Cd < Pb < Cu < Zn < Mn < Fe$.

Расчет корреляционной зависимости выявил связь между поступлением изученных тяжелых металлов в клубни изученных сортов и значениями влаги, содержанием фосфора и калия. Концентрация токсикантов в сухом веществе и золе растений ожидаема, поскольку элементы входят в минеральную часть растений.

4.7. Ягодные культуры

Земляника садовая – самая популярная ягодная культура в Самарской области [31, 308]. Земляника отличается способностью к быстрому вегетативному размножению, скороплодности, урожайности, высокой экологической пластичности.

По сравнению с другими ягодными культурами, земляника более чувствительна к загрязнению почв тяжелыми металлами, поскольку имеет неглубокую корневую систему, а основное количество токсикантов аккумулируют верхние горизонты почвы [69].

Исследования растительных образцов земляники, возделываемых на черноземе обыкновенном степной зоны Самарского Заволжья, выявили, что на плантациях наряду со здоровыми

растениями земляники обнаруживались растения, которые заметно отставали в развитии. Средняя концентрация в надземной фитомассе тяжелых металлов в образцах больных растений, по сравнению со здоровыми, была выше: железа в 1,5 раза, свинца в 1,3 раза, цинка в 1,4 раза, меди в 1,2 раза, кадмия в 1,1 раза; марганца ниже в 1,2 раза (табл. 15).

Таблица 15

Содержание тяжелых металлов в надземной фитомассе земляники (фазы цветения-плодоношения), мг/кг

Год	Элемент					
	Mn	Fe	Pb	Zn	Cu	Cd
2008*	5040 4070	4140 6071	0,11 0,14	42,0 60,7	8,73 10,08	0,021 0,023
2009	249,8	199,7	-	28,3	4,87	-
Среднее содержание ТМ в надземной фитомассе *Fragaria vesca L.* (земляника лесная), произрастающей в Самарской области (Прохорова, 1998)	46,73	336,44	0,28	21,38	24,50	-
Критическая концентрация ТМ в воздушно-сухой фитомассе (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989)	-	-	10-20	150-200	15-20	5-10
Фитотоксическая концентрация ТМ в воздушно-сухой фитомассе (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989)	500	-	60	400	20	100

Примечание: * – числитель – содержание в здоровых растениях, знаменатель – содержание в больных растениях.

В период 2003-2009 гг. содержание в надземной фитомассе земляники цинка, меди, марганца и железа снизилось в 18,2; 25,6; 1,8 и 1,9 раза, соответственно, что, предположительно связано с поглощением этих элементов растениями предыдущих генераций, внесением минеральной подкормки, способствующей связыванию элементов. Так, в образцах растений, выращенных в 2009 году, содержание марганца превышает фоновое в 5,3 раза, но не достигает фитотоксического значения (в 2,0 раза ниже), концентрация железа и меди ниже фоновых показателей в 1,7 и 5,0 раз, а цинка выше фонового показателя в 1,3 раза.

На основании полученных данных (табл. 16), рассчитаны коэффициенты биоаккумуляции подвижных элементов больными и здоровыми растениями земляники по формуле

где – содержание элементов в золе растений, – содержание элементов в почве.

Среднее значение коэффициента биоаккумуляции тяжелых металлов уменьшается в ряду Mn > Zn > Cu > Cd > Pb, минеральных элементов – N > K > P. Для кадмия и свинца коэффициенты биоаккумуляции меньше 1, что означает их слабое поглощение из почвы.

Таблица 16

Коэффициент биоаккумуляции (I_a) элементов в почве и надземной фитомассе земляники

Год	Элемент							
	N	P	K	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb
2008	762,65 761,68	14,58 44,12	87,50 40,00	311,11 248,17	58,20 59,29	123,53 173,43	0,08 0,09	0,04 0,05
2009	663,74	107,81	61,03	26,29	32,47	26,95	-	-

Примечание: * – числитель – содержание в здоровых растениях, знаменатель – содержание в больных растениях.

Расчет коэффициентов концентрации по результатам исследований 2011-2013 гг. показал, что в сравнении с фоном накопление изученных ТМ характеризуется зависимостью: Mn (30,3) □ Pb (2,13) □ Zn (1,93) □ Cu (1,49) □ Fe (0,55). Коэффициент опасности элементов представляется следующим убывающим рядом: Cr (3,1) < Fe (2,0) < Cu (0,71) < Pb (0,60) < Zn (0,49) < Cd (0,32).

Одним из основных факторов, определяющих урожайность земляники, является подбор здорового посадочного материала высокопродуктивных сортов. Исследования, проведенные в 2011-2013 гг. показали, что концентрирование ТМ в землянике садовой зависит от сорта и органа растения (табл. 17). Органы растений земляники суммарно накапливают тяжелые металлы (в мг/кг) в соответствии со следующим убывающим рядом: корни (1175,9) > листья (443,2) > ягоды (87,7).

Максимальные концентрации обнаруживаются в корнях и листьях растений, минимальные – в ягодах. Наиболее важным и являются показатели содержания ТМ в ягодах изученных сортов, так как возделывание растения направлено именно на получение именно этой продукции.

В ягодах изученных сортов содержание Cd, Zn, Cu, Mn, не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК). Это связано с защитными функциями растений по отношению к своим генеративным органам.

Таблица 17

Содержание тяжелых металлов в растениях земляники садовой, мг/кг на сухое вещество, 2011-2013 гг.

Сорт	Элемент						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr
Корень							
Хоней	0,093	1,20	35,9	54,8	136,9	1101,5	0,71
Мармолада	0,080	0,96	81,9	83,3	176,8	1092,0	0,56
Эльсанта	0,035	0,56	23,0	37,4	83,5	615,9	0,66
Кс	2,30	3,20	1,90	2,73	2,83	0,39	3,2
Листья							
Хоней	0,052	0,31	40,2	35,1	209,4	197,8	0,47
Мармолада	0,024	0,29	18,8	17,7	118,8	364,4	0,46
Эльсанта	0,023	0,30	21,4	20,5	125,4	157,9	0,25
Фоновое значение	-	0,28	24,5	21,38	46,73	336,44	-
Кс	1,11	1,07	1,09	1,14	3,23	0,71	1,95

На уровне ПДК находится концентрация свинца в ягодах сорта Мармолада, тогда как в ягодах сортов Хоней и Эльсанта значения Pb ниже ПДК в 3,0 и 2,4 раза соответственно (табл. 18). Ягоды сорта Мармолада характеризуются повышенным содержанием Fe, превышающим уровень допустимой нормы в 1,4 раза. Вероятно повышенное накопление элементов, подвижность которых возрастает с наступлением высоких температур, связано со сроками развития растений изученных сортов. В ягодах изученных сортов отмечается повышенное содержание хрома, превышающее ПДК: сорт Хоней в 2,7 раза, Мармолада в 3,8 раза, Эльсанта в 2,8 раза. Высокие региональные значения элемента в важнейших сельскохозяйственных культурах отмечены в работах Н. В. Прохоровой [376]. Для хрома характерна способность аккумулироваться в верхних горизонтах почвы, а корневая система земляники не уходит глубоко в почву и растение поглощает питательные элементы с этих горизонтов. Определив средние концентрации ТМ в растениях, отметили превышение в плодоножках ягод земляники биогенных элементов: Cu в 2,13 раза, Zn в 4 раза, Mn в 6,9 раз, Fe в 1,8 раза. Концентрация меди и цинка в плодоножках превышает ПДК в 1,5 и 2,0 раза, соответственно.

Таблица 18

Содержание тяжелых металлов в ягодах перспективных сортов земляники садовой, мг/кг

Сорта (n=18)	Элемент						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr
Хоней	0,011 ± 0,0007 0,010 – 0,0125	0,134 ± 0,006 0,125 – 0,148	4,03 ± 0,072 3,90 – 4,15	6,05 ± 0,037 5,98 – 6,11	33,5 ± 0,37 32,9 – 34,2	38,5 ± 0,34 37,9 – 39,1	0,54 ± 0,04 0,51 – 0,57
Мармолада	0,012 ± 0,0007 0,011 – 0,0135	0,436 ± 0,0007 0,010 – 0,0125	3,75 ± 0,037 3,68 – 3,81	6,31 ± 0,127 6,10 – 6,54	15,5 ± 0,31 15,0 – 16,1	69,2 ± 0,49 68,4 – 70,1	0,76 ± 0,09 0,73 – 0,79
Эльсанта	0,0059 ± 0,0005 0,0050 – 0,0070	0,170 ± 0,005 0,16 – 0,18	2,97 ± 0.072 2,85 – 3,10	5,62 ± 0,095 5,45 – 5,78	30,5 ± 0,60 29,4 – 31,5	42,9 ± 0,95 40,6 – 43,8	0,56 ± 0,06 0,53– 0,60
НСР 0,5	0,0018	0,018	0,023	0,062	0,054	0,058	0,032
ПДК	0,03	0,4	5,0	10	500	50	0,2

Примечание: n – количество проб; в числителе – X ± m(x); в знаменателе – min-max.

По значениям в изученных сортах растений элементы образуют следующие убывающие ряды (мг/кг): Сорт Хоней: Cu (140,58) > Zn (58,2) > Cr (4,78) > Mn (3,0) > Pb, Cd (1,4); Сорт Мармолада: Cu (204,8) > Zn (59,6) > Cr (4,2) > Mn (2,6) > Pb (1,8) >Cd (0,7); Сорт Эльсанта: Cu (200,0) > Zn (26,8) > Cr (4,9) > Mn (2,1) > Pb (0,6) > Cd (0,5). Как показывают расчеты коэффициента концентрации в органах растений земляники садовой, более активно концентрирует тяжелые металлы сорт Мармолада, несколько ниже сорта Эльсанта и Хоней. Выше критических концентрация меди. Корни сорта Мармолада накапливают медь выше установленных норм в 4 раза.

4.8. Биотичность и физиологическая активность сельскохозяйственных и дикорастущих растений по отношению к тяжелым металлам

Анализ содержания химических элементов, расчеты коэффициентов их трансформации, показателей биотичности элементов (ПБЭ) показали, что их концентрация зависит от биологических особенностей растений (табл. 19). По озимым зерновым культурам выявлены следующие ряды биотичности изученных элементов: пшеница озимая (*Triticum aestivum L.*): Cd (0,4) □ Zn (0,2) □ Cr (0,1) □ Cu (0,05) □ Pb (0,05) □ Mn (0,05) □ Co (0,03) □ Fe (0,02) ; рожь озимая (*Secale cereale*): Cd (0,5) □ Zn (0,1) □ Cu (0,06) □ Mn (0,05) □ Pb (0,04) □ Co (0,04) ; тритикале (*Triticale*): Cd (0,5) □ Zn (0,3) □ Cu (0,04) □ Pb (0,05) □ Mn (0,03) □ Co (0,03). Наиболее значимыми связи озимых зерновых растений с окружающей средой являются кадмий и цинк. Расчет коэффициента перехода (Кп) показал, что в надземные органы у этих растений преимущественно переходят цинк и кадмий, а высокотоксичный свинец связывается в корнях, тем самым выполняется защитная барьерная функция корневой системы по отношению к вегетативным и генеративным органам. Для твердой яровой пшеницы (*T. durum*) ряд ПБЭ представляется следующим образом: Cd (0,5) □ Zn (0,1) □ Pb (0,07) □ Co (0,05) □ Cu (0,05) □ Mn (0,04); для мягкой яровой пшеницы (*T. aestivum*): Cd (0,4) □ Zn (0,3) □ Cu (0,08) □ Pb (0,06) □ Mn (0,03) □ Co (0,03). Расчет Кп выявил, что в надземную часть растений активно переходят элементы: Zn, Mn и Cu.

Корневая система твердой пшеницы менее развита, чем мягкой и обладает невысокой усваивающей способностью [148].

Таблица 19

Аккумуляция химических элементов основными сельскохозяйственными культурами, мг/кг

Растения	Озимые зерновые			Яровая пшеница		Зернофуражные		Зерновые бобовые				Крупяные		Пропашные		Ягодные	Клубнеплоды	Травы						Древесные
	Озимая пшеница	Озимая рожь	Тритикале	Твердая пшеница	Мягкая пшеница	Ячмень обыкновенный	Овес посевной	Горох посевной	Соя культурная	Чечевица обыкновенная	Нут	Гречиха посевная	Просо обыкновенное	Кукуруза	Подсолнечник культурный	Земляника садовая	Картофель	Вика посевная	Костер безостый	Эспарцет	Житняк гребневидный	Козлятник восточный	Ковыль перистый	Вяз мелколистный
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*
Свинец Pb (ПДК** – 5,0; Кларк***– 16)																								
1*	0,42	0,19	0,38	0,42	0,45	1,53	0,23	0,36	0,36	1,80	0,72	0,28	0,57	0,46	0,43	0,27	2,06	2,57	1,12	2,35	2,18	0,32	0,67	1,71
2	1,66	1,62	1,60	2,32	1,86	3,31	1,38	1,54	0,89	2,40	7,98	0,77	1,48	3,74	1,79	0,91	0,36	1,62	8,22	2,94	7,80	2,94	2,15	8,12
Кп	0,25	0,12	0,24	0,18	0,24	0,46	0,17	0,23	0,40	0,75	0,09	0,36	0,38	0,12	0,24	0,29	0,17	1,59	0,14	0,80	0,28	0,11	0,31	-
ПБЭ	0,05	0,04	0,05	0,07	0,06	0,13	0,04	0,05	0,03	0,13	0,20	0,03	0,05	0,10	0,03	0,03	0,08	0,14	0,22	0,16	0,25	0,07	0,07	-
РФУ	0,55	0,31	-	-	1,97	0,67	0,65	0,54	10,8	-	-	0,88	0,79	0,67	0,72	0,28	1,21	1,05						0,50

Продолжение табл. 19

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	16	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*
Кадмий Cd (ПДК – 0,05-1,00; Кларк – 0,13)																								
1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,09	0,02	0,16	0,02	0,10	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
2	0,08	0,10	0,08	0,11	0,07	0,07	0,09	0,09	0,12	0,02	0,15	0,11	0,14	0,11	0,12	0,07	0,02	0,09	0,15	0,12	0,10	0,10	0,09	0,14
Кп	0,63	0,50	0,63	0,45	0,57	0,57	0,44	0,44	0,42	1,00	0,20	0,36	0,64	0,18	1,33	0,29	0,20	0,33	0,20	0,17	0,20	0,10	0,22	-
ПБЭ	0,50	0,50	0,50	0,54	0,61	0,35	0,35	0,41	0,41	0,59	0,23	0,53	0,48	0,79	1,12	1,12	0,29	0,46	0,39	0,56	0,41	0,41	0,33	-
РФУ	0,28	-	-	-	0,27	0,26	0,29	0,26	0,80	-	-	0,20	0,27	0,28	0,41	-	0,73	0,30						-
Цинк Zn (ПДК – 300; Кларк – 83)																								
1	17,5	9,19	20,5	9,26	25,1	18,9	22,6	21,1	17,4	36,4	18,5	16,1	22,6	22,1	26,9	14,7	16,9	24,5	19,9	28,4	16,0	21,0	20,0	22,4
2	18,6	12,4	22,4	11,9	27,1	31,1	28,0	23,2	26,2	20,5	16,3	23,0	28,4	29,8	11,1	58,5	1,90	25,1	35,7	56,6	37,3	10,8	54,8	42,8
Кп	0,94	0,74	0,92	0,78	0,93	0,61	0,80	0,91	0,67	1,77	1,13	0,70	0,80	0,74	2,42	0,25	0,11	0,98	0,56	0,50	0,43	1,94	0,36	-
ПБЭ	0,22	0,12	0,25	0,12	0,31	0,28	0,29	0,26	0,25	0,30	0,21	0,22	0,29	0,30	0,26	0,35	0,11	0,30	0,30	0,46	0,28	0,21	0,38	0,51
РФУ	20,7	17,1	-	-	-	17,2	17,0	20,9	-	-	-	12,3	17,3	13,4	15,8	21,4	-	39,7						29,9
Медь Cu (ПДК – 30; Кларк – 47)																								
1	1,90	1,97	2,35	1,35	3,21	2,91	3,17	3,37	3,75	7,10	4,70	2,40	7,45	3,89	9,50	15,2	7,13	6,53	3,70	5,80	2,40	6,40	3,01	17,2
2	3,94	4,14	4,51	3,80	4,54	6,11	5,91	3,75	5,12	9,30	6,63	3,80	9,84	9,43	3,60	46,9	0,87	10,7	32,2	4,53	2,65	10,9	8,8	3,94
Кп	0,48	0,47	0,52	0,35	0,70	0,47	0,53	0,89	0,73	0,76	0,70	0,63	0,76	0,41	2,63	0,32	0,12	0,61	0,11	1,28	0,90	0,59	0,34	-
ПБЭ	0,05	0,06	0,07	0,05	0,08	0,08	0,09	0,07	0,09	0,17	0,11	0,07	0,18	0,13	0,16	0,55	0,08	0,17	0,28	0,11	0,05	0,17	0,11	0,37

Продолжение табл. 19

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	16	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*
РФУ	6,44	-	-	-	-	7,29	7,80	6,77	45,3	-	-	8,00	10,3	8,25	9,69	24,5	7,13	8,99						-
Марганец Mn (ПДК – 200; Кларк – 1000)																								
1	29,5	23,6	17,7	23,4	22,9	20,0	20,3	27,8	27,6	37,5	12,2	27,5	21,3	34,4	6,52	88,9	40,8	28,4	48,8	61,4	32,7	27,3	21,3	54,2
2	59,4	75,2	50,7	58,7	32,3	53,4	48,2	23,9	22,3	97,0	29,7	53,6	56,1	111	17,4	132	1,55	75,5	145	64,4	145	190	284	183
Кп	0,50	0,31	0,35	0,40	0,71	0,37	0,42	1,16	1,24	0,39	0,41	0,51	0,38	0,31	0,37	0,67	0,04	0,38	0,34	0,95	0,23	0,14	0,08	-
ПБЭ	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,06	0,02	0,02	0,03	0,06	0,01	0,10	0,02	0,04	0,08	0,06	0,07	0,08	0,11	-
РФУ	58,5	-	-	-	-	43,7	66,6	19,2	68,6	-	-	73,1	53,6	56,5	51,2	46,7	33,0	67,7						-
Хром Cr (ПДК – 0,1 – 2,0; Кларк – 83)																								
1	3,03	-	-	-	-	-	-	-	-	1,40	1,19	-	0,95	-	0,54	0,51	-	1,28	2,34	0,57	1,19	2,70	1,54	1,47
2	28,8	-	-	-	-	-	-	-	-	16,1	20,5	-	14,3	-	15,2	0,64	-	2,09	14,1	4,75	11,3	34,3	40,8	6,90
Кп	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,06	-	0,07	-	0,04	0,80	-	0,61	0,17	0,12	0,11	0,08	0,04	-
ПБЭ	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,09	-	0,07	-	0,08	0,01	-	0,02	0,08	0,02	0,06	0,16	0,18	0,08
РФУ	0,54	0,78	-	-	0,84	0,68	0,69	-	-	-	-	0,68	0,56	0,70	0,94	-	-	0,80						-
Кобальт Co (ПДК – 2; Кларк – 18)																								
1	0,55	0,66	0,59	0,83	0,59	0,77	0,55	0,33	0,37	-	-	0,35	0,55	0,93	0,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,95	1,42	1,43	1,32	1,29	1,52	1,17	0,48	0,56	-	-	0,54	1,05	2,16	1,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кп	0,58	0,46	0,41	0,63	0,46	0,50	0,47	0,69	0,66	-	-	0,65	0,52	0,43	0,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Окончание табл. 19

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	16	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*
ПБЭ	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	-	-	0,02	0,03	0,05	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
РФУ	0,22	0,20	-	-	0,77	0,22	0,21	0,37	-	-	-	0,90	0,81	0,29	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Железо Fe (Нормальное содержание – 250-500; Кларк – 46500)																								
1	165	-	-	-	-	-	-	-	-	375	250	-	194	350	187	145	501	23,3	202	109	345	302	172	146
2	2220	-	-	-	-	-	-	-	-	1464	2842	-	3265	2418	2425	937	23,0	1944	2508	1213	2620	9746	2350	4363
Кп	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26	0,09	-	0,06	0,14	0,08	0,15	0,05	0,12	0,08	0,09	0,13	0,03	0,07	-
ПБЭ	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	0,24	-	0,03	0,02	0,02	0,09	0,005	0,01	0,02	0,01	0,02	0,07	0,01	-
РФУ	105	-	-	120	107	89,3	83,3	-	-	-	-	-	130	93	103	336	353	-	-	325	-	-		163

Примечание: *1 – надземная часть; 2 – корни; для вяза мелколистного – 1 – листья; 2 – опад; РФУ – по данным Н. В. Прохоровой (2000); ** – ГН2.1.7.020-94; *** – по данным Ю. В. Макаровой (2012).

Барьерные механизмы корневой системы твердой пшеницы выражены сильнее, Кп в среднем равен 0,47, у мягкой пшеницы Кп в среднем равен 0,60. Сходные ряды биотичности элементов у зернофуражных культур – ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare*) Cd (0,4) □ Zn (0,3) □ Pb (0,1) □ Cu (0,08) □ Co (0,04) □ Mn (0,03) и овса посевного (*Avena sativa* L.) Cd (0,4) □ Zn (0,3) □ Cu (0,09) □ Pb (0,05) □ Mn (0,03) □ Co (0,03).

При переходе к вегетативным и генеративным органам у растений в большом количестве транспортируются цинк, медь и марганец. Это объясняется высокой потребностью этих элементов при формировании зерна культур. В зерне ячменя цинк и марганец обнаруживаются в больших количествах, несмотря на менее развитую в сравнении с другими хлебными злаками корневую систему [90]. Корневую систему овса отличает высокая поглотительная способность по отношению к труднорастворимым веществам [347].

Высокотоксичный кадмий проникает в надземную массу овса в 1,3 раза больше, чем у ячменя. Ряды ПБЭ для зерновых бобовых культур имеют следующий вид: горох посевной (*Avena sativa* L.) Cd (0,4) □ Zn (0,3) □ Pb (0,1) □ Cu (0,08) □ Co (0,04) □ Mn (0,03); соя культурная (*Glicine hispida maxim*) Cd (0,6) □ Zn (0,3) □ Cu (0,09) □ Pb (0,03) □ Mn (0,03) □ Co (0,02) ; чечевица обыкновенная, или пищевая (*Ervum lens culinaris*.); Zn (0,3) □ Cu (0,2) □ Cd (0,2) □ Pb (0,1) □ Cr (0,08) □ Mn (0,06) □ Fe (0,02); нут (*Cicer arietinum*) Cd (0,5) □ Zn (0,2) □ Pb (0,2) □ Cu (0,1) □ Mn (0,02) □ Fe (0,03).

Биотическая способность зерновых бобовых культур выражается в кадмиево-цинковой специализации. Исключение составляет чечевица, у которой в равных значениях с кадмием находится медь. При переходе от корней к надземным органам бобовых растений выявлено, что у гороха и сои в больших количествах транспортируется марганец, нута и чечевицы – медь. Корневые системы гороха и сои в отличие от поверхностных систем нута и чечевицы имеют хорошо выраженный главный корень, проникающий на глубину 1-2 м, способный поглощать марганец, соединения которого обычно мигрируют в нижележащие слои почвы.

Высокотоксичный кадмий у всех изученных культур имеет повышенное значение Кп. Различные барьерные функции корней ограничивают поступление Cd в надземные органы, в меньшей

степени он транспортируется у гороха и сои, у нута и чечевицы его переход преобладает. Крупяные культуры гречиха посевная (*Fagopyrum vulgare*) и просо посевное (*Panicum milliaceum*) имеют соответственно следующие ПБЭ: Cd (0,5) □ Zn (0,2) □ Co (0,2) □ Cu (0,07) □ Pb (0,03) □ Mn (0,02) и Cd (0,8) □ Zn (0,3) □ Cu (0,2) □ Cr (0,07) □ Pb (0,05) □ Fe (0,03) □ Mn (0,03) □ Co (0,03).

При высоком ПБЭ кадмия его доступ к надземным органам более всего ограничивается высокофизиологичными корнями гречихи (Кп = 0,36, у проса Кп = 0,64), у которой в преимуществе цинк, медь и марганец. Ряды ПБЭ для кукурузы обыкновенной *(Zea mays L.)* и подсолнечника полевого (*Helianthus annuus* L.) имеют вид: Cd (1,1) > Zn (0,3) □ Cu (0,1) □ Pb (0,1) □ Mn (0,06) □ Co (0,05) □ Fe (0,02) и Cd (1,1) □ Zn (0,3) □ Cu (0,2) □ Cr (0,08) □ Pb (0,03) □ Co (0,03) □ Fe (0,02) □ Mn (0,01) и показывают высокую кадмиево-цинковую физиологическую роль у растений.

При переходе к надземным органам от корней у кукурузы ограничиваются в транспортировке Cd (Кп=0,18) и Pb (Кп=0,12). Максимальные значения Кп элементов из корневой системы в надземную массу у подсолнечника для меди (2,63), цинка (2,42) и кадмия (1,33). Удовлетворяя потребность растения в необходимых веществах, корневая система подсолнечника способна расходовать максимальное количество веществ почвы [315].

Изучение растений земляники садовой (*Fradaria anannasa*) и картофеля (*Solanum tuberosum*) проводилось в условиях производственных посевов при наличии необходимой агротехники [31, 448] В ПБЭ земляники садовой доминирует медь: Cu (0,5) □ Zn (0,4) □ Cd (0,3) □ Mn (0,1) □ Fe (0,09) □ Pb (0,03) □ Co (0007). Преимущественно в надземные органы растения земляники транспортируется марганец (Кп=0,67).

Биотичность растений картофеля представляется следующим рядом: Cd (0,5) □ Zn (0,1) □ Cu (0,08) □ Pb (0,08) □ Fe (0,06) □ Mn (0,02). Клубни картофеля накапливают меньше токсичных элементов, чем ботва. Кп рассчитывались как переход из ботвы в клубни в период их формирования, значения в среднем суммарном показателе составляют 0,12, что является минимальным значением среди изученных растений.

Преобладание Zn-Cd биотичности отмечается у исследованных трав: вика посевная (*Vika sativa*): Cd (0,4) □ Zn (0,3) □ Cu (0,2) □ Pb (0,1) □ Mn (0,04)□ Cr (0,02) □ Fe (0,01); костер без-

остый (*Bromus inermis*) : Cd (0,6) □ Zn (0,5) □ Cu (0,3) □ Pb (0,2) □ Mn (0,08) □ Cr (0,08) □ Fe (0,02); эспарцет посевной (*Onobrychis viciifolia; Onobrychis spp.*): Zn (0,5) □ Cd (0,4) □ Pb (0,2) □ Cu (0,1) □
Mn (0,06) □ Cr (0,02) □ Fe (0,01) житняк гребневидный (*Agropuron pectiniforme*): Cd (0,3) □ Pb (0,3) □ Zn (0,2) □ Mn (0,08) □ Cr (0,06) □ Cu (0,05) □Fe (0,06) ; козлятник восточный (*Galega orientalis*): Cd (0,3) □ Zn (0,2) □ Cr (0,2) □ Cu (0,2) □ Mn (0,08) □ Fe (0,07) □ Pb (0,07) ; ковыль перистый (*Stipa tenuefolia*): Zn (0,4) □ Cd (0,3) □ Cu (0,1) □ Mn (0,1) □ Pb (0,07) □ Fe (0,02).

Цинк имеет большую физиологическую значимость для эспарцета и ковыля. Расчет Кп показал, что в травах преимущественно транспортируются к надземным органам Cu и Zn, корневая система вики посевной в значительных количествах пропускает Pb (Кп=1,59). По сравнению с другими бобовыми культурами корневая система вики посевной маломощная, недостаточно развитая из-за небольшого количества боковых корней [168]. Эспарцет имеет высокие Кп по Cu – 1,28 и Mn – 0,95 его значения Кп выше в сравнении с другими изученными травами, суммарно 3,91.

Переход в надземные органы меди преобладает у житняка гребневидного, цинка – у ковыля перистого. Козлятник восточный, обладающий сравнительно поверхностной корневой системой, имеет высокий Кп цинка (1,94), хотя по биотичности преобладает Cd. Длиннокорневищный костер безостый имеет высокие Кп цинка (0,56) и марганца (0,34). Ковыль перистый имеет мощно развитую корневую систему, способную образовывать плотный дерн, обладающую высокими защитными механизмами и наиболее низкий средний суммарный показатель Кп – 0,20.

На поступление химических элементов в почву и на онтогенез растения оказывает влияние листовой опад [229]. В защитных лесополосах сельхозугодий встречается листопадное дерево вяз мелколистный *(Ulmus pumila L.*), молодые ветки которого могут служить кормом скоту. Элементный анализ листьев и опада вяза мелколистного показал, что ряд биотичности для них имеет вид: листья – Cu (0,36) □ Zn (0,27) □ Cr (0,18) □ Cd (0,15) □ Pb (0,10) □ Mn (0,054) □ Fe (0,031); опад – Cd (1,08) □ Zn (0,52) □ Pb (0,43) □ Mn (0,18) □ Fe (0,094) □ Cu (0,084) □ Cr (0,083). В процессе жизненного цикла в растениях увеличивается показатель биотичности

всех изученных элементов, и преобладающая роль принадлежит кадмию.

У исследованных сельскохозяйственных растений выявлена высокая кадмиево-цинковая физиологическая активность. Максимальная величина биотичности по кадмию обнаружена у группы пропашных культур: кукурузы (1,1) и подсолнечника (1,1), минимальная у чечевицы – группа зерновых бобовых (0,2); по цинку самое высокое значение ПБЭ у многолетней травы – эспарцета (0,5), низкое у картофеля (клубнеплоды) – 0,1.

Расчет коэффициентов перехода показал, что корневая система служит мощным барьером на пути движения элементов к надземной части. Минимальные значения транспортировки веществ из ботвы в клубни картофеля – средний Кп равен 0,12; низкие механизмы защиты корневой системы у многолетних трав – эспарцета (в среднем Кп = 0,56) и козлятника восточного (в среднем Кп = 0,43), а также у подсолнечника (пропашные культуры) – в среднем Кп = 0,95. Соотношение полученных данных позволяет сделать вывод о преимущественно акропетальном поступлении элементов в изученные растения.

5. Влияние приемов агротехники и ремидиации на качество и продуктивность сельскохозяйственных растений

5.1. Влияние различных способов обработки почвы на содержание тяжелых металлов в почве и растениях

Известно, что различные системы обработки почвы оказывают существенное влияние на комплекс показателей, определяющих физико-механические, агрохимические, биологические и другие свойства почвы. По сведениям В. Ф. Кирдина (2010), Ю. Н. Синих (2010), В. А. Телегина и др. (2011), П. П. Васюкова и др. (2011) и др., с уменьшением глубины обработки и оборачиваемости пласта меняется водный и воздушный режим верхнего горизонта, содержание органического вещества, активность биоты, поглотительная способность и т.д., что в конечном итоге определяет содержание минеральных веществ в активном слое почвы.

Изучаемые системы обработки, в первую очередь, влияют на процессы гумусообразования. Количество гумуса в почве участка с классической системой обработки, базирующейся на отвальной вспашке, составило в среднем 5,5 %, при поверхностном рыхлении объемы гумуса увеличивались от 3,6 до 5,7 %, а на участке с прямым посевом (без обработки) от 7,2 до 5,9 % (табл. 20). Причем, при минимальных обработках более интенсивное накопление органического вещества наблюдалось в слое почвы 0-10 см. Разница в содержании гумуса между верхним и нижним горизонтом (20-30 см) при прямом посеве составляла 18,5 %, поверхностной обработке 13,2 %, а при вспашке только 7,5 %. Менялся и фракционный состав почвы. На участке с прямым посевом увеличивалось количество мелкодисперсных частиц илистой (< 0,001 мм) и глинистой (< 0,01 мм) фракции в среднем до 43 и 59 %, что на 2,3 и 1,7 % больше, чем при поверхностной обработке, и на 16,2 и 5,5 %, чем при вспашке.

Системы обработки почвы практически не сказываются на pH среды и объемах поглощенных оснований. На всех участках значения pH находились в пределах 6,8, что близко к нейтральным параметрам, а сумма поглощенных оснований варьировала в среднем от 379 до 384 мг/экв/кг, при этом, на долю Ca приходилось 80,8-82,8 % общего объема, присутствие Na не прослеживалось.

Таблица 20

Физико-химические свойства почвы при различных видах обработки, 2008-2010 гг.

Вид обработки	Слой почвы, см	Фракции, мм, %		pH водной вытяжки	Гумус, %	Поглощенные основания, мг/экв/кг почвы				Содержание подвижных форм, мг/кг почвы	
		<0,01	<0,001			сумма	Ca	Mg	Na	P_2O_5	K_2O
Прямой посев (без обработки)	0-10	60	40	6,7	6,4	417	345	72	–	215	217
	10-20	60	44	6,8	6,0	395	320	75	–	196	210
	20-30	57	45	6,9	5,4	331	260	71	–	185	195
	Среднее	59	43	6,8	5,9	381	308	73	–	199	207
Поверхностная обработка	0-10	60	39	6,7	6,0	419	350	69	–	210	215
	10-20	59	42	6,8	5,7	388	315	73	–	190	207
	20-30	56	44	6,8	5,3	346	270	76	–	172	190
	Среднее	58	42	6,8	5,7	384	312	73	–	191	204
Вспашка	0-10	58	35	6,7	5,7	410	340	70	–	185	200
	10-20	57	37	6,8	5,6	382	310	72	–	182	197
	20-30	54	38	6,8	5,3	345	270	75	–	165	191
	Среднее	56	37	6,8	5,5	379	307	72	–	177	196

Анализ концентрации подвижных форм биогенных макроэлементов показал, что почва участка с прямым посевом содержит в среднем 199 мг/кг P_2O_5 и 207 мг/кг – K_2O. Это на 4,2 % и 1,4 % больше, чем на участке с поверхностной обработкой, и на 12,4 % и 5,6 %, больше, чем со вспашкой. Причем в первом и во втором случае превалирующая часть элементов находилась в поглотительном комплексе верхнего горизонта (0-10 см) в среднем на 11,2-22,0 % больше, чем в слое 20-30 см. На участках со вспашкой эта разница составляла лишь 4,7 % и 12,2 %.

Таким образом, можно сделать заключение, что физико-химические свойства почв на участках с минимальными обработками и, в первую очередь, на полях с прямым посевом, могут способствовать большей аккумуляции тяжелых металлов, чем при вспашке.

Пахотный горизонт (0-30 см) на участке с прямым посевом озимой пшеницы аккумулирует в среднем 0,36 мг/кг валовых форм Cd, 12,4 мг/кг – Pb, 37,9 мг/кг – Zn, 20,8 мг/кг – Cu, 10,9 мг/кг – Co и 761 мг/кг – Mn, или в сумме 843,3 мг металлов на 1 кг почвы.

При поверхностной обработке суммарный показатель накопления равнялся 835,2 мг/кг, а при вспашке – 813,9 мг/кг, что, соответственно, на 1,0 и 3,6 % меньше первого варианта обработки. При этом отрицательная динамика прослеживалась по всем металлам, но наиболее существенная разница, достигающая 11,8-29,8 %, отмечалась по Cu, Pb, Cd и Zn. У Mn и Co уровень уменьшения аккумуляции с увеличением глубины обработки был меньшим и равнялся соответственно 2,1 и 5,8 %.

Аналогичные закономерности прослеживались и в опытах с яровой пшеницей, с той разницей, что объемы накопления Cd и Pb на участке прямого посева (без обработки) в 2,2 и 2,7 раза, а Zn, Cu, Co и Mn в 1,2-1,3 раза превышали уровень их аккумуляции в почвах с классической вспашкой. В сумме пахотный горизонт содержал 675,2 мг/кг металлов против 542,8 мг/кг при вспашке, или на 24,3 % больше. Вариант с поверхностной обработкой по содержанию Cd, Pb, Zn и Co был ближе к вспашке, то есть отличался относительно невысоким уровнем накопления этих металлов, в среднем на 6,7-13,3 % превышающем контрольные показатели, а по Cu и Mn ближе к прямому посеву, соответственно, 15,6 и 561 мг/кг, или на 34,4 и 17,1 % выше контроля. Суммарная

концентрация элементов равнялась 633,0 мг/кг. Это в среднем на 6,6 % ниже значений первого варианта. В опытах с ячменем, почва участка с прямым посевом содержала в среднем на 15,0 и 18,7 % больше Cd и Zn, по сравнению, с глубоко обрабатываемой почвой, а по Co, Mn, Pb и Cu эта разница достигала, соответственно, 49,1, 59,8, 67,6 и 90,8 %. Суммарно на делянках прямого посева в слое 0-30 см содержалось 821,2 мг/кг тяжелых элементов. На поле с поверхностной обработкой накапливалось 630,7 мг/кг, или на 30,2 % меньше, а на участке со вспашкой – 521,2 мг/кг, что в среднем на 57,5 % меньше значений первого варианта опыта и на 21,0 % второго.

Исследованиями выявлено, что при прямом посеве, исключающем оборот почвы, большая часть металлов сосредоточена в верхнем слое 0-10 см. Это обусловлено их подъемом корневыми системами растений из нижних горизонтов и последующей ежегодно прирастающей локализацией в пожнивных остатках и отмерших подземных частях растений, а также закреплением в почвенно-поглотительном комплексе, насыщенном органоминеральными коллоидами. При поверхностной обработке преобладающее количество элементов наблюдается в слое 10-20 см миграция которых вызвана механическим перемещением в процессе обработки верхнего горизонта почвы, вместе с техногенно выпавшими металлами и растительными остатками.

При отвальной вспашке элементы относительно равномерно распределяются по пахотному слою с их некоторым преобладанием в нижнем горизонте 20-30 см, куда они перемещаются в результате оборота пласта и вымывания влагой осадков.

Установлено, что объемы накопления валового содержания металлов не превышают допустимых концентраций и находятся по Cd, Zn и Cu в пределах 15,0-43,6 %, а по Mn, Pb и Co на уровне 21,6-82,7 % от ПДК. Однако, на вариантах с прямым посевом и поверхностной обработкой отмечено существенное превышение фоновых индексов по Pb и Zn, а на участках с посевом озимой пшеницы еще и по Cu и Mn.

Валовое содержание металлов в почве во многом определяло объемы подвижных форм. Анализами выявлено, что их динамика во многом схожа. Наибольшее количество потенциально доступных для растений металлов находилось на полях, где посев проводится без предварительной подготовки (вариант 1). Так, на

участке, занятом озимой пшеницей прямого посева, их суммарный объем равнялся 45,8 мг/кг, это в среднем на 21,1 % больше, чем при вспашке, и на 7,2 % больше, чем при поверхностной обработке. Причем, увеличение концентрации подвижных форм отмечается по всем металлам.

В опытах с яровой пшеницей при прямом посеве в почве аккумулировалось около 52,2 мг/кг подвижных форм элементов, поверхностной обработке – 42,2 мг/кг, вспашке – 34,9 мг/кг, то есть, почти в 1,5 и 1,2 раза меньше, чем при ресурсосберегающих технологиях возделывания культуры. На участках с ячменем содержание металлов в почве от первого варианта опыта ко второму и третьему снижалась соответственно с 51,4 мг/кг до 48,3 и 38,0 мг/кг, или на 6,2 и 35,2 %.

Относительно низкое содержание подвижных форм металлов в глубоко обрабатываемой почве обусловлено не только небольшим запасом валовых форм, но и тем, что при активном отвальном рыхлении пахотного горизонта, значительно усиливаются окислительно-восстановительные процессы, в результате которых мобильные тяжелые металлы переходят в состав комплексных нерастворимых соединений, возрастает их миграция в подпочвенные горизонты, с нисходящими потоками влаги, а также абсорбирование почвенной биотой [23].

Сравнение полученных результатов с контрольными индексами показало, что они находятся значительно ниже ПДК. Но практически на всех вариантах опыта отмечено превышение фоновых значений по Cd, Cu, Co и Mn, а при прямом посеве и поверхностной обработке по Pb и Zn.

Исследованиями выявлено, что растения потенциально могут извлечь из слоя почвы 0-30 см: 0,12-0,22 кг/га – Cd; 0,84-5,49 кг/га – Pb; 0,54-1,95 кг/га – Zn; 0,10-0,84 кг/га – Cu; 0,36-1,68 кг/га – Co и 102,9-152,4 кг/га – Mn (табл. 21).

При этом минимальный абсолютный запас мобильных форм металлов имела почва в вариантах со вспашкой, а максимальный – при прямом посеве. Установлено, что в годы исследований, при всех системах обработки, наиболее подвижен в почве был Cd – 10,2-23,0 % и Mn – 4,9-8,9 %. Мобильность Pb и Co находилась на уровне 2,0-8,0 и 1,8-5,1 %, а Zn и Cu, соответственно, 0,5-1,7 и 0,3-1,3 %.

Таблица 21

Валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве, 2008-2010 гг.

Культура	Вид обработки	Содержание металла, кг/га	Элемент					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Озимая пшеница	прямой посев (без обработки)	валовое	1,08	37,2	113,7	62,4	32,7	2283
		подвижная форма	0,22	1,44	1,95	0,84	1,68	131,4
		%	20,4	3,9	1,7	1,3	5,1	5,8
	поверхностная обработка	валовое	1,05	35,4	110,7	56,1	34,5	2268
		подвижная форма	0,21	1,32	1,65	0,81	1,59	122,7
		%	20,0	3,7	1,5	1,4	4,6	5,4
	вспашка	валовое	0,87	31,8	87,6	55,8	30,9	2235
		подвижная форма	0,20	0,69	1,41	0,66	1,47	109,2
		%	23,0	2,2	1,6	1,2	4,8	4,9
Яровая пшеница	прямой посев (без обработки)	валовое	1,95	68,4	130,8	45,6	24,0	1755
		подвижная форма	0,20	5,49	1,00	0,24	0,51	152,4
		%	10,2	8,0	0,8	0,5	2,1	8,7
	поверхностная обработка	валовое	1,02	27,9	118,8	46,8	21,6	1683,0
		подвижная форма	0,15	1,77	0,84	0,12	0,36	123,3
		%	14,7	6,3	0,7	0,3	1,7	7,3
	вспашка	валовое	0,90	24,9	111,3	34,8	19,5	1437
		подвижная форма	0,12	0,87	0,54	0,10	0,36	102,9
		%	13,3	3,5	0,5	0,3	1,8	7,2
Ячмень	прямой посев (без обработки)	валовое	1,14	19,5	109,8	49,8	26,4	2244
		подвижная форма	0,22	1,05	1,38	0,42	0,96	141,6
		%	19,3	5,4	1,3	0,8	3,6	6,3
	поверхностная обработка	валовое	0,96	32,7	110,1	43,2	23,7	1686
		подвижная форма	0,19	0,84	1,29	0,36	0,99	150,4
		%	19,8	2,6	1,2	0,8	4,2	8,9
	вспашка	валовое	0,96	28,2	95,4	26,1	17,7	1404
		подвижная форма	0,18	0,57	0,72	0,33	0,78	111,0
		%	18,8	2,0	0,8	1,3	4,4	7,9

Наряду с обработкой, определенное влияние на доступность металлов оказывали и растения. Так, корневые выделения озимой пшеницы стимулировали мобильность Cd, Zn, Cu, Co и сдерживали Pb и Mn, яровой пшеницы, наоборот, уменьшали подвижность Cd и повышали Pb.

Опытами установлено, что озимая пшеница, высеянная на необрабатываемом участке аккумулирует в среднем 0,101 мг Cd на 1 кг воздушно-сухой массы, 1,30 мг/кг – Pb, 20,62 мг/кг – Zn, 5,13 мг/кг – Cu и 1,79 мг/кг – Co. Это, соответственно, на 57,8, 94,0, 10,6, 12,5 и 73,7 % больше, чем растения, возделываемые на поверхностно обработанном поле и, в среднем, в 1,2-2,7 раза, по Pb и Co в 4,3 и 3,1 раза больше, чем растения, размещенные на вспаханном участке.

У Mn, наоборот, отмечалась обратная зависимость снижения объемов поглощения от третьего варианта опыта ко второму на 24,0% и первому на 79,3%, с 50,13 мг/кг до 40,42 и 27,95 мг/кг (табл. 22).

В опытах с яровой пшеницей суммарный объем накопления Cd, Pb, Zn, Cu и Co в растительном организме, выращенном при прямом посеве, равнялся 27,29 мг/кг, на поверхностно обработанном поле 20,08 мг/кг, или, в среднем, на 35,9 % меньше, на вспаханном участке 18,97 мг/кг, что на 43,8 % ниже значений первого варианта и на 5,8 % второго. При этом наибольшая отрицательная динамика прослеживалась по Pb (в 2,7-3,0) раза и Cu (на 53,5-65,6 %). Уровень аккумуляции Mn с увеличением глубины и интенсивности рыхления возрастал с 43,92 до 47,20 и 69,41 мг/кг, или на 7,5 и 58,0 %.

Аналогичные закономерности наблюдались и в опытах с ячменем. Наиболее интенсивное поступление металлов в биомассу отмечалось при посеве на необработанном участке. Предварительное поверхностное рыхление поля уменьшало объемы абсорбирования Cd в 2,0 раза, Pb в 1,7 раза, Zn на 2,5 %, Cu на 14,7 % и Co на 17,8 %. При глубокой отвальной вспашке ячмень накапливал в 2,3-2,6 раза меньше высокотоксичного Cd и Pb, чем при первом варианте опыта. По Zn, Cu и Co эта разница составляла в среднем 9,8, 11,7 и 24,6 %. Поглощение Mn с глубинной обработки повышалось с 30,68 до 46,56 мг/кг, или на 51,7 %.

Таблица 22

Содержание тяжелых металлов, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Культура	Вид обработки	Орган	Элемент					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Озимая пшеница	прямой посев	колос	0,060	0,07	21,15	4,80	0,12	20,77
		стебель	0,061	0,10	19,84	1,89	0,40	25,05
		корень	0,183	3,73	20,89	8,70	4,67	38,04
		среднее	0,101	1,30	20,62	5,13	1,79	27,95
	поверхностная обработка	колос	0,032	0,10	18,50	4,56	0,10	25,60
		стебель	0,064	0,15	15,54	2,78	0,32	30,45
		корень	0,098	1,78	21,85	6,34	2,68	65,23
		среднее	0,064	0,67	18,63	4,56	1,03	40,42
	вспашка	колос	0,025	0,05	19,05	3,27	0,02	26,16
		стебель	0,026	0,17	10,50	2,21	0,16	31,09
		корень	0,062	0,70	20,32	4,48	1,49	83,16
		среднее	0,037	0,30	16,62	3,32	0,55	50,13
Яровая пшеница	прямой посев	колос	0,030	0,25	20,40	4,14	0,15	26,27
		стебель	0,026	0,27	18,08	3,38	0,28	28,39
		корень	0,106	3,60	20,50	8,24	2,44	77,11
		среднее	0,054	1,37	19,66	5,25	0,96	43,92
	поверхностная обработка	колос	0,025	0,13	18,57	3,10	0,19	36,78
		стебель	0,024	0,49	13,37	2,75	0,50	55,09
		корень	0,072	0,91	14,66	3,67	1,81	49,73
		среднее	0,040	0,51	15,53	3,17	0,83	47,20
	вспашка	колос	0,026	0,16	16,15	4,03	0,12	61,31
		стебель	0,027	0,22	13,25	2,06	0,17	73,71
		корень	0,061	1,01	13,40	4,19	2,11	73,22
		среднее	0,038	0,46	14,26	3,42	0,80	69,41
Ячмень	прямой посев	колос	0,045	0,14	20,10	4,02	0,17	20,15
		стебель	0,102	0,20	16,83	4,14	0,28	28,56
		корень	0,144	2,34	22,07	5,83	2,15	43,33
		среднее	0,097	0,89	19,66	4,66	0,86	30,68
	поверхностная обработка	колос	0,025	0,23	19,38	4,05	0,13	22,47
		стебель	0,032	0,60	18,14	3,49	0,37	33,46
		корень	0,089	0,83	20,06	4,66	1,69	45,67
		среднее	0,048	0,55	19,19	4,06	0,73	33,86
	вспашка	колос	0,017	0,10	20,27	3,34	0,06	20,91
		стебель	0,027	0,51	16,10	2,45	0,27	36,72
		корень	0,071	0,56	17,38	6,72	1,76	82,05
		среднее	0,038	0,39	17,91	4,17	0,69	46,56
*РФУ для озимой пшеницы			0,28	0,55	20,66	6,44	0,22	58,45
*РФУ для яровой мягкой пшеницы			0,27	1,97	20,10	7,00	0,77	76,72
*РФУ для ячменя			0,26	0,67	17,16	7,29	0,22	43,71
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200

Примечание: по данным Н. М. Матвеева,1997.

Повышенное поступление тяжелых металлов в растения, возделываемые на участках прямого посева и поверхностной обработки, обусловлено не только относительно высоким содержанием валовых и подвижных элементов в почве данных вариантов, но и особенностью морфологии и биологии растений. При данных системах обработки формируется относительно плотный пахотный горизонт, затрудняющий глубокое проникновение корневых систем. Растения образуют мощно развитую мягковатую корневую систему с основной массой корней в верхнем горизонте, насыщенном химическими соединениями, в том числе и привнесенными извне.

Известно также, что градиент сосущей силы таких корней выше, чем у растений, размещенных на рыхлых участках.

В опытах с озимой пшеницей выше естественных норм отмечалась только концентрация Pb и Co, причем, аккумуляция последнего была значительной и на 79,0 % превышала ПДК.

Уровень Pb оказался в 2,3 раза больше нормы, но не выше 26,0 % от ПДК. Однако, основная масса этих металлов локализовалась в корневой системе и не могла ухудшить качества продукции. В экспериментах с яровой пшеницей на 24,6 % больше фонового значения оказалась только концентрация Pb, в опытах с ячменем – Pb и Zn, соответственно, на 32,8 и 14,5 %, а также Co в 4,0 раза. Но и в этом случае, объемы накопления были ниже ПДК. При поверхностной обработке биомасса озимой пшеницы поглощала Pb на 21,8% выше фоновых значений, а Co даже на 3,0 %, превышая ПДК.

Глубокая отвальная вспашка позволяет значительно уменьшить абсорбцию Pb. Его концентрация во всех изучаемых растениях не превышала норму. Исключение составлял Co, уровень поступления которого и при вспашке оставался высоким, но в целом не достигал ПДК.

Установлено, что системы обработки почвы практически не влияют на характер локализации элементов в растительных тканях. Они откладывались в соответствии с ранее выявленными закономерностями.

Основная часть поступивших в растения металлов, около 52,2-60,3 %, задерживалась в корневой зоне, в среднем 22,1-38,6 % проникало в стебли и лишь 9,2-17,6 % мигрировало в соцветия.

Исключения составляли Zn и Cu, значительное количество которых перемещалось в колос.

Анализ рассчитанных коэффициентов накопления (Кн) показал, что при всех системах обработки наиболее интенсивно в изучаемые растения поступает Zn и Cu с вариацией значений в пределах Кн = 31,7-79,2 и Кн =14,6-79,3 (табл. 23).

Таблица 23

Коэффициенты накопления тяжелых металлов при различных способах обработки почвы, 2008-2010 гг.

Культура	Вид обработки	Элемент					
		Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Озимая пшеница	прямой посев (без обработки)	1,40	2,70	31,7	18,3	3,19	0,64
	поверхностная обработка	0,91	1,52	33,8	18,8	1,94	0,99
	вспашка	0,56	1,30	35,4	14,6	1,12	1,37
Яровая пшеница	прямой посев (без обработки)	8,57	0,74	59,5	65,6	5,64	0,86
	поверхностная обработка	0,80	0,86	55,5	79,3	6,92	1,15
	вспашка	0,95	1,70	79,2	110,6	6,66	2,02
Ячмень	прямой посев (без обработки)	1,32	2,54	42,7	33,3	2,68	0,65
	поверхностная обработка	0,76	1,96	44,6	33,8	2,21	0,67
	вспашка	0,65	2,05	74,6	37,9	2,65	1,25

Причем, максимальной эффективностью поглощения этих металлов отличается яровая пшеница. Относительно высокие индексы накопления имеет и Co – Кн=1,12-6,92. При прямом посеве возрастала скорость поступления в растения Cd, Pb и Co, а в фитомассу пшеницы еще и Cu. При вспашке четко прослеживалась закономерность повышения коэффициентов накопления Mn и Zn.

Математический анализ полученных результатов показал, что поступление Cd, Pb, Zn, Co и Mn в растения при прямом посеве культур (без обработки почвы) во многом определяется наличием подвижных форм металлов в пахотном горизонте.

Коэффициент корреляции признаков показал (табл. 24), что более сильная зависимость характерна для Cd и Zn (r = 0,99 и r = 0,91) и в меньшей степени для Pb и Mn (r = 0,67 и r = 0,70). При поверхностной обработке высокая степень зависимости

сохраняется у Cd: (r = 0,94) и Zn: (r = 0,82), средняя у Co:(r = 0,64), сильная зависимость у Cu: (r = 0,94).

Таблица 24

Коэффициенты корреляции (r) между содержанием тяжелых металлов в биомассе растений и наличием их подвижных форм в почве, 2008-2010 гг.

Вид обработки	Элемент					
	Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Прямой посев (без обработки)	0,99	0,67	0,91	0,03	0,88	0,70
Поверхностная обработка	0,94	-0,22	0,82	0,94	0,64	-0,85
Глубокая отвальная	- 0,72	0,44	0,36	-0,2	-1,0	-1,0

При глубокой обработке корреляционные связи между содержанием подвижных форм металлов в почве и в растениях прослеживалась только по Pb и Zn, и то в средней степени (r = 0,44 и r = 0,36). По остальным металлам, наоборот, выявлена отрицательная зависимость признаков. Таким образом, по результатам исследований можно сделать заключение, что при прямом посеве зерновых культур и мелкой поверхностной обработке происходит накопление валовых и подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте (0-30 см), что обуславливает их относительно высокие объемы поступления в биомассу. Проведение глубокой отвальной обработки позволяет, в среднем в 1,2-2,7 раза, а по Pb, Cu и Co в 2,5-4,0 раза, уменьшить поступление металлов в растение. Аккумуляция Cd, Pb, Zn, Co и Mn в растения при прямом посеве культур во многом определяется наличием подвижных форм металлов в пахотном горизонте (r = 0,67-0,99). При глубокой обработке корреляционные связи выражены слабо (r =0,36-0,44), а у Cd, Co, Cu, Mn с отрицательным значением.

Уровень аккумуляции тяжелых металлов в почве при всех видах обработки в период исследований не превышал ПДК. Однако, на участках прямого посева и поверхностной обработки объемы накопления Pb, Zn и Co, локально Cu и Mn были существенно выше фоновых индексов. Эти металлы интенсивно поступали и в биомассу, причем, Co в растения озимой пшеницы поступал с превышением ПДК на 3,0 %, при прямом посеве на 79,0 %. Глубокая отвальная вспашка снижает концентрацию всех металлов,

за исключением Co, до фонового уровня. При всех видах обработки основная масса поступивших в растения элементов локализуется в корневой системе. Zn и Cu могут в относительно больших количествах могут транспортироваться в колос.

5.2. Влияние уровней минерального питания растений, природных адсорбентов и биологически активных веществ на мобильность тяжелых металлов

Исследования в опытах с различным уровнем плодородия почв показали, что систематическое внесение минеральных удобрений под полевые культуры способствует повышению концентрации тяжелых металлов в пахотном горизонте. Так, на делянках без внесения минеральных удобрений среднее количество валовых форм Cd в слое почвы 0-30 см варьировало от 0,34 до 0,44 мг на 1 кг. На ежегодно удобряемых участках его содержание равнялось 0,42-0,67 мг/кг или на 23,5-52,2 % превышало контрольные показатели. Аналогичные закономерности прослеживались и с Pb с той разницей, что его концентрация на удобренных органах достигала 12,1-22,8 мг/кг, что на 18,6-55,1% больше значений контрольных вариантов. Внесение удобрений способствует насыщению почвенного поглотительного комплекса такими биогенными элементами, как Zn, Cu и Co, соответственно, до уровня 42,4-48,0, 16,0-19,7 и 11,5-13,6 мг/кг, что на 1,0-6,5, 2,5-9,0 и 17,2-32,1 % выше параметров неудобренных участков. Содержание Mn в почвах с естественным плодородием находилось в пределах 372,0-692,0 мг/кг, а удобренных 450,0-701,0 мг/кг, что на 9,0-78,0 мг/кг или 1,3-20,9 % больше нормы.

Повышение концентрации тяжелых металлов в систематически удобряемых почвах обусловлено их привнесением в составе наполнителей, входящих в удобрения, а также их подъемом из подпахотных горизонтов мощными корневыми системами растений; меньшим выносом элементов с урожаем прошлых лет, поскольку растения лучше обеспечивались необходимыми биогенными макроэлементами; биофиксацией металлов активно развивающейся микрофлорой; накоплением и закреплением в корневых и пожнивных остатках растений, пронизывающих пахотный слой, в гумусовом веществе почвы. Отмечено превышение фоновых значений по Pb в почве под посевами проса и гороха,

соответственно, на 50,9 и 49,0 %. На всех делянках опыта, как удобренных, так и неудобренных, наблюдалась повышенная концентрация Zn – в 1,2-1,4 раза больше фоновых индексов. На 13,5-27,0 и 26,2-33,2 % выше естественных значений под посевами ячменя, овса и гороха находилась концентрация ионов Cu и Mn. Очевидно, это связано с особенностью применения удобрений под эти культуры: внесением марганце- и медесодержащих препаратов, стимулирующих развитие почвенных и симбиотических азотофиксаторов, а также способностью корневых систем биотипов подтягивать из нижних горизонтов и удерживать в зоне ризодермы ионы данных металлов.

Анализ индексов подвижных форм металлов показал, что потенциально доступными для растений могут быть от 0,032 до 0,096 мг/кг, или 10,0-22,5 % от валового содержания в почве Cd, 0,17-0,89 мг/кг, или 1,4-7,7 % Pb; 0,23-0,81 мг/кг, или 0,6-1,7 % Zn; 0,08-0,25 мг/кг, или 0,4-1,5 Cu; 0,12-0,24 мг/кг, или 0,9-2,9 % Co; 21,8-47,0 мг/кг, или 4,7-14,0 % Mn. Исследованиями выявлено, что применение удобрений, практически не влияет на подвижность Cd и Pb. Однако, в отношении Zn, Cu, Co и Mn прослеживаются закономерности в увеличении мобильности металлов соответственно на 20,0-50,0, 14,2-25,0, 6,2-33,0 и 2,1-57,0 %. Дополнительное внесение в почву макроэлементов на ионном уровне вытесняет часть тяжелых металлов из почвенного поглотительного комплекса и переводит их в растворы, доступные растениям. К тому же, применение удобрений меняет реакцию почвенной среды, что также повышает мобильность элементов.

Установлено, что определенное влияние на подвижность тяжелых металлов оказывают и корневые выделения растений. Так, физиологически активные вещества ризосферы яровой пшеницы при всех уровнях минерального питания растений стимулировали мобильность Cd, Pb, и Mn и ингибировали Co, а ячменя и овса, наоборот, снижали активность Cd, Pb и Mn и увеличивали подвижность Co. Гречиха и просо, в отличие от других культур, активизировали миграцию Zn и Cu. Очевидно, это естественная реакция растений на повышенную потребность организма в этих элементах. Сравнение полученных индексов подвижных форм металлов в слое почвы 0-30 см со значениями ПДК не выявило их превышения. Концентрация Cd, Pb, Zn, Cu и Co была относительно небольшой и варьировала в пределах 1,0-19,2 %, а Mn –

21,8-47,8 % от ПДК.Расчетами определено, что в биологический круговорот на участках с естественным плодородием почвы может быть вовлечено в среднем 0,18 кг/га Cd, 1,68 кг/га – Pb, 1,09 кг/га – Zn, 0,41 кг/га – Cu, 0,51 кг/га – Co и 100,9 кг/га – Mn. На систематически удобряемых участках объемы подвижных форм металлов в кг на 1 га увеличиваются по Cd в среднем на 11,1%, Pb – на 13,6%, Zn – на 29,3%, Cu – на 21,9%, Co – на 23,5% и Mn – на 15,8%. Исследованиями выявлено, что внесение удобрений не вызывает аномального увеличения концентрации тяжелых элементов в каком-либо слое почвы. Они относительно равномерно распределяются по пахотному горизонту.

Химические анализы фитомассы изучаемых биотипов показали, что на неудобренных делянках растения способны аккумулировать в среднем от 0,036 до 0,090 мг на 1 кг воздушно-сухой массы Cd, 0,38-1,54 мг/кг Pb; 15,33-33,28 мг/кг Zn; 2,60-9,95 мг/кг Cu; 0,21-0,74 мг/кг Co; 18,87-41,86 мг/кг Mn (табл. 25). Суммарно яровая пшеница накапливала около 72,52мг/кг, ячмень 59,63 мг/кг, овес 74,84 мг/кг, просо 79,30 мг/кг, горох 57,17 мг/кг, гречиха 50,90 мг/кг тяжелых металлов.

На удобренных участках поступление элементов в биомассу яровой пшеницы снижалось до 50,12 мг/кг, или в среднем на 30,9 %. При этом, отрицательная динамика прослеживалась по всем элементам, за исключением Pb и Co, абсорбция которых при внесении удобрений увеличивалась соответственно на 37,5 и 19,0 % с 0,40 мг/кг до 0,55 мг/кг и с 0,21 мг/кг до 0,25 мг/кг. Очевидно, это связано с внекорневой подкормкой посевов путем их опрыскивания в период налива зерна раствором нитроаммофоса. Этим можно объяснить и относительно высокую концентрацию Pb в генеративной части растений, поскольку он поступил в ткани колоса, минуя биологические барьеры на уровне корня и стебля.

Суммарный объем аккумуляции металлотоксикантов в удобренных растениях ячменя в среднем оказался на 5,6 % ниже контроля, в основном, за счет снижения поступления Pb и Mn соответственно на 63,8 и 43,0 %. По остальным элементам наоборот отмечалось увеличение концентрации: Cd на 58,3 %, Cu на 67,2 %, Zn на 6,3 % и Co в 1,6 раза. Однако, в абсолютном весе общее количество дополнительно поглощенных металлов не превышало 4,88 мг/кг, а их концентрация в фитомассе находилась значительно ниже индексов ПДК и фоновых значений [24].

Таблица 25

Накопление тяжелых металлов в растениях, мг/кг воздушно-сухой массы, 2009-2010 гг.

Культура	Орган	Без удобрений						С удобрениями					
		Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn	Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Яровая пшеница	колос	0,044	0,27	31,30	3,29	0,10	26,78	0,037	0,42	24,45	2,56	0,10	14,61
	стебель	0,053	0,34	28,68	2,38	0,15	31,76	0,039	0,32	20,40	2,13	0,22	15,37
	корень	0,054	0,60	38,67	5,82	0,39	46,93	0,045	0,93	37,95	5,51	0,43	24,86
	среднее	0,051	0,40	32,88	3,83	0,21	35,15	0,041	0,55	27,60	3,40	0,25	18,28
Ячмень	колос	0,020	0,39	31,33	3,76	0,27	15,44	0,020	0,45	30,35	6,84	0,30	9,03
	стебель	0,030	1,72	14,48	3,04	0,31	20,06	0,034	0,66	18,75	3,66	0,40	9,43
	корень	0,058	2,52	36,0	5,49	1,11	42,93	0,117	1,71	37,88	10,02	2,18	36,35
	среднее	0,036	1,54	27,27	4,09	0,56	26,14	0,057	0,94	28,99	6,84	0,96	18,27
Овес	метелка	0,025	0,07	31,30	3,19	0,37	22,22	0,039	0,28	33,58	3,07	0,21	16,05
	стебель	0,033	0,22	14,80	2,86	0,12	24,01	0,053	0,20	22,75	4,88	0,35	13,51
	корень	0,080	2,02	34,15	8,00	1,74	79,35	0,109	1,61	36,55	6,57	1,38	46,05
	среднее	0,046	0,77	26,75	4,68	0,74	41,86	0,067	0,69	30,96	4,84	0,65	25,20
Просо	метелка	0,060	0,48	31,40	11,53	0,18	11,68	0,054	0,58	34,23	10,81	0,13	13,53
	стебель	0,080	0,70	22,60	7,20	0,40	30,14	0,060	0,65	18,40	6,11	0,30	20,72
	корень	0,130	2,39	45,85	11,12	1,14	60,85	0,123	1,17	44,13	12,82	1,10	29,82
	среднее	0,090	1,19	33,28	9,95	0,57	34,22	0,079	0,80	32,25	9,91	0,51	21,35
Горох	бобы	0,016	0,20	32,10	4,08	0,15	20,40	0,080	0,10	28,70	3,80	0,12	34,16
	стебель	0,041	0,36	31,33	3,94	0,29	19,22	0,023	0,26	31,30	3,67	0,27	22,26
	корень	0,073	0,64	36,15	4,87	0,68	17,00	0,083	0,52	30,60	4,18	0,42	12,36
	среднее	0,043	0,40	33,19	4,29	0,37	18,87	0,062	0,29	30,20	3,88	0,27	22,92
Гречиха	соцветие	0,020	0,15	15,70	2,80	0,18	21,50	0,012	0,10	14,10	2,60	0,16	16,70
	стебель	0,050	0,30	13,50	1,70	0,21	30,20	0,036	0,22	10,20	1,50	0,18	27,30
	корень	0,108	0,68	16,80	3,31	0,40	45,20	0,094	0,66	16,43	2,85	0,45	46,70
	среднее	0,059	0,38	15,33	2,60	0,26	32,3	0,047	0,33	13,57	2,32	0,26	30,23

Характер поступления тяжелых элементов в растения овса во многом схож с ячменем, с той лишь разницей, что с улучшением агрофона, он, в отличие от ячменя, наряду с Pb и Mn, уменьшает и абсорбцию Co, соответственно, на 13,4, 39,8 и 12,8 %. По Cd овес аналогично ячменю повышает концентрацию на 45,6 %, Zn на 15,7 % и Cu на 3,4 %, в сумме дополнительно привнося в биомассу около 4,39 мг металлов на 1 кг воздушно-сухой массы, при общей тенденции снижения объема с 74,84 мг/кг на неудобренных делянках до 62,40 мг/кг на удобренных, или на 16,6 %. Сравнение полученных результатов с контрольными индексами показало, что количество Cd, Cu и Mn в удобренных растениях овса содержится в пределах естественных потребностей организма. Близко к фоновым значениям аккумулируется и Pb, а по Zn и Co концентрация в 1,7 раза и 3,2 раза превышала норму, но в целом, находилась в 1,6 раза и в 1,5 ниже ПДК.

Повышение концентрации Cd, Zn, Cu и Co в растениях ячменя и овса обусловлено особенностью минерального питания этих культур, поглощающих большую часть макро- и микроэлементов в первый период вегетации, когда подвижные формы металлов в почве еще не успевают фиксироваться биотой и мигрировать в нижние горизонты и являются наиболее доступными для растений. Причиной может являться и принятое в производстве припосевное внесение удобрений под эти культуры, обуславливающее повышение концентрации химических элементов, а также изменение реакции почвенной среды непосредственно в зоне расположения корневой системы.

Удобренные растения проса накапливали в сумме около 64,89 мг/кг изучаемых элементов, это на 18,2 % меньше контрольного варианта. При этом, снижение концентрации наблюдалось по всем металлам. Но особенно существенно это отмечалось у Mn на 37,7 % и Pb на 32,8 %.

Но их концентрация, как и других металлов, находится значительно ниже ПДК.

Внесение удобрений под горох практически не меняло общую массу тяжелых металлов в растениях. Их суммарное количество в контрольных образцах находилось в пределах 57,16 мг/кг, а удобренных в пределах 57,62 мг/кг. Однако, с повышением агрофона изменялось соотношение элементов. Удобренные растения меньше аккумулировали Pb, Zn, Cu и Co, соответственно, на 37,9, 9,9,

10,5 и 40,7 % и больше поглощали Cd на 44,1 % с 0,043 мг/кг до 0,62 мг/кг и Mn на 21,4 % с 18,87 мг/кг до 22,92 мг/кг. В сумме в биомассу гороха дополнительно поступало 4,05 мг/кг тяжелых металлов, но при этом около 99,53 % их веса приходилась на биогенный Mn и только 0,47% на высокотоксичный Cd, который большей частью локализовался в корневой системе растений. Его концентрация в бобах удобренных растений снизилась почти в 2,0 раза, а в стеблях в 1,7 раза, по сравнению с контрольными вариантами. Исследованиями установлено, что объемы аккумуляции изучаемых элементов в фитомассе как удобренных, так и контрольных растений не превышают ПДК, а по Cd, Pb, Cu, Co, Mn и фоновых индексов. Выше естественных потребностей в ткани опытных растений поступал Zn, соответственно, на 58,1 и 43,8 %.

Система удобрений гречихи позволяла в среднем на 8,2 % снизить поступление тяжелых элементов в фитомассу, с 50,90 мг/кг у контрольных растений до 46,75 мг/кг у удобренных. При этом уменьшение концентрации отмечалось по всем металлам и составило у Cd 25,0%, Pb, Zn и Cu – 12,0-15,1 %, у Mn – 6,8 %. Содержание элементов в растениях находилось в пределах естественных норм и варьировало от 7,6 до 30,6 % от ПДК.

Экспериментами установлено, что внесение удобрений практически не оказывает влияние на характер локализации элементов в растительных тканях. Как в удобренных растениях, так и в неудобренных основная часть абсорбированного Cd, Pb, Zn, Cu и Mn задерживается биологическим барьером на уровне корней 45,0-60,2 %. В стебли проникает в среднем около 25,6-38,7 %, поступающих элементов, и только 14,2-20,3 % металлотаксикантов мигрирует в соцветия. Zn и Cu могут в значительных количествах транспортироваться в генеративные части растений.

Сравнение коэффициентов накопления (Кн) металлов при различных уровнях минерального питания растений показало, что внесение удобрений под яровую пшеницу увеличивало коэффициенты поступления в растительные ткани Pb с Кн = 0,51 до Кн = 0,69 или в 1,4 раза (табл. 26). Улучшение агрофона под ячменем увеличивало интенсивность поглощения Cd – с Кн = 0,80 до Кн = 1,26, или в 1,6 раза, Zn – с Кн = 77,2 до Кн = 87,8, или в 1,1 раза и Cu с Кн = 29,2 до Кн = 45,5, или в 1,6 раза.

Таблица 26

Коэффициенты накопления тяжелых металлов при различных уровнях минерального питания растений, 2009-2010 гг.

Фон	Культура	Элемент					
		Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Без удобрений	яровая пшеница	0,69	0,51	121,7	29,5	1,50	1,26
	ячмень	0,80	3,20	77,2	29,2	2,24	0,55
	овес	0,83	4,52	116,3	58,5	4,35	1,32
	просо	1,02	1,45	69,3	58,5	3,35	0,90
	горох	0,69	1,25	114,5	39,0	2,11	0,46
	гречиха	1,84	0,48	25,9	13,6	2,90	1,47
С удобрениями	яровая пшеница	0,55	0,69	61,3	20,0	1,31	0,61
	ячмень	1,26	1,95	87,8	45,5	2,90	0,43
	овес	1,11	2,55	96,7	53,7	2,82	0,57
	просо	0,82	0,90	56,5	47,2	2,68	0,45
	горох	0,86	0,63	86,2	29,8	1,28	0,53
	гречиха	1,11	0,41	16,7	9,28	2,16	1,38

Удобренный овес в 1,3 раза интенсивнее абсорбировал Cd – с Кн = 0,83 до Кн = 1,11, а горох наряду с Cd еще и Mn, соответственно, с Кн = 0,69 до Кн = 0,86 и с Кн = 0,46 до Кн = 0,53, или в 1,2 и 1,1 раза. Экспериментами выявлено, что в условиях естественного плодородия почвы Cd наиболее интенсивно поступает в просо и гречиху, Pb в овес и ячмень, Zn в яровую пшеницу и овес, Cu в горох, просо и овес, Co в овес и просо, Mn в гречиху и овес. С внесением удобрений Cd, кроме гречихи, начинает интенсивнее поглощаться еще ячменем и овсом, Pb, Zn, Cu, Co также овсом и ячменем, а Mn гречихой и яровой пшеницей. Высокая интенсивность поглощения микроэлементов зернофуражными культурами на делянках с повышенным агрофоном во многом обусловлена биологической отзывчивостью ячменя и овса на улучшение условий минерального питания, а так же особенностью строения корневой системы, способной пронизывать большой объем почвы и поглощать недоступные для других растений химические соединения.

Математический анализ зависимости поступления металлов в биомассу растений от содержания их подвижных форм в почве показал, что такая связь в годы исследований на контрольных вариантах прослеживалось у Cd, Pb и Co. Коэффициенты корреляции равнялись соответственно r = 0,58, r = 0,53 и r = 0,056

(табл. 27). По остальным элементам наблюдается отрицательная зависимость.

Таблица 27

Коэффициенты корреляции (r) содержания металлов в биомассе с наличием их подвижных форм в почве, 2009-2010 гг.

Фон минерального питания	Элемент					
	Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Без удобрений	0,58	0,53	-0,06	-0,57	0,56	-0,54
С удобрениями	0,56	0,11	-0,81	0,01	0,86	-0,51

С внесением удобрений степень зависимости снижалась у Cd до r = 0,56, Pb до r=0,11, а Co возрастала до r = 0,86. Очевидно, Co привносится в почву с удобрением или в присутствии удобрений вступает в синергизм с другими биогенными элементами и поступает в растения.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать заключение, что систематическое внесение расчетных доз минеральных удобрений повышает содержание в почве валовых форм Cd, Pb и Co в среднем на 36,1 %, а Zn, Cu и Mn на 10,9 % и увеличивает мобильность Zn, Cи, Co и Mn в среднем на 25,9 %. Абсолютный уровень концентрации изучаемых металлов в удобренной почве относительно невелик и варьирует от 1,0 % до 47,8 % от ПДК. Повышение уровня минерального питания яровой пшеницы, ячменя, овса, проса и гречихи в среднем на 5,6-30,9 % снижает суммарный объем поступления тяжелых металлов в фитомассу. Однако, внесение удобрений увеличивает интенсивность миграции Pb в растения яровой пшеницы, Cd, Zn и Cu в биомассу ячменя и овса. Удобренный горох интенсивнее поглощает Cd и Mn. Внесение удобрений не меняет характера локализации тяжелых металлов в биомассе. Основная часть аккумулируемых элементов откладывается в корневой зоне растений, Zn и Cu способны в относительно больших количествах как на удобренных, так и неудобренных вариантах транспортироваться в генеративные органы. Внекорневая подкормка яровой пшеницы азотно-фосфорными удобрениями повышает концентрацию Pb в колосе.

Поступления Cd, Pb и Co в биомассу растений зависит от содержания их подвижных форм в почве (r = 0,58, r = 0,53 и r = 0,56). С внесением удобрений степень зависимости снижается, а у Co возрастает до r = 0,86.

В целом объем накопления тяжелых металлов в фитомассе удобренных растений не превышает ПДК, а по Cd, Cu и Mn и фоновых значений.

По мнению ряда исследователей, в частности В. А. Исайчева (2006), В. И. Костина (2008), А. Н. Постникова и др. (2009), продуктивность сельскохозяйственных культур, и в том числе, яровой пшеницы может быть увеличена за счет применения биологически активных веществ и регуляторов роста. В настоящее время ГНУ «Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии» Россельхозакадемии разработаны технологии производства и применения биопрепаратов на основе симбиотических и ассоциативных азотофиксирующих и фосфатомобилизующих микроорганизмов, а также микроорганизмов, продуцирующих фитогармоны, витамины, органические кислоты, антибиотики и другие биологически активные вещества. Это способствует улучшению минерального питания растений, повышению их устойчивости к различным стрессам и фитопатогеннам, росту урожайности и качества продукции (Селезнев, 2001; Вакуленко, 2001; Соловьев, 2012). В исследованиях В. Н. Титова (2011), К. А. Грузновой (2016), Т. А. Беловой (2016) отмечено влияние биологически активных препаратов на содержание и мобильность тяжелых металлов в растениях.

Для изучения данной проблемы в 2013-2015 гг. закладывалось два полевых опыта, по одному в центральной и южной зонах Самарской области в хозяйствах, имеющих типичные, характерные для конкретной агроклиматической зоны почвенные и погодные условия, рельеф и режим увлажнения. Объектом исследований служил районированный сорт сои Самер 3. Семена перед посевом обрабатывали препаратами Агрика, Ризоторфин, Гумариз.

Внесение биологически активных препаратов не вызывало превышения значений ПДК тяжёлых металлов в биомассе сои (табл. 28). Отмечено превышение фонового значения по свинцу в 1,11 раза на контроле, в 1,13 раза на варианте с применением Ризоторфина, в 1,2 раза при использовании Ризоторфина в сочетании с агрикой, в 1,12 раза в сочетании с гумаризом.

Согласно полученным данным, биологически активные препараты оказывают влияние на снижение валовых форм кобальта и марганца по сравнению с контролем. Наименьшее значение

содержание кобальта отмечено в варианте с применением Ризоторфина 5,15 мг/кг, что ниже контрольного значения в 1,09 раза.

Таблица 28

Коэффициенты накопления тяжёлых металлов в почве под урожаем сои сорта Самер 3 при действии биологически активных препаратов, 2013-2015 гг.

Вариант опыта	Элемент						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Контроль	1,11	0,75	0,49	0,76	0,50	0,97	0,59
+Ризоторфин	1,13	0,75	0,53	0,78	0,46	0,85	0,59
+Ризоторфин+Агрика	1,20	0,78	0,53	0,78	0,50	0,83	0,62
+Ризоторфин+Гумариз	1,12	0,79	0,55	0,79	0,65	0,94	0,67

Снижение содержания валовых форм марганца относительно контрольного значения наблюдалось по всем вариантам опыта: с применением Ризоторфина в 1,14 раза, Ризоторфина в сочетании с агрикой в 1,17 раза, в сочетании с гумаризом в 1,03 раза.

Следует также отметить, что максимальные превышения значений элементов, за исключением свинца, наблюдались на варианте с применением Ризоторфина в сочетании с гумаризом. Значение контроля по содержанию валовых форм кадмия превышено в 1,05 раза, меди в 1,1 раза, цинка в 1,03 раза, кобальта в 1,31 раза, железа в 1,14 раза.

В результате проведённых расчётов наибольшее значение коэффициента концентрации при действии биологически активных препаратов отмечено по свинцу (1,2) у варианта с применением Ризоторфина+Агрика.

Именно Pb на всех вариантах опыта можно отнести к числу накапливающихся элементов (Кс >1,1). Марганец на контрольном варианте и при применении Ризоторфина в сочетании с гумаризом близок к его фоновому содержанию, остальные изучаемые элементы являются рассеивающимися, т.к. Кс < 0,9.

Полученные данные показали, что значения подвижных форм тяжелых металлов находятся на уровне ПДК (табл. 29). Превышение фона установлено по содержанию подвижных форм свинца и меди в 1,38 и 1,15 раза, соответственно, на варианте с применением Ризоторфина, кадмия и цинка на всех вариантах опыта в 1,37 и 1,5 раза, соответственно, кобальта в 1,3 раза на варианте с применением Ризоторфина и в 1,15 раза в сочетании с гумаризом, железа

на контрольном варианте в 1,03 раза, на варианте Ризоторфин+Агрика и Ризоторфин+гумариз в 1,08 раза. Превышения фонового значения по марганцу не обнаружено.

Таблица 29

Подвижность тяжёлых металлов в почве под урожаем сои сорта Самер 3 при действии биологически активных препаратов, 2013-2015 гг.

Вариант опыта	Элемент, %						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Контроль	2,00	8,50	0,54	0,75	2,85	2,45	0,04
+ Ризоторфин	4,51	7,33	0,63	0,91	5,05	1,77	0,02
+ Ризоторфин+Агрика	1,77	8,55	0,46	1,29	1,41	2,18	0,04
+ Ризоторфин+Гумариз	1,57	9,05	0,53	0,95	3,12	1,64	0,04

При применении биологически активных препаратов наблюдается снижение содержания свинца в подвижной форме на участках с применением Ризоторфина в сочетании с агрикой в 1,04 раза и гумаризом в 1,26 раза. Снижение по содержанию подвижного кадмия отмечено в варианте с применением Ризоторфина в 1,16 раза.

Концентрация подвижных форм меди и кобальта снижается при применении Ризоторфин+Агрика по сравнению с контролем в 1,1 и 2 раза, соответственно. Снижение по Mn отмечено по всем вариантам в 1,31-1,58 раза, по Fe при применении Ризоторфина в 1,64 раза. Минимальное содержание Zn отмечено на контрольном варианте.

Процент подвижности Pb возрастает при внесении Ризоторфина в 2,26 раза; Cd в 1,01 раза при внесении Ризоторфина с агрикой, в 1,06 с гумаризом. При действии Ризоторфина также отмечен рост процента подвижности Cu, Zn и Co в 1,17; 1,21 и 1,77 раза, соответственно.

Ризоторфин в сочетании с агрикой увеличивает процент подвижности Zn в 1,72 раза. При применении Ризоторфина в сочетании с гумаризом отмечен рост подвижности Zn и Co, соответственно, в 1,27 и 1,09 раза. Роста подвижности Mn и Fe при действии биологически активных препаратов не обнаружено.

Превышения критической концентрации по изучаемым тяжёлым металлам при применении биологически активных препаратов в зерне сои не обнаружено (табл. 30.). Снижение содержания тяжёлых металлов по сравнению с контрольным вариантом

отмечено по Pb при применении сочетания Ризоторфина и Агрики в 1,67 раза. На всех вариантах опыта наблюдается снижение относительно контроля концентрации меди в 1,32 раза и железа в 1,13 раза. Снижение по Cd обнаружено в варианте с применением Ризоторфина и гумариза в 1,11 раза по сравнению с контролем, по Zn при применении Ризоторфина в 1,08 раза относительно контроля. Концентрация Co и Mn увеличивается, по сравнению с контрольным вариантом в 3,46 и 1,05 раза, соответственно.

Таблица 30

Коэффициенты биологического поглощения тяжёлых металлов в зерне сои сорта Самер 3 при действии биологически активных препаратов, 2013-2015 гг.

Вариант опыта	Элемент						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Контроль	0,008	0,052	0,127	0,772	0,020	0,011	0,003
+ Ризоторфин	0,008	0,053	0,095	0,706	0,033	0,012	0,002
+ Ризоторфин+Агрика	0,004	0,063	0,104	0,766	0,034	0,014	0,002
+ Ризоторфин+Гумариз	0,008	0,044	0,078	0,761	0,080	0,012	0,002

Коэффициенты биологического поглощения показывают, что при действии биологически активных препаратов растениями сои наиболее поглощаются медь и цинк, также как и в опытах с внесением природных адсорбентов. Потребность растений в кадмии, кобальте, свинце, марганце и, в особенности, железе – минимальна. Коэффициенты биологического поглощения показали, что изучаемые тяжёлые металлы относятся к группе биологического захвата, т.е. в течение жизни растения лишь захватываются ими.

Снижение содержания токсичных элементов в системе растение – животное – человек возможно, благодаря применению природных адсорбентов, фиксирующих тяжелые металлы и препятствующих их дальнейшему распространению. Применение природных адсорбентов позволяет снизить концентрацию тяжелых металлов в почве, а также ограничить их доступ для растений и свести к минимуму попадание в пищевые цепи [31].

В качестве органического детоксиканта вносят навоз, образующий с тяжелыми металлами низкорастворимые органоминеральные соединения [90, 217]. Внесение новых материалов в агроэкосистемы является актуальным и требует их тщательного изучения. Такими материалами являются древесный уголь и опока. Древесный уголь является биоремидиантом с высокими абсорбцион-

ными способностями, способствующими снижению токсичности загрязнителей. Опока – кремнистый природный сорбент с развитой поверхностью. На Балашейском месторождении Сызранского района Самарской области ведется добыча опал-кристобалитовой высококремнистой породы (опоки), пригодность которой до конца не изучена. Состав опоки определяется следующим процентным содержанием: SiO_2 – 73,99; Al_2O_3 – 10,01; Fe_2O_3 – 4,12; CaO – 1,37; MgO – 1,20; SO_3 – 0,63; K_2O – 1,30; Na_2O – 0,68. Известны некоторые положительные эффекты опоки как адсорбента [436].

Проводились исследования в 2013-2015 гг. на полях хозяйства, расположенного в центральной агроклиматической зоне Самарской области. Согласно схеме опыта в первом (контрольном) варианте внесение природных адсорбентов не проводилось. Во втором варианте при различной обработке почвы перед посевом вносили опоку в дозе 50 кг/га, в третьем – навоз (40 т/га), в четвертом – древесный уголь (50 кг/га).

Значения валового содержания тяжёлых металлов (табл. 31) в почве под урожаем сои сорта Самер 3 не превышали ПДК на всех вариантах опыта: глубокой (30 см), минимальной (15 см) и нулевой обработках почвы.

Таблица 31

Коэффициенты накопления тяжёлых металлов в почве под урожаем сои сорта Самер 3 при различной обработке и внесении адсорбентов, 2013-2015 гг.

Вариант опыта	Элемент						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Глубокая отвальная вспашка							
Контроль	0,70	0,48	0,44	0,63	0,48	0,64	0,50
+ Опока	0,75	0,41	0,41	0,66	0,64	0,68	0,51
+ Навоз	0,76	0,41	0,40	0,67	0,60	0,66	0,48
+ Древесный уголь	0,76	0,44	0,41	0,64	0,60	0,68	0,50
Поверхностная обработка							
Контроль	0,81	0,51	0,39	0,72	0,45	0,74	0,52
+ Опока	0,85	0,44	0,37	0,65	0,64	0,69	0,49
+ Навоз	0,80	0,45	0,36	0,67	0,61	0,72	0,46
+ Древесный уголь	0,79	0,43	0,37	0,67	0,60	0,68	0,48
Нулевая обработка							
Контроль	1,03	0,43	0,34	0,67	0,46	0,80	0,48
+ Опока	0,99	0,44	0,34	0,68	0,55	0,76	0,49
+ Навоз	0,93	0,43	0,33	0,81	0,51	0,76	0,49
+ Древесный уголь	0,99	0,41	0,33	0,65	0,53	0,79	0,50

Превышение фоновых значений отмечено по высокотоксичному свинцу на контрольном варианте при нулевой обработке в 1,03 раза. В условиях глубокой обработки почвы внесение опоки позволяет снизить валовое содержание кадмия и меди по сравнению с контролем в 1,15 и 1,06 раза, соответственно. Внесение навоза снижает валовую концентрацию кадмия, меди и железа, соответственно, в 1,16; 1,10 и 1,04 раза, по сравнению, с контрольным вариантом опыта. Древесный уголь, как и навоз, оказывает воздействие на кадмий, медь и железо, снижая их содержание относительно контроля в 1,09; 1,06 и 1,01 раза.

При минимальной обработке почвы опока, по сравнению с контрольным вариантом (без внесения адсорбентов), снижает валовую концентрацию кадмия в 1,17 раза, меди в 1,04 раза, цинка в 1,11 раза, марганца в 1,06 раза, железа в 1,06 раза. При внесении навоза снижается валовое содержание изученных тяжёлых металлов, за исключением кобальта (отмечено повышение в 1,34 раза). Древесный уголь, как и при глубокой обработке, оказывает воздействие, аналогичное навозу, снижая концентрацию валовых форм Pb, Cd, Cu, Zn, Mn и Fe и повышая содержание кобальта в 1,31 раза.

Внесение опоки в варианте опыта без применения почвенной обработки снижает валовое содержание свинца и марганца по сравнению с контролем в 1,04 и 1,05 раза, соответственно. Навоз оказывает влияние на валовое содержание свинца, меди и марганца наблюдается снижение относительно контрольного варианта в 1,10; 1,02 и 1,06 раза, соответственно. При внесении древесного угля отмечено снижение валового содержания свинца в 1,04 раза, кадмия в 1,03 раза, меди в 1,03 раза, цинка в 1,03 раза и марганца в 1,01 раза, по сравнению с контрольным вариантом опыта без применения адсорбентов.

Рассчитанные коэффициенты концентрации показывают, что среди изучаемых тяжёлых металлов не обнаружено элементов, относящихся к числу накапливающихся (Кс > 1,1). Однако содержание свинца на вариантах опыта без почвенной обработки оказалось близким к фоновому 0,9 < Кс < 1,1, т.е. данный элемент содержится на уровне региональных фоновых концентраций. Все остальные тяжёлые металлы можно отнести к группе рассеивающихся, т.к. их коэффициенты концентрации ниже 0,9. Доступность тяжёлых металлов для растений характеризуется их подвижными формами.

Согласно полученным данным содержание подвижной формы изученных тяжёлых металлов в почве под урожаем сои сорта Самер 3 находится в пределах ПДК, за исключением кобальта, превышение значений которого на всех вариантах опыта при применении различных почвенных обработок составляет 1,21-1,37 раза (табл. 32).

Таблица 32

Коэффициенты накопления тяжёлых металлов в почве под посевами сои сорта Самер 3 при различной обработке и внесении адсорбентов, 2013-2015 гг.

Вариант опыта	Элемент, мг/кг						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Глубокая отвальная обработка							
Контроль	3,82	14,74	1,62	0,73	127,14	3,85	0,01
+ Опока	4,59	16,36	1,23	0,74	94,73	3,33	0,01
+ Навоз	2,30	16,67	1,22	1,03	100,74	3,75	0,01
+ Древесный уголь	5,49	15,43	1,29	0,95	97,36	3,44	0,01
Поверхностная обработка							
Контроль	6,15	10,98	1,52	0,43	118,09	3,33	0,02
+ Опока	3,82	14,57	1,36	0,46	85,24	3,32	0,01
+ Навоз	4,61	15,56	1,16	0,92	90,87	3,66	0,02
+ Древесный уголь	4,01	15,29	1,45	0,49	91,10	3,74	0,01
Нулевая обработка							
Контроль	3,52	17,35	2,41	0,92	118,97	3,82	0,03
+ Опока	2,90	18,86	1,62	0,81	101,76	4,00	0,02
+ Навоз	4,98	16,47	1,80	1,08	107,77	4,40	0,02
+ Древесный уголь	2,52	18,48	1,81	0,89	103,87	3,72	0,03

Значение фоновой концентрации превышено на всех вариантах опыта по кадмию в 1,22-1,78 раза, меди в 1,46-2,85 раза, кобальту в 30,4-34,2 раза, а также по свинцу в варианте с внесением древесного угля при глубокой обработке почвы в 1,13 раза, в контрольном варианте при минимальной обработке в 1,35 раза и в варианте с внесением навоза при нулевой обработке почвы в 1,25 раза; по цинку – при глубокой обработке почвы в вариантах с внесением навоза в 1,33 раза и древесного угля в 1,18 раза, при минимальной обработке с внесением навоза в 1,18 раза, при нулевой обработке по всем вариантам в 1,05-1,68 раза.

Применение опоки в условиях глубокой обработки почвы позволило снизить, по сравнению с контролем, содержание подвижных форм кадмия в 1,04 раза, меди в 1,39 раза, кобальта в 1,002

раза, марганца в 1,09 раза. Внесение навоза способствовало снижению содержания подвижных форм всех изучаемых элементов относительно контрольного варианта опыта, за исключением цинка и железа (отмечено повышение в 1,51 и 1,12 раза, соответственно). Древесный уголь оказал влияние на снижение содержания подвижных форм кадмия в 1,04 раза, меди 1,33 раза, кобальта 1,03 раза, марганца в 1,05 раза.

При минимальной обработке почвы с внесением опоки наблюдается превышение по сравнению с контролем подвижных форм кадмия и кобальта в 1,13 и 1,01 раза, соответственно.

Навоз, в условиях минимальной почвенной обработки, ведёт себя аналогично древесному углю, отмечается снижение содержания подвижных форм свинца, меди и железа и рост кадмия, цинка, кобальта, марганца.

В вариантах опыта без почвенной обработки превышение контрольных значений отмечено при внесении опоки по кадмию в 1,12 раза и кобальту в 1,02 раза. При внесении навоза – по свинцу в 1,28 раза, цинку в 1,43 раза, кобальту в 1,01 раза и марганцу в 1,09 раза. При внесении древесного угля превышение контроля отмечено по содержанию подвижного кадмия в 1,03 раза.

Максимальный процент подвижности отмечен у кобальта от 85,24 % (в варианте с внесением опоки при минимальной обработке почвы) до 127,14 % (на контроле при глубокой почвенной обработке) и кадмия от 10,98 % (контрольный вариант при минимальной обработке) до 18,86% (при внесении опоки на варианте без почвенной обработки). Согласно полученным данным, не превышает критической концентрации содержание тяжёлых металлов в зерне сои сорта Самер 3 (табл. 33). Минимальные значения отмечены: свинца – 0,12 мг/кг, что ниже контрольного значения в 2,42 раза на варианте с внесением древесного угля при минимальной обработке почвы; кадмия – 0,029 мг/кг, что в 1,17 раза ниже контроля, при внесении навоза в условиях минимальной почвенной обработки, меди, на варианте с внесением навоза при глубокой обработке почвы – 3,73 мг/кг, цинка – 27,50 мг/кг, при внесении опоки в варианте без почвенной обработки, кобальта и марганца отмечены на контрольном варианте без внесения адсорбентов при глубокой (30 см) обработке почвы 0,18 и 8,48 мг/кг, соответственно, железа при внесении опоки в условиях глубокой обработки почвы – 38,93 мг/кг, что ниже контроля в 1,16 раза.

Таблица 33

Коэффициенты биологического поглощения тяжёлых металлов в зерне сои сорта Самер 3 при различной обработке и внесении адсорбентов, 2013-2015 гг.

Вариант опыта	Элемент						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Глубокая отвальная обработка							
Контроль	0,02	0,11	0,19	0,72	0,03	0,02	0,003
+ Опока	0,02	0,12	0,22	0,60	0,04	0,02	0,002
+ Навоз	0,02	0,11	0,21	0,54	0,04	0,02	0,002
+ Древесный уголь	0,02	0,09	0,22	0,63	0,08	0,02	0,002
Поверхностная обработка							
Контроль	0,03	0,08	0,24	0,67	0,06	0,02	0,003
+ Опока	0,02	0,09	0,27	0,62	0,03	0,02	0,002
+ Навоз	0,02	0,08	0,25	0,59	0,04	0,02	0,003
+ Древесный уголь	0,01	0,10	0,27	0,61	0,04	0,02	0,002
Нулевая обработка							
Контроль	0,01	0,09	0,29	0,63	0,05	0,02	0,003
+ Опока	0,01	0,10	0,28	0,53	0,04	0,02	0,003
+ Навоз	0,02	0,11	0,28	0,47	0,03	0,02	0,003
+ Древесный уголь	0,01	0,10	0,28	0,61	0,04	0,02	0,003

Рассчитанные коэффициенты биологического поглощения (КБП) показывают, что наиболее интенсивно растения сои поглощают медь и цинк, при этом их потребность в Cd, Co, Pb, Mn и, в особенности, Fe минимальна. Полученные КБП изучаемых элементов меньше 1, следовательно, все они относятся к группе биологического захвата, т.е. на протяжении жизни растения химический элемент лишь захватывается им.

В исследованиях 2011-2013 гг. изучалась эффективность использования опал-кристабалитовой породы (опоки) в сочетании с минеральными удобрениями на аккумуляцию тяжелых металлов (кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, хрома, железа) земляникой садовой сорта Эльсанта. Изучение эффективности опоки и ее смеси с минеральными подкормками проводилось в трехкратной повторности по схеме: I-контроль, II-минеральные подкормки Абиго-Пик, Феррелин, Brexil Zn, Brexil Mn, III- минеральные подкормки Абиго-Пик, Феррелин, Brexil Zn, Brexil Mn + опока (50 кг/га). Комплексно было отобрано 60 почвенных образцов и 135 растительных образцов земляники садовой сорта Эльсанта. Контроль содержания тяжелых металлов проводился поэтапно, на

каждой стадии развития растений. Значения валового содержания тяжелых металлов находится ниже установленных предельно-допустимых концентраций (табл. 34).

Таблица 34

Валовое содержание тяжелых металлов в почве под участками земляники садовой по фазам развития, мг/кг

Вариант опыта	Элемент						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Cr	Fe
Фаза 3-4 настоящих листьев							
Контроль	0,33	12,7	16,4	36,4	357	16,2	14578
+ Минеральные удобрения	0,3	11,6	16,1	36,6	384	7,94	15412
+ Минеральные удобрения +Опока	0,31	7,01	14,0	32,8	312	9,08	16477
Фаза бутонизации							
Контроль	0,32	12,7	13,7	36,4	338	12,0	15785
+ Минеральные удобрения	0,32	11,2	16,4	36,6	371	13,2	14704
+ Минеральные удобрения +Опока	0,31	7,01	14,0	32,8	312	9,08	16477
Фаза цветения							
Контроль	0,3	12,2	15,1	36,4	330	8,20	14445
+ Минеральные удобрения	0,35	7,46	19,0	36,4	340	11,9	18383
+ Минеральные удобрения +Опока	0,32	7,45	16,5	33	332	7,02	15320
Фаза плодоношения							
Контроль	0,33	12,6	14,4	36,4	384	15,3	12752
+ Минеральные удобрения	0,35	8,25	17,6	36,4	348	7,18	21004
+ Минеральные удобрения +Опока	0,31	7,16	13,6	32,8	322	8,51	16987
ФОН	0,82	11,2	26,5	75,5	687,7	102	33592
ПДК	2	30	55	100	1500	100	-

Превышение фоновых значений в 1,12 раза выявлено по высокотоксичному свинцу на контрольном варианте опыта, снижение в 1,3 раза, в сравнении с контролем, происходит при внесении минеральной подкормки, добавление к удобрениям опоки способствует уменьшению токсиканта в 1,68 раза. Слабое накопление свинца подтверждает рассчитанная формула геохимического индекса почвы:

$$\frac{Pb\ (1,12)}{Cu(0,56)\quad Fe(0,48)\quad Mn(0,46)\quad Zn(0,43)\quad Cd(0,39)\quad Cr(0,08)}$$

Свинец относится к числу накапливающихся элементов, медь, железо, марганец, кадмий и хром – рассеивающиеся в почве исследуемого агроландшафта.

Внесение минеральной подкормки способствует понижению концентрации валовой формы тяжелых металлов, в сравнении с контролем: кадмия и меди в 1,0 раз, меди, марганца и железа – в 1,1 раза, хрома – в 1,5 раза.

В фазу цветения и плодоношения увеличивается валовая концентрация меди на варианте с использованием минеральной подкормки, что связано с уменьшением поступления ее в растения.

Для характеристики доступности элементов для растений наиболее значимы их подвижные формы. Установленные концентрации подвижных форм элементов не превышают установленных ПДК (табл. 35).

Таблица 35

Содержание подвижной формы тяжелых металлов (экстрагент ацетатно-аммонийный буфер pH 4,8) в почве под участками земляники садовой сорта Эльсанта по фазам развития, мг/кг

Вариант опыта	Элемент						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Cr	Fe
Фаза 3-4 настоящих листьев							
Контроль	0,05	0,41	0,23	0,87	20,1	0,87	0,05
+ Минеральные удобрения	0,04	0,23	0,16	0,25	21,2	2,09	0,04
+ Минеральные удобрения +Опока	0,05	0,34	0,18	0,44	19,3	0,89	0,05
Фаза бутонизации							
Контроль	0,04	0,37	0,17	0,44	18,4	1,46	0,04
+ Минеральные удобрения	0,04	0,18	0,22	0,34	28,5	2,1	0,04
+ Минеральные удобрения +Опока	0,05	0,28	0,14	0,27	13,7	0,77	0,05
Фаза цветения							
Контроль	0,04	0,3	0,17	0,58	21,5	1,76	0,04
+ Минеральные удобрения	0,05	0,38	0,23	0,31	17,4	2,25	0,05
+ Минеральные удобрения +Опока	0,05	0,33	0,22	0,44	23	0,93	0,05
Фаза плодоношения							
Контроль	0,04	0,29	0,19	0,58	21,5	2,08	0,04
+ Минеральные удобрения	0,06	0,2	0,21	0,3	27,6	1,82	0,06
+ Минеральные удобрения +Опока	0,06	0,29	0,16	0,25	13,2	1,6	0,06
Фоновое содержание	0,04	2,25	3	24,98	493,07	49,64	0,04
ПДК	2	6	3	23	100	6	2

По рассчитанным значениям коэффициентов концентрации (Кс) подвижной формы в почве изученные металлы представлены следующим убывающим рядом: Cd(1,14) Pb(0,15) Cu(0,06) Mn(0,04) Cr(0,03) Zn(0,02).

Процент подвижности элементов увеличивается при внесении в почву минеральной подкормки в сравнении с контрольным вариантом: Cu в 1,0 раза, Mn в 1,1 раза, Cr в 1,7 раза; при добавлении опоки Cd в 1,24 раза, Pb в 1,52 раза, Zn в 1,22 раза.

Фоновые значения изученных тяжелых металлов превышены по кадмию. Внесение минеральной подкормки и добавление опоки не ограничивало подвижность токсиканта. Максимальные значения подвижного кадмия в почве обнаружены в фазу плодоношения земляники. Значения подвижной формы свинца минимальны в фазу 3-4 настоящих листьев, на варианте с внесением минеральных удобрений они ниже контрольного в 1,78 раза, при добавлении опоки происходит снижение в 1,2 раза. В фазу бутонизации на всех вариантах опыта происходит уменьшение концентрации подвижного свинца в среднем в 1,18 раза. Увеличение значений подвижной формы свинца в 2,1 раза обнаруживалось в фазу цветения на варианте с внесением минеральной подкормки. В фазу плодоношения концентрация подвижного свинца в почве уменьшается в сравнении с началом вегетации растения в 1,25 раза.

Концентрация подвижной формы меди в почве снижается в процессе развития земляники садовой.

Внесение минеральных удобрений способствует повышению значений подвижной меди в почве в фазу цветения растений. На варианте с внесением опоки обнаруживается незначительное (в 1,0 раза), снижение подвижной меди в сравнении с контролем. Концентрация подвижного цинка снижается на вариантах с внесением минеральных удобрений и дополнительным внесением опоки в 2,0 и 1,76 раза, соответственно. Максимальные значения подвижного цинка обнаруживается в фазу 3-4 настоящих листьев, в фазу бутонизации происходит снижение концентрации в 1,5 раза, в фазы цветения и плодоношения в 1,18 и 1,40 раза, соответственно, в сравнении с началом вегетации.

Значение подвижной формы марганца в средних значениях в процессе вегетации растений не изменяется. Наибольшее значение выявлено в фазу бутонизации на варианте с внесением минеральных удобрений. Этот же фон способствует накоплению в почве

подвижного марганца в 1,1 раза больше, чем на контроле. При внесении опоки происходит снижение концентрации элемента в 1,1 раза, по сравнению с контрольным вариантом. Аналогичная закономерность выявлена в отношении подвижной формы хрома. На варианте с внесением минеральных удобрений превышение в сравнении с контролем составило 1,3 раза, снижение при добавлении опоки в 1,4 раза. Максимальная концентрация подвижного хрома в почве обнаружена в фазу плодоношения земляники. На контрольном варианте опыта концентрация хрома в почве повышается в 2,39 раза. Расчет корреляционной зависимости показал положительную зависимость между содержанием валовой и подвижной формами элементов. Наибольшая связь (r = 0,766) выявлена у меди. Максимально подвижная форма связана с содержанием в растении также у меди (r = 0,972), положительную корреляцию имеет свинец, остальные элементы находятся в обратной зависимости.

В растения тяжелые металлы могут поступать либо через адсорбцию корнями, либо поглощением через листовую поверхность [371].

В своих исследованиях мы изучали закономерности поступления и распределения тяжелых металлов в корнях и листьях растений (табл. 36).

По результатам исследований пороговая концентрация тяжелых металлов в растениях земляники садовой не превышена. По значениям величин тяжелых металлов были рассчитаны коэффициенты биологического поглощения (Кб), характеризующие интенсивность поглощения растениями элементов [182]. Ряд интенсивности для земляники садовой имеет следующий вид: Cu(1,72) Zn(1,16) Mn(0,36) Cd(0,19) Pb (0,10) Cr(0,07).

Представленный ряд демонстрирует, что растения земляники садовой интенсивнее всего поглощают: Zn, Cu, и Mn, в то время, как потребность в Cd, Pb, Cr минимальна. Высокий Кб Cu и Zn свидетельствует о том, что в течение жизни растения земляники накапливает эти элементы, и позволяет отнести их к элементам биологического накопления, остальные тяжелые металлы лишь захватываются организмом растения и относятся к элементам биологического захвата. На протяжении вегетации растений и в зависимости от фона возделывания, наблюдаются колебания в интенсивности поступления элементов.

Таблица 36

Содержание тяжелых металлов в растениях земляники садовой сорта Эльсанта по фазам развития, мг/кг сухого вещества

Орган растения	Cd			Pb			Cu			Zn			Mn			Cr			Fe		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Фаза 3-4 настоящих листьев																					
Корни	0,05	0,56	0,08	1,17	1,42	1,85	41,4	20,8	70,5	40,3	25,4	44,1	92,8	75,4	102,4	0,97	0,85	0,66	1377	846	2294
Листья	0,02	0,08	0,02	0,22	0,53	0,43	6,07	17,4	33,4	14,3	70	59	236,8	135,6	168,1	0,3	0,56	0,45	120	221,9	101,9
Фаза бутонизации																					
Корни	0,07	0,12	0,08	2,63	1,64	1,62	28,4	23,3	15,2	62,9	29,8	68,8	94,8	106,8	89,5	0,67	2,14	1,8	1304	1327	1719
Листья	0,02	0,03	0,02	0,22	0,06	0,25	8,12	12,7	26,9	13,3	46,6	43,5	264,6	218,6	116,1	0,15	0,43	0,3	141,3	203	78,9
Фаза цветения																					
Корни	0,06	0,11	0,07	1,39	1,85	1,44	20,1	24,4	88,6	34,1	32,6	50	99,4	92	81,6	1,46	1,95	0,97	2487	1397	1650
Листья	0,02	0,03	0,02	0,26	0,13	0,83	5,98	80	24,4	14,4	35,4	58,4	244,9	153,2	143	0,24	0,74	0,28	157,4	322,3	140,8
Фаза плодоношения																					
Корни	0,06	0,09	0,07	1,62	2,2	1,16	47,3	36,4	13,8	46,3	57,3	67,9	101,4	95,4	81,8	0,76	2,13	0,52	1947	2955	1691
Листья	0,02	0,02	0,02	0,22	0,1	2,54	8,27	18,4	31,3	14,8	76,8	59,9	285,9	90,1	159,8	0,4	0,75	0,48	140,6	68	136,5
Ягоды	0,03	0,01	0,01	0,15	0,08	0,25	3,31	12,5	2,9	9,75	11,3	8,13	23,9	34	24,3	0,48	0,59	0,41	140,6	138,6	43
ПДК в ягодах	0,03			0,4			5			10			500			2					
ФОН	0,03			0,28			24,5			21,38			46,73			2			336,44		
НК	0,05-2			0,1-5			2-12			15-150			300			0,2-1			50-250		
КК	5-10			10-20			15-20			150-200			500			2			750		
ФК	100			60			20			400			500			100			-		

Примечание: НК – нормальная концентрация; КК – критическая концентрация; ФК – фитотоксическая концентрация.

Кадмий поглощается больше в фазу бутонизации земляники. Содержание кадмия находится в пределах нормальных концентраций, в среднем отмечено превышение фонового уровня на контроле и вариантах с внесением опоки в 1,33 раза, при внесении минеральных удобрений в 3,8 раза. Превышена концентрация токсиканта в корнях растений, при поступлении в листья интенсивность поглощения снижается, в ягодах значения Cd минимальны. На контрольном варианте содержание цинка равно фоновому значению, на варианте с внесением минеральных удобрений и опоки ниже уровня фона в 3 раза. Значения высокотоксичного свинца в среднем не превышают порога нормальной концентрации, но выше фонового значения. Концентрация свинца в растениях увеличивается в варианте с внесением минеральных удобрений и опоки в 1,3 раза, в сравнении с контролем, на котором фон превышен в 3,1 раза. Максимальное содержание Pb в растениях отмечено в фазу плодоношения.

Корни растений накапливают больше свинца, чем листья на протяжении всей вегетации растений, содержание в ягодах не превышает ПДК. Минимальное количество свинца обнаружено в ягодах, выращенных на варианте с применением минеральных удобрений, – ниже ПДК в 5 раз, с внесением опоки в 0,6 раза. Пороговые значения цинка в растениях не превышены, но существенно превышены фоновые значения элемента на контроле в 1,3 раза, вариантах с внесением минеральных удобрений и сочетаниях минеральных удобрений и опоки в 2,0 и 2,3 раза, соответственно. Накопление цинка земляникой садовой происходит в фазу плодоношения растений. В растениях устанавливается барьер в отношении поглощения цинка в фазу цветения, закладка генеративных органов способствует этому, но последующее развитие усиливает концентрацию элемента, ягоды накаливают его в количествах близких к ПДК. Значения цинка в ягодах на варианте опыта с применением минеральных удобрений превышены в 1,1 раза, внесение опоки обеспечивает снижение концентрации в 1,2 раза, в сравнении с ПДК. Высокая концентрация цинка в растениях при внесении опоки усиливает его подвижность (выше контроля в 1,8 раза), корни растений накапливают цинка больше, чем листья в 1,2 раза.

Содержание марганца в растениях значительно превышает фоновое значение. На контрольном варианте опыта фон превышен

в 3,4 раза, на варианте с внесением минеральных удобрений и в сочетании с опокой в 2,4 и в 2,2 раза, соответственно. Активная аккумуляция марганца земляникой происходит в фазу бутонизации растений, к началу цветения, и во время плодоношения она равна значениям начала вегетации. Марганец концентрируется в листьях растений, его значения выше таковых в корнях в 2,0 раза. Содержание Mn в ягодах земляники ниже ПДК на контроле в 20,9 раза, при внесении минеральных удобрений в 14,7 раза, при сочетании с опокой в 20,5 раза.

Фоновое значение по хрому в исследованных растениях Самарской области находится на уровне критической концентрации. Превышение порогового значения отмечено в корнях растений на стадиях бутонизации и плодоношения на варианте с внесением минеральных удобрений в 1,0 раза. В средних значениях уровень хрома в растениях не превышал фонового значения. Максимальное накопление элемента отмечено на варианте с внесением минеральных удобрений – выше контроля в 1,86 раза, внесение опоки снижает этот показатель в 1,0 раза. Наиболее интенсивно хром поглощается в фазу цветения и бутонизации растений, в фазу плодоношения уровень понижается в 1,1 раза. Накопление хрома органами растений земляники уменьшается в ряду: корни (1,24), листья (0,42), ягоды (0,49). ПДК хрома в ягодах превышены: на контрольном варианте в 2,4 раза, при внесении минеральных удобрений в 2,9 раза, при внесении опоки в 2,0 раза.

Концентрация железа в растениях земляники превышает фоновое значение в 2,54 раза. Основным концентратором элемента являются корни растений, которые накапливают железо в 8,25 раза больше, чем листья. Значения Fe в ягодах не превышают норму и содержат элемент ниже допустимого в 7,8 раза. Накопление железа увеличивается в процессе вегетации растений. В среднем в растениях содержание Fe на начальной стадии превышает фон – в 2,36 раза, в фазе бутонизации в 2,36 раза, цветения в 3,04 раза, плодоношения – в 3,43 раза.

Фоновое значение меди в растениях Самарской области превышает установленную величину фитотоксичной концентрации. Медь также активно накапливалась растениями. В фазу 3-4 настоящих листьев Cu в корнях растений в среднем значении превышала фоновое значение в 1,8 раза, в листьях была ниже фона в 1,3 раза. Максимальное значение отмечено на варианте

с добавлением опоки, корни растений аккумулировали медь в 2,87 раза больше фонового значения. Общей закономерностью всех вариантов опыта на этой стадии являлось преобладание содержания меди в корнях растений над листьями. Разница между значениями в корнях и листьях составила на контроле 6,8 раза, в варианте с внесением минеральных удобрений в 1,2 раза, варианте с внесением опоки в 2,1 раза. В фазу бутонизации концентрация меди в растении снизилась, но превышала фон в 1,3 раза. В сравнении с началом вегетации, содержание меди понизилось на всех вариантах опыта.

На варианте опыта с внесением опоки максимальная концентрация обнаруживалась в листьях растений, она превышала значения в корнях в 1,8 раза, на контроле и варианте с внесением минеральных удобрений концентрация в корнях была выше в 3,4 и в 1,8 раза, соответственно. В фазу цветения произошло снижение концентрации меди в сравнении с началом вегетации в 2,3 раза. Закономерность снижения концентрации Cu не относилась к варианту опыта с добавлением опоки. Значения в корнях повысилось и превышало концентрацию в листьях в 3,6 раза. На контроле значения меди были минимальны, преобладание значений Cu в корнях в сравнении с листьями было 3,4 раза. На варианте с внесением удобрений повысилась концентрация в листьях, разница с содержанием в корнях равнялась 3,3 раза. В фазе плодоношения максимальной была концентрация в корнях растений контрольного варианта, преобладание над листьями было в 5,7 раза. Содержание меди в ягодах на этом варианте было ниже ПДК в 1,5 раза. При внесении минеральных удобрений содержание меди в корнях было ниже, чем на контроле, превышение над концентрацией в листьях составило 1,9 раза. Концентрация Cu в ягодах превысила ПДК в 2,5 раза. На варианте с внесением опоки концентрация в листьях была в 2,3 раза выше, чем в корнях. Содержание в ягодах ниже ПДК в 1,7 раза.

Расчет корреляционной зависимости (табл. 37) показал положительную зависимость между содержанием валовой и подвижной формами элементов.

Наибольшая связь ($r = 0,766$) выявлена у меди. Максимально подвижная форма связана с содержанием в растении меди ($r = 0,972$), положительную корреляцию имеет свинец, остальные элементы находятся в обратной зависимости.

Таблица 37

Корреляционная зависимость между формами тяжелых металлов в почве и накоплением их в органах земляники

Элемент	Признак			
	Валовое содержание – подвижная форма почвы	Подвижная форма почвы – растения	Корни – листья растений	Ягоды – урожайность
Cd	0,378	- 0,153	0,992	0,444
Pb	0,034	0,250	-0,452	-0,575
Cu	0,766	0,972	0,635	0,932
Zn	0,279	- 0,655	0,073	0,645
Mn	0,490	- 0,538	0,543	0,956
Cr	0,121	0,585	0,425	0,656
Fe	-	-	-0,558	0,171

Наибольшая связь (r = 0,766) выявлена у меди. Максимально подвижная форма связана с содержанием в растении меди (r = 0,972), положительную корреляцию имеет свинец, остальные элементы находятся в обратной зависимости.

Связь содержания в корнях и листьях растений отразилась в положительных значениях для Cd, Cu, Mn, Cr, Zn, для Pb и Fe она была отрицательной. Положительная корреляция выявлена между содержанием всех изученных тяжелых металлов и урожайностью земляники, максимальная зависимость выявлена с Mn и Cu.

Применение минеральной подкормки с 2011 года проводилось в виде фертигации и позволило значительно повысить урожай земляники (табл. 38).

Таблица 38

Урожайность земляники садовой сорта Эльсанта в годы исследований, т/га

Вариант опыта	2011	2012	2013	Среднее значение	Отклонение от контроля	
					т/га	%
Контроль	13,52	11,50	11,11	12,04	-	-
+ Минеральные удобрения	14,17	12,28	12,21	12,89	+ 0,85	+ 7,6
+ Минеральные удобрения + опока	13,60	11,79	11,38	12,26	+ 0,22	+ 1,8
НСР 05	*0,41*	*0,44*	*0,11*			

Максимальный урожай во все годы исследований был получен в варианте с применением минеральных удобрений. Внесение опоки изначально должно было способствовать повышению

качества продукции, при этом урожайность земляники была выше, чем в контрольном варианте.

5.3. Продуктивность посевов и вынос тяжелых металлов с урожаем

Расчетами установлено, что при всех видах обработки наименьшее количество (2,5-7,3 мг на 1 ц надземной воздушно-сухой фитомассы) растениями выносится Cd. При этом четко прослеживаются закономерности снижения выноса Cd с увеличением глубины обработки: от прямого посева к поверхностной в среднем на 17,0 %, в опытах с ячменем в 2,5 раза и от прямого посева к вспашке в 1,1-3,3 раза (табл. 39).

Таблица 39

Вынос тяжелых металлов с урожаем надземной воздушно-сухой массы, мг на 1 ц, 2008-2010 гг.

Культура	Вид обработки	Элемент						Сумма
		Cd	Pb	Zn	Cr	Co	Mn	
Озимая пшеница	прямой посев	6,1	9	2049	335	26	2291	4716
	поверхностная обработка	4,8	13	1702	367	21	2802	4909
	вспашка	2,4	11	1477	274	9	2862	4635
Яровая пшеница	прямой посев	2,8	26	1924	374	22	2733	5198
	поверхностная обработка	2,6	31	1597	293	35	4596	6554
	вспашка	2,5	19	1470	305	15	6751	8562
Ячмень	прямой посев	7,3	17	1846	408	22	2435	4735
	поверхностная обработка	2,9	41	1876	372	25	2797	5114
	вспашка	2,2	31	1818	289	16	2881	5037

Объемы извлечения Pb также были не велики и варьировали от 9 до 41 мг/ц. У всех культур наибольший вынос этого элемента отмечался при поверхностной обработке и достигал 13 мг/ц, 31 мг/ц и 41 мг/ц. Это, соответственно, на 44,0, 19,2 % и в 2,4 раза больше, чем при прямом посеве, и на 18,1, 63,1 и 32,2 % больше, чем при вспашке.

Вынос Zn был относительно большим и достигал 1470-2049 мг/ц, уступая по объему извлечения только Mn. У озимой и яровой пшеницы наибольшее количество Zn поглощалось из почвы при прямом посеве культур, а наименьшее – при вспашке.

Разница между 1 вариантом опыта и 2 составляла 20,3 и 20,4 %, а 1 и 3 вариантом – 38,7 и 30,8 %. Ячмень при всех видах обработки почвы выносил примерно равное количество Zn – 1818-1876 мг/ц.

Объемы отчуждения Cu уступали только Mn и Zn и равнялись 274-408 мг/ц. Больше всего этот металл поглощался ячменем в варианте с прямым посевом растений на необрабатываемом участке. Аналогичные закономерности прослеживались и в опыте с яровой пшеницей. В надземную массу озимой пшеницы Cu интенсивнее поступала при поверхностной обработке почвы.

По Co, наоборот, прослеживалась обратная зависимость: максимальное количество металла в надземной массе локализовали яровые биотипы (яровая пшеница и ячмень), выращенные на участках с поверхностной обработкой почвы – 35 и 25 мг/ц, а озимая пшеница, при прямом посеве – 26 мг/ц. Характерными для всех растений являлась относительно небольшая концентрация этого металла в фитомассе, полученной в вариантах с глубокой обработкой – 9-16 мг/ц, что в 1,4-2,8 раза меньше индексов прямого посева и в 1,5-2,3 раза меньше значений поверхностной обработки.

В отношении Mn проявлялись четкие закономерности: максимальное накопление этого металла в фитомассе – 2291-6751 мг/ц и увеличение его концентрации в биомассе, полученной на глубоко обработанных участках. Проведение прямого посева уменьшает его аккумуляцию в озимой пшенице на 24,9 %, в яровой пшенице в 2,4 раза, а в ячмене на 18,3 %. Поверхностная обработка, соответственно, снижает концентрацию Mn на 2,1 %, в 1,5 раза и на 3,0 %.

В опытах с различными уровнями минерального питания растений аналогично ранее выявленным закономерностям меньше всего изучаемые культуры выносили из почвы Cd. При этом, каких-либо четких тенденций к снижению Cd в фитомассе удобренных растений, не обнаружено. На 22,8 и 45,8 % меньше контрольных индексов аккумулировали Cd только просо и гречиха (табл. 40).

Объем накопления Pb в надземной фитомассе неудобренных вариантов варьировал от 15 до 106 мг/ц, а удобренных в пределах 16-62 мг/ц. Внесение удобрений уменьшало вынос высокотоксичного Pb с урожаем биомассы ячменя на 89,2 %, гороха на 55,5 % и гречихи на 50,0 %. По остальным культурам, наоборот, отмечалось

некоторое увеличение Pb в фитомассе удобренных вариантов: яровой пшеницы на 19,3 %, овса на 60,0 %, проса на 50,0 %.

Таблица 40

Вынос тяжелых металлов с урожаем надземной воздушно-сухой массы, мг на 1 ц, 2009-2010 гг.

Фон	Культура	Элемент						Сумма
		Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn	
Без удобрений	яровая пшеница	4,9	31	2999	284	13	2927	6259
	ячмень	2,5	106	2291	340	29	1775	4543
	овес	2,9	15	2305	303	25	2312	4963
	просо	7,0	59	2700	937	29	2091	5823
	горох	2,9	28	3172	401	22	1981	5607
	гречиха	3,5	24	1460	225	20	2585	4317
С удобрениями	яровая пшеница	3,8	37	2243	235	16	1499	4033
	ячмень	2,7	56	2455	525	35	1846	4920
	овес	4,6	24	2817	398	28	1478	4750
	просо	5,7	62	2632	846	22	1713	5281
	горох	5,2	18	3000	374	20	2821	6238
	гречиха	2,4	16	1215	205	17	2200	3655

С улучшением уровня минерального питания растений менялся и режим выноса Zn. Яровая пшеница, просо, горох и гречиха снижали концентрацию этого элемента в надземной биомассе соответственно на 33,7, 2,5, 5,7 и 20,1 %, а ячмень и овес увеличивали на 7,2 и 22,2 %.

Аналогично Zn, на удобренных вариантах, менялась и динамика Cu. С внесением удобрений возрастал вынос этого биогенного элемента зернофуражными культурами на 54,4 и 31,3 % и уменьшался у яровой пшеницы, проса, гороха и гречихи в среднем на 7,2-20,4 %.

Уровень поглощения Co в годы исследований был относительно невелик и не превышал на контрольных делянках 13-29 мг/ц, а на удобренных 16-35 мг/ц. Внесение удобрений уменьшало вынос этого элемента просом, горохом и гречихой соответственно на 31,8, 10,0, 17,6 % и увеличивало зерновыми культурами: яровой пшеницей на 23,0 %, ячменем на 20,6 %, овсом на 12,0 %. Вынос Mn на неудобренных вариантах составлял 1775-2927 мг/ц. Причем наибольшее количество этого металла концентрировала фитомасса яровой пшеницы, гречихи и овса,

а минимальное – ячменя и гороха. С внесением удобрений закономерности менялись. Максимальные объемы Mn аккумулировала надземная масса гороха – 2821 мг/ц. В целом, улучшение условий минерального питания уменьшало миграцию Mn в растения яровой пшеницы на 95,2 %, овса на 56,4%, проса на 22,0% и гречихи на 17,5%, одновременно стимулируя продвижение элемента в надземные органы ячменя на 4,0 % и гороха на 42,4 %.

Расчетами установлено, что суммарный вынос ТМ на контрольных вариантах равнялся 4317-6259 мг/ц. При этом максимальные индексы аккумуляции отмечались у яровой пшеницы и проса. На удобренных делянках общий вынос элементов биотипами варьировал от 3655 до 6238 мг/ц, причем наибольшие объемы отмечались у гороха и проса. Стабильно средний уровень выноса элементов как на удобренном, так и неудобренном фоне был характерен для гречихи, овса и ячменя.

Таким образом, по результатам исследований, можно сделать заключение, что при всех изучаемых системах обработки почвы по объему выноса элементов их пахотного горизонта с надземной фитомассой металлы образуют следующий убывающий ряд: Mn > Zn > Cu > Co > Pb > Cd. С увеличением глубины обработки почвы снижается концентрация в надземной фитомассе пшеницы и ячменя Cd, Zn, Cu, Co и возрастает Mn. Высокотоксичный Pb интенсивнее выносится из почвы при поверхностной обработке.

Внесение удобрений меняет динамику выноса тяжелых металлов с урожаем фитомассы, уменьшая поступление в просо, горох и гречиху Pb, Zn, Cu, Co, одновременно стимулируя миграцию в стебли и соцветия яровой пшеницы и овса Pb, Zn, Co. Удобренный ячмень и горох активнее выносят Mn и Cd.

6. Влияние объектов нефтедобычи на аккумуляцию тяжелых металлов и нефтепродуктов в агроландшафтах Самарской области

Добыча нефти в Самарской области ведётся с 1936 года, и губерния является крупным нефтяным регионом с развитой нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленностью (рис. 2). Нефтедобывающие предприятия Самарской области на протяжении последних лет уверенно увеличивают объёмы добычи нефти [16, 241].



Рис. 2. Распределение нефтяных месторождений по территории Самарской области [21]

В настоящее время нефтедобыча осуществляется практически на всей территории Самарской области, которая условно поделена на три группы месторождений: северная, центральная и южная. В каждой группе месторождений выделяют основные разрабатываемые месторождения Самарской области (табл. 41) [432].

Таблица 41

Группы нефтяных месторождений районов Самарской области

Название месторождения	Административный район расположения
Северная группа месторождений (СГМ)	
Радаевское	Сергиевский
Якушкинское	Сергиевский
Боровское	Сергиевский
Яблоневское	Кинель–Черкасский
Озеркинское	Челно–Вершинский
Смагинское	Шенталинский
Центральная группа месторождений (ЦГМ)	
Советское	Кинельский
Ольховское	Елховский
Ольховское	Елховский
Чулпанское	Похвистневский и Исаклинский
Мухановское	Кинель-Черкасский
Михайло-Кохановское	Кинель-Черкасский и Борский
Кареловское	Кинель-Черкасский и Борский
Южная группа месторождений (ЮГМ)	
Грековское	Алексеевский
Горбатовское	Волжский
Коренное	Волжский
Утевское	Нефтегорский
Бариновско-Лебяжинское	Нефтегорский
Кулешовское	Нефтегорский
Ветлянское	Нефтегорский
Западно-Широкинское	Нефтегорский и Кинельский
Никольско-Спиридоновское	Кинельский
Казачье	Волжский и Красноармейский
Байкальское	Красноармейский
Многопольское	Большеглушицкий

Проведено обследование на территориях месторождений, расположенных в следующих природно-сельскохозяйственных районах: Предуральской провинции лесостепной зоны – Смагинское месторождение (северная группа), Заволжской провинции –

Михайловско-Коханское (центральная группа) и Горбатовское (южная группа) месторождения.

6.1. Северная группа месторождений нефти

Территория Предуральской провинции лесостепной зоны расположена в основном на водоразделе рек и представлена вершинами, покатыми и крутыми склонами, сильно пересеченными оврагами и балками [253].

Почвы пашни – чернозем выщелоченный, характеризующийся высоким значением бонитета (76) и чернозем типичный – средним значением (49) баллами бонитета. Почва участка находится под влиянием нефтедобывающих скважин и установки предварительного сброса пластовых вод (УПСВ). Климат района расположения участка исследования умеренно-континентальный, находится в первом агроклиматическом районе, который характеризуется повышенным увлажнением [368].

В качестве фоновых данных были взяты сведения, полученные институтом «ВолгоНИИгипрозем» в 2002 г. [361]. Образцы почвы отбирались на участке, испытывающие влияние нефтедобывающих скважин Смагинского месторождения и установки предварительного сброса пластовых вод (УПСВ) «Смагинская». Проведен агрохимический анализ, определено содержание нефтепродуктов и тяжелых металлов (Zn, Cu, Co) в 28 почвенных образцах.

По результатам проведенных анализов 2012 г. (табл. 42), в сравнении с данными 2002 года, уменьшилось содержание гумуса на 1,97 %, произошло усиление кислотности почвы на 1,02, в 0,65 раза, уменьшилась обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием.

Таблица 42

Агрохимические показатели почв вблизи нефтедобывающих скважин Смагинского месторождения Самарской области

Годы исследований	Гумус, %	pH солевая	Подвижный фосфор, мг/кг	Обменный калий, мг/кг
2011	4,58	5,83	24,72	63,6
2002*	6,55	6,85	38,0	98,0

Примечание: * – по данным «ВолгоНИИгипрозем», 2002 г.

В исследуемых образцах (табл. 43) содержание подвижных форм меди в пахотном горизонте в 2,9 раза больше, чем в подпахотном, что является недостаточным для нормального роста и развития растений [458].

Таблица 43

Содержание тяжелых металлов в почвах вблизи нефтедобывающих скважин Смагинского месторождения Самарской области (мг/кг)

Элемент	Содержание элемента	Глубина отбора, см		Фон*	Норма**	ПДК***
		0-30	30-60			
Zn	Валовое	66,2	63,2	19,9	-	100
	Подвижная форма	0,32	0,18	-	2,1-5,0	-
	% подвижности	0,48	0,28	-	-	-
Cu	Валовое	22,4	21,15	49,62	-	55
	Подвижная форма	0,23	0,08	-	0,21-0,5	-
	% подвижности	1,03	0,38	-	-	-
Co	Валовое	14,1	13,75	3,7	-	36
	Подвижная форма	<0,1	<0,1	-	0,16-0,3	-
	% подвижности	0,71	0,73	-	-	-

Примечание: * – по данным Н. М. Матвеева, Н. В. Прохоровой, В. А. Павловского (1997), ** – по данным М. А. Флоринского, М. И. Лунева и др. (1994), *** – ГН 2.1.7.2041-06 (2006).

При недостатке меди в доступной форме для растений, происходит задержка роста, развиваются хлорозы листьев, потеря тургора, уменьшение урожая. Содержание доступных форм кобальта в пахотном горизонте и в подпахотном горизонте составляет <0,1 мг/кг, что ниже необходимого в 3 раза. В растениях, испытывающих недостаток кобальта, наблюдается торможение процессов фотосинтеза, замедляется образование ферментов белкового обмена, значительно снижается устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды. Содержание подвижных форм цинка в пахотном в 1,7 раза больше, чем в подпахотном горизонте. В среднем значении составляет 0,25 мг/кг, что в 2,5 раза ниже необходимых количеств. При недостатке данного элемента нарушается фосфорный обмен, накапливаются редуцирующие сахара, уменьшается содержание сахарозы и крахмала, увеличивается содержание органических кислот и небелкового азота. Симптомами недостаточности Zn являются мелколистность и розеточность листьев,

хлороз и задержка роста [272]. Для всех изученных элементов (Zn, Cu, Co) вычислен процент их подвижности, который показывает прямую зависимость между содержанием валовых форм тяжелых металлов и их подвижных форм.

Во всех проанализированных образцах почвы содержание элементов Zn, Cu, Co находится в пределах ПДК. В результате проведенных исследований обнаружено превышение регионального фона тяжелых металлов для цинка в 3,25 раза, для Co в 3,76 раза. Для всех почвенных образцов был проведен анализ на определение нефтяных углеводородов. Значение показателей колеблется в пределах 21,77-62,87 мг/кг, что не превышает установленных ПДК (1000 мг/кг).

Изучение почвенного покрова после воздействия нефтяного производства выявило в исследуемых образцах недостаточное содержание жизненно важных для растений доступных форм Zn, Cu, Co. Для нормального роста и развития растений необходимо увеличить содержание подвижного Zn в 6,56 раза, подвижного кобальта в 16 раз. Содержание подвижных форм меди необходимо контролировать, поскольку содержание этого элемента находится на уровне нижней границы необходимой концентрации.

6.2. Центральная группа месторождений нефти

Под объекты нефтедобычи отведены сельхозяйственные угодья с почвами пашни, почва участка – чернозем выщелоченный, балл бонитета 85. Почва подвержена влиянию 10 нефтедобывающих скважин. По данным ОАО «ВолгоНИИгипрозем», уровень радиологического фона на территории месторождения соответствует допустимой норме, загрязнения фосфор- и хлорорганическими пестицидами отсутствуют [431].

Содержание в почвах тяжелых металлов, таких как никель, кадмий, свинец, медь, цинк, железо, марганец, находится в пределах допустимых концентраций, а ртуть и мышьяк полностью отсутствуют, валовое содержание хрома и кобальта превышает предельно допустимую концентрацию на 25-75 %, что объясняется влиянием зоны техногенного влияния промышленности г. Отрадного.

Произошли изменения в площадях антропогенно измененных почв: с 60 до 65 га, увеличилась площадь переувлажненных

земель. За период с 2002 по 2013 гг. ежегодная потеря гумуса составила 0,2 т/га. Фоновые значения гумуса на территориях Михайловско-Кохановского месторождения находились в пределах оптимальных значений, поскольку земли, использовавшиеся под пашню, имели высокий балл бонитета (табл. 44).

Таблица 44

Агрохимические показатели участков
Михайловско-Коханского месторождения нефти

Показатель*	Юго-Восточная часть Кинель-Черкасского района	Восточная часть Борского района	Восточная часть Кинель-Черкасского района	Среднее
pH водный	7,82	7,92	8,01	7,91
pH солевой	6,43	5,89	6,43	6,25
NO_3^-	8,18	4,19	3,86	5,35
P_2O_5	61,8	67	59,9	62,9
K_2O	133,9	92,6	92,5	106
Cl^-	0,44	0,67	0,35	0,48
Ca^{2+}	1,92	1,50	1,75	1,72
Na^+ обменный	0,2	0,09	0,14	0,14
Na^+водорастворимый	0,06	0,70	0,23	0,33
HCO_3^-	0,09	0,08	0,11	0,09
Плотный остаток	0,08	0,09	0,09	0,089

Примечание: * – отсутствуют Mg^{2+}, карбонаты CO_3^{2-}, сульфаты SO_4^{2-}.

За время эксплуатации показатель плодородия почвы снизился с 7,0 до 6,5 %. Показатель кислотности понизился в почвах месторождения с 6,7 до 6,2, снизились значения подвижного фосфора в 1,28 раза – с 80,0 до 62,6 мг/кг, в 1,45 раза обменного калия – с 152,0 до 104,9 мг/кг. Результаты исследования содержания в почве нефтепродуктов, цинка, меди, кобальта показали, что валовое содержание не превышает ПДК (табл. 45). За период эксплуатации на изученных почвенных территориях концентрации валовых форм элементов увеличились, что свидетельствует о техногенном характере накопления.

Выявлено увеличение содержания в почвах в 1,8 раза Zn и в 1,54 раза Cu. Расчет значений кларка концентрации (Кк), показывающего как отличается содержание химического элемента в изучаемом природном объекте от его кларка (Макарова, Прохорова, 2012), показал отсутствие превышения, что позволяет отнести Zn, Cu, Co к ассоциации рассеянных микроэлементов в исследованных

почвах. В отношении изученных микроэлементов рассчитан кларк рассеяния Кр, на основе которого выведены ряды рассеяния микроэлементов (МЭ): Cu (2,25) □ Zn(1,38) □ Co(1,37). В черноземах выщелоченных Михайловско-Коханского месторождений значения МЭ в 1,61 раза выше, чем в черноземах южных Горбатовского месторождения. Более рассеянной в почвах месторождения является медь.

Таблица 45

Содержание тяжелых металлов в почвах участков Михайловско-Коханского месторождения нефти, мг/кг (валовая форма – *экстрагент 5 М HNO_3*, подвижная форма – *экстрагент ацетатно-аммонийный буферный раствор pH 4,8)*

Участок месторождения	Нефтепродукты	Элемент		
		Цинк	Медь	Кобальт
Юго-Восточная часть Кинель-Черкасского района	208,75	62,1 0,60	21,9 0,06	13,5 0,19
Восточная часть Борского района	280,83	59,2 0,70	20,7 0,04	12,7 0,10
Восточная часть Кинель-Черкасского района	28,77	58,9 0,50	19,9 0,01	13,1 0,08
Среднее значение	172,7	60,1 0,60	20,8 0,036	13,1 0,12
Фоновое содержание		32,8 0,97	13,5 0,17	13,5 0,91
ПДК	1000	100 23,0	55,0 3,0	36,0 5,0

Примечание: числитель – валовое содержание, знаменатель – подвижная форма.

В почвах региона медь относится к элементам накопления, а цинк и кобальт являются элементами рассеяния. Коэффициент концентрации, позволяющий судить о том, во сколько раз содержание элемента в почве отличается от регионального фонового уровня, по суммарному значению в почвах месторождения составил 6,98. Элементами накопления являются Zn и Co, которые активно накапливаются в черноземах выщелоченных Михайловско-Коханского месторождений. В процентах от валовых значений подвижность изученных элементов выражена убывающими рядами: Zn (0,97) □ Co (0,91) □ Cu (0,035). В черноземах месторождения выявлено недостаточное содержание подвижных форм: Zn в 8,62 раза, Cu в 14,29 раза, Co в 2,5 раза. Расчет корреляционной

зависимости основных агроэкологических показателей от содержания в почве нефтепродуктов выявил значимые показатели коэффициентов корреляции для pH почвенного раствора и подвижных форм ТМ (табл. 46).

Таблица 46

Коэффициенты парной корреляции накопления нефтепродуктов в почве и сопутствующими агроэкологическими показателями

Почва	Гумус	pH	P_2O_5	K_2O	Валовое содержание			Подвижная форма		
					Zn	Cu	Co	Zn	Cu	Co
Нефтепродукты	-0,51	0,98	-0,42	-0,57	-0,98	-0,98	-0,99	0,95	0,95	0,99

За десятилетний период использования пашни на территории Смагнинского и Михайловско-Коханского месторождений снизилось содержание гумуса в 1,43 и 1,08 раза, подвижного фосфора в 1,54 и 1,28 раза, обменного калия в 1,54 и 1,45 раза, соответственно. На всех исследованных почвах возросла валовая концентрация цинка и меди, что свидетельствует о техногенном характере привнесения этих элементов, уменьшились значения кобальта.

Подвижные формы цинка, меди и кобальта в почвах пашни Смагнинского месторождения находятся ниже допустимой нормы, на Михайловско-Коханском медь на уровне нормального значения, а цинк и кобальт ниже. Высокая корреляционная зависимость от содержания в почве нефтепродуктов выявлена для pH почвенного раствора (r = 0,98) и содержания подвижных форм элементов (r = 0,95-0,99).

6.3. Южная группа месторождений нефти

Почвенный покров пастбища представлен черноземом южным, балл бонитета 58, испытывает влияние нефтедобывающих скважин, УПСВ, большого количество трубопроводов.

По результатам проведенных агрохимических анализов (табл. 47), в сравнении с данными ОАО «ВолгаНИИипрозем» (2002), содержание гумуса увеличилось на 0,78 %, причиной стало загрязнение почвенного покрова органическим углеродом нефтепродуктов. Последствием загрязнения участка нефтепромысловыми сточными водами стало резкое снижение обеспеченности почв

подвижным фосфором в 3,60 раза и снижение обеспеченности калием в 3,46 раза.

Почвы обследованной территории характеризуются хлоридным типом засоления средней степени.

Таблица 47

Агрохимические показатели почв в районе Горбатовского месторождения Самарской области, 2012 г.

Гумус, %	pH солевая	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг	Нефтепродукты, мг/г	Плотный остаток, %
4,48	7,84	11,4	315,0	4566,0	0,34
Фоновое значение					
3,7	7,0	41,0	91,0	1000,0**	*

Примечание: * – не определено; ** – для нефтепродуктов указана ПДК.

По результатам анализа водной вытяжки (наличие катионов Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} и анионов CO_3^{2-}, HCO_3^{-}, Cl^{-}, SO_4^{2-}), для всех почвенных образцов по соотношению катионов и анионов имеет место хлоридный тип засоления на почве – $Cl^{-} : SO_4^{2-} = 2,48 : 0,89 = = 2,79 > 1$, степень засоления определена как средняя, величина плотного остатка 0,34 %. Накопления в почве солей (чаще всего хлоридов и сульфатов натрия) приводит к образованию солонцеватых и солончаковатых почв. Повышение концентрации солей в почве делает невозможным рост растений.

В исследуемых образцах содержание нефтепродуктов превышает ПДК в 4,6 раза, что приводит к подавлению роста и развития растений и почвенной биоты. По содержанию валовых форм ТМ не наблюдается превышений значений ПДК, фоновые значения для черноземов Самарской области превышены для Ni в 1,68 раза и Pb в 1,12 раза в максимальных значений в исследованных образцах. Превышение ПДК (ОДК), фоновых значений валовых формы ни по одному из исследованных элементов не выявлено, по Ni наблюдается превышения фоновых значений во всех образцах, по Pb в 55,6 % образцов (табл. 48).

По содержанию подвижных форм тяжелых металлов наблюдается превышение значений ПДК по Ni в 1,74 раза, Mn в 1,74 раза, Cr в 2,75 раза, что на 11, 22 и 33 %, соответственно. Фоновые значения для черноземов Самарской области превышены для Ni в 1,68 раза и Pb в 1,12 раза в разрезе максимальных значений в исследованных образцах (табл. 49).

Таблица 48

Параметры распределения валового содержания химических элементов в почве Горбатовского месторождения

Параметры содержания	Элемент, мг/кг						
	Mn	Cr	Co	Ni	Pb	Cu	Zn
Среднее	467,2	82,04	7,59	40,5	10,9	15,37	34,81
Минимальное	361,0	18,8	6,4	33,3	9,1	11,9	32,1
Максимальное	596,0	53,5	8,99	47,3	12,2	17,2	37,0
ПДК (ОДК)	1500	100	14	80	130	132	220
Фон (чернозем)*	688,6	96,9	11,3	28,2	10,8	45,3	75,8
Превышение фона, %	нет	нет	нет	100,0	55,6	нет	нет

Примечание: * – ГН 2.1.7.2041-06.

Таблица 49

Параметры распределения содержаний подвижных форм химических элементов в почве Горбатовского месторождения

Параметры содержания	Элемент, мг/кг						
	Mn	Cr	Co	Ni	Pb	Cu	Zn
Среднее	50,41	5,51	0,57	1,56	1,62	0,72	1,16
Минимальное	1,5	1,09	0,17	0,425	0,61	0,315	0,125
Максимальное	174,4	16,5	1,83	4,45	4,15	1,1	7,05
ПДК (ОДК)*	100	6	5	4	6	3	23
Количество случаев превышения ПДК (ОДК), %	22	33	-	11	-	-	-
Фон (чернозем)**	355,2	34,7	3,7	57,7	1,97	55,8	19,9

Примечание: * – ГН 2.1.7.2041-06, 2006 г., ** – данные Н. М. Матвеева, Н. В. Прохоровой, В. А. Павловского, 1997 г.

Разливы высокоминерализованных нефтепромысловых вод и высокая концентрация нефтепродуктов на пастбищных почвах Горбатовского месторождения способствовали увеличению гумуса в 1,21 раза, обменного калия в 1,54 раза; снижению содержания подвижного фосфора в 3,59 раза, возросла подвижность микроэлементов, и по меди и кобальту превысило допустимые нормы. Концентрация валовых форм цинка, меди, кобальта не превышает допустимых норм, что позволяет их рассматривать как эссенциальные микроэлементы. Почвы сельскохозяйственных угодий, переданные во временное пользование под объекты нефтедобычи, претерпевают изменения под воздействием техногенной нагрузки: высокое содержание нефтепродуктов способствует повышению содержания органического вещества, разливы нефтепромысловых вод изменяют реакцию среды почвенного раствора. Возврат земель в сельскохозяйственный оборот требует проведения своевременной рекультивации.

7. Эколого-экономическая и агроэнергатическая оценка приемов ремидиации почв

Известно, что основой успешного ведения агробизнеса и внедрения современных технологий в растениеводстве является экономическая целесообразность производства и, в первую очередь, окупаемость затрат, особенно невосполнимых ресурсов [65, 474, 485]. С целью экономической оценки применения природных адсорбентов и биологически активных веществ при возделывании сои и земляники садовой приведен анализ следующих показателей: стоимость валовой продукции; производственные затраты; условный чистый доход; себестоимость продукции и рентабельность производства.

Затраты на производство зерна сои, ягод земляники рассчитывались по технологическим картам в ценах, сложившихся на начало 2018 года.

В условиях нестабильной рыночной экономики, с постоянно меняющимися ценами на энергетические и материальные ресурсы, инфляционными процессами, экономические методы определения эффективности технологий не всегда могут быть объективны.

Во многих странах мира для оценки устойчивости агроэкосистем пользуются агроэнергетическим методом, сущность которого заключается в учете всех потоков энергии, направленных на производство продукции и ее выхода с урожаем.

Все затраты живого и овеществленного труда (в т.ч. и плодородия почвы) выражаются в показателях системы СИ: джоулях (Дж), мегаджоулях (МДж), гигаджоулях (ГДж) и т. д. Такой сравнительный подход позволяет давать объективную оценку как применяемым методам производства конкретной продукции, так и самим продуктам.

Расчет энергетических потоков сделан на основе технологических карт путем перевода всех затрат в энергетические эквиваленты, а выход обменной энергии (ОЭ) с урожаем установлен в соответствии с рекомендациями В. Г. Васина и др. (2005).

7.1. Экономическая и агроэнергетическая оценка возделывания сои при использовании биологически активных веществ

В среднем за 2013-2015 годы, урожайность сои Самер 3 колебалась в пределах 1,68-2,40 т/га. На контроле (без применения биопрепаратов) урожайность была 1,68 т/га, инокуляция семян Ризоторфином обеспечила прибавку урожая на 0,33 т/га, Ризоторфином и Агрикой на 0,42 т/га, Ризоторфином и гумаризом на 0,72 т/га, что выше контроля на 19, 25 и 42 %, соответственно.

Экономическая оценка полученных результатов показала, что затраты во всех вариантах опыта окупаются и производство зерна сои является рентабельным. Все изучаемые варианты посевов даже в условиях естественного плодородия почвы обеспечивают получение условного чистого дохода при уровне рентабельности 132,0-207 % (табл. 50). Величина условного чистого дохода разнилась по вариантам и во многом определялась урожайностью посевов.

Таблица 50

Экономическая и энергетическая эффективность возделывания сои сорта Самер 3, 2013-2015 гг.

Показатель	Вариант опыта			
	Контроль	+Ризоторфин	+Ризоторфин +Агрика	+Ризоторфин +Гумариз
Урожайность, т/га	1,68	2,01	2,10	2,40
Производственные затраты, руб./га	14478	14978	15590	15622
Стоимость продукции, руб./га	33600	40200	42000	48000
Условно чистый доход, руб./га	19122	25222	26410	32378
Себестоимость, руб./т	8618	7452	7424	6509
Рентабельность, %	132	168	169	207
Выход ОЭ с урожаем, ГДж/га	40,32	48,24	50,40	57,60
Затраты совокупной энергии, ГДж/га	17,53	20,10	21,00	20,57
Чистый энергетический доход, ГДж/га	22,79	28,14	29,40	37,03
Коэффициент энергетической эффективности	2,3	2,4	2,4	2,8

Применение биологически активных препаратов позволило увеличить стоимость продукции с 1 га, по сравнению с контролем на 19,6-42,8 % и, несмотря на возрастание производственных затрат, в среднем на 3,5-7,9 %, повышало величину условного чистого дохода на 32-69 %.

Наиболее эффективным приемом является обработка семян перед посевом сочетанием биологических препаратов Ризоторфин и Гумариз. Этот вариант гарантировал наибольший выход валовой продукции в денежном выражении и чистый доход – 48000 руб./га и 32378 руб./га, что на 43 и 69 % больше контрольного, на 19 и 28 % показателей варианта с применением Ризоторфина, на 14 и 22,5 % варианта сочетания Ризоторфина и Агрики. Агроэнергетическая оценка выявила, что на применение биопрепаратов дополнительно требуется 2,57-3,04 ГДж/га совокупной энергии. За счет этих затрат концентрация обменной энергии в урожае повышается на 7,92-17,98 ГДж/га, что позволяет получать чистый энергетический доход в варианте смеси Ризоторфин и Гумариз на 14,3 % больше контрольного показателя, Ризоторфин и Агрика на 7,9 %, при обработке Ризоторфином на 5,77 %. По результатам исследований, можно сделать заключение, что возделывание сои целесообразно проводить предпосевную обработку семян сочетанием препаратов Ризоторфин и Гумариз. Это позволяет на 69 % повысить, по сравнению, с контрольным вариантом, условный чистый денежный доход и на 14,24 ГДж чистый энергетический доход с 1 га, снизить себестоимость продукции на 24,4 %.

Анализ экономической оценки возделывания сои Самер 3 в зависимости от предпосевной обработки семян подтвердил лучшую эффективность варианта с инокуляцией семян сочетанием Ризоторфина и Гумариза, где получен максимальный условно чистый доход – 32378 руб./га, лучшая рентабельность – 207%, при наименьшей себестоимости 1 тонны зерна – 6509 руб./т.

7.2. Экономическая и агроэнергетическая оценка возделывания сои при применении природных адсорбентов и различных системах обработки почвы

Затраты, связанные с приобретением, транспортированием и внесением природных сорбентов, на обработку почвы полностью

компенсируются дополнительной продукцией. Все варианты опыта оказались рентабельными (табл. 51).

Наибольший условный чистый доход 22400 руб. был получен при внесении навоза под вспашку при уровне рентабельности 123 %. При внесении опоки и древесного угля эти показатели равнялись, соответственно 20040-20000 руб. и 114-180 %. Наименьший доход и низкая рентабельность – 17020 руб. и 99 %, – получены на контрольном варианте при глубокой вспашке. Внесение опоки и древесного угля более рационально оказалось при нулевой обработке, уровень рентабельности составил 183-184 %, условно чистый доход – 20180-20480 руб.

Сравнительная оценка выявила, что урожай 1 т зерна сои имеет низкую себестоимость, 6829-7155 руб. при нулевой обработке почвы. Высокая себестоимость оказалась на контрольном варианте опыта при глубокой отвальной обработке почвы, она составила 10046 руб. Однако, применение адсорбентов на других вариантах позволило понизить себестоимость зерна сои, в среднем на 842 руб.

Энергетическая оценка результатов исследований выявила, что затраты совокупной энергии на производство продукции во всех вариантах опыта компенсируются выходом обменной энергии с урожаем.

Агроэнергетическая оценка полученных результатов подтвердила выявленные закономерности. Внесение навоза под глубокую вспашку способствовало существенному увеличению выхода обменной энергии до 48,72 ГДж/га, что на 33,5 % выше контрольного варианта. Несмотря на возросшие затраты, применение навоза на 21,35 % увеличивает чистый энергетический доход и способствует получению продукции с коэффициентом энергетической эффективности в пределах 2,54-2,58. Энергетически менее выгодным являлся контрольный вариант с нулевой обработкой почвы, чистый энергетический доход составил 19,98 ГДж/г, при внесении опоки, навоза, древесного угля произошло незначительное повышение на 3, 11,0 и 4,3 %, соответственно. При нулевой обработке почвы, изменения энергетических характеристик на изученных вариантах оказались незначительными, коэффициент энергетической характеристики составил 2,22, что лишь на 0,01 больше, чем на контрольном варианте.

Таблица 51

Экономическая и энергетическая эффективность возделывания сои Самер 3, 2013-2015 гг.

Показатель	Вариант опыта											
	Контроль			+ Опока			+ Навоз			+ Древесный уголь		
	Система обработки почвы											
	Нулевая	Глубокая отвальная	Поверхностная	Нулевая	Глубокая отвальная	Поверхностная	Нулевая	Глубокая отвальная	Поверхностная	Нулевая	Глубокая отвальная	Поверхностная
Урожайность, т/га	1,52	1,71	1,58	1,56	1,88	1,62	1,68	2,03	1,81	1,58	1,87	1,64
Производственные затраты, руб./га	10380	17180	14048	11020	17560	14488	12020	18200	15180	11120	17400	14188
Стоимость продукции, руб./га	30400	34200	31600	31200	37600	32400	33600	40600	36200	31600	37400	32800
Условно чистый доход, руб./га	20020	17020	17552	20180	20040	17912	21580	22400	21020	20480	20000	18612
Себестоимость, руб./т	6829	10046	8891	7064	9340	8139	7155	8966	8387	7038	9305	8651
Рентабельность, %	193	99	125	183	114	124	179	123	138	184	180	131
Выход ОЭ с урожаем, ГДж/га	36,48	41,04	37,92	37,44	45,12	38,88	40,32	48,72	43,44	37,92	44,88	39,36
Затраты совокупной энергии, ГДж/га	16,50	16,03	16,41	16,86	17,49	16,76	18,16	18,37	18,64	17,08	17,67	16,89
Чистый энергетический доход, ГДж/га	19,98	25,01	21,51	20,58	27,63	22,12	22,16	30,35	24,80	20,84	27,13	22,47
Коэффициент энергетической эффективности	2,21	2,56	2,31	2,22	2,58	2,32	2,22	2,63	2,33	2,22	2,54	2,33

По результатам исследований, можно сделать заключение, что внесение природных сорбентов на всех изучаемых вариантах экономически и энергетически оправдано. Расчеты экономической эффективности возделывания сои свидетельствуют о том, что наиболее экономически и энергетически эффективным природным сорбентом является навоз, который вносится под глубокую отвальную вспашку и обеспечивает получение более высокого денежного и энергетического дохода 22400 руб. и 30,35 ГДж/га. Рентабельность использования навоза составила 99-180 %, а коэффициент энергетической эффективности, в среднем, на 15,8 % выше, чем при применении древесного угля и опоки.

7.3. Экономическая и агроэнергетическая оценка возделывания земляники садовой сорта Эльсанта при использовании минеральных удобрений и опоки

Урожайность ягод земляники повышалась на 6,6 % при внесении в почву минеральных удобрений, при добавлении опоки увеличение происходило на 1,6 %, в сравнении с контролем (табл. 52). Производственные затраты за счет технологии внесения, транспортировки минеральных удобрений и опоки были выше контрольных значений на 3,5 и 2,5 %, соответственно.

Таблица 52

Экономическая и энергетическая эффективность возделывания земляники сорта Эльсанта, 2011-2014 гг.

Показатель	Вариант опыта		
	Контроль	+Минеральные удобрения	+Минеральные удобрения+Опока
Урожайность, т/га	12,0	12,8	12,2
Производственные затраты, руб./га	850	880	872
Стоимость продукции, руб./га	1380	1472	1403
Условный чистый доход, руб./га	530	592	531
Себестоимость, руб./т	70,8	68,8	71,5
Рентабельность, %	62	67	61
Выход ОЭ с урожаем, ГДж/га	28,8	30,7	29,3
Затраты совокупной энергии, ГДж/га	21,6	21,0	19,0
Чистый энергетический доход, ГДж/га	7,2	9,7	10,3
Коэффициент энергетической эффективности	1,33	1,46	1,54

Стоимость продукции, исходя из затрат, оказалась выше при использовании минеральных удобрений. Чистый доход на контрольном варианте составил 530 руб./т, при внесении минеральных удобрений величина возрастала на 32 руб. с 1 га, в сравнении с контролем, добавление опоки незначительно влияло на этот показатель.

Себестоимость продукции при использовании минеральных удобрений на 2,8 % ниже контрольного варианта и на 3,7 % ниже варианта с применением опоки.

Рентабельность возделывания земляники на всех вариантах опыта не превышала 100%. Наиболее высокая рентабельность получалась при внесении минеральных удобрений, на 5 % выше контроля, при внесении опоки значение показателя незначительно снижается.

Сумма обменной энергии на вариантах с применением минеральных удобрений и дополнительным внесением опоки по отношению к контрольным значениям выше на 1,9 и 0,5 ГДж, а по уровню затрат совокупной энергии ниже на 0,6 и 2,6 ГДж, соответственно.

Чистый энергетический доход на 3,1 ГДЖ/га выше контроля на варианте с сочетанием минеральной подкормки и опоки, без внесения опоки показатель снижается на 0,6 ГДж/га. Максимальный коэффициент энергетической эффективности получен при расчете данных варианта минеральные удобрения+опока, он равен 1,54.

Экономически выгодным является применение минеральных удобрений, его отличают низкая себестоимость продукции – 68,8 руб./га, высокая рентабельность – 67 %. Добавление опоки улучшает энергетические характеристики продукции: чистый энергетический доход, равный 10,3 ГДж/га, высокий коэффициент энергетической эффективности.

Расчет экономической и энергетической эффективности показал, что дополнительные затраты по предлагаемой технологии полностью покрываются за счет увеличения урожайности и качества изучаемых растений и способствуют повышению экономической эффективности их возделывания.

7.4. Оценка эколого-экономического воздействия объектов нефтедобычи на земли сельскохозяйственного назначения

Огромные масштабы экологически неблагоприятных последствий заставляют по-новому взглянуть на категорию эффективности производства с эколого-экономических позиций. Особое значение приобретает оценка и обоснование данного показателя для сельскохозяйственных предприятий. Характерной особенностью предлагаемого подхода является включение в расчет эколого-экономического ущерба. Под эколого-экономическим ущербом будем понимать выраженные в стоимостной форме фактические или возможные убытки, причиняемые сельскому хозяйству в результате качественного ухудшения состояния окружающей среды, снижения почвенного плодородия, и дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

Для оценки эколого-экономического ущерба в сельском хозяйстве используют восстановительный подход. Он основывается на стоимостной оценке затрат, необходимых для предотвращения или ликвидации нанесенного в процессе сельскохозяйственной деятельности экологического ущерба почвам и землям, и стоимостных потерь от недополученной продукции в результате снижения почвенного плодородия и загрязнения окружающей среды.

Эколого-экономический ущерб, наносимый земле, которая используется в сельском хозяйстве в качестве основного средства производства, проявляется в стоимостной оценке качественного ухудшения ее состояния в результате деградации земель, затратах на восстановление снижающегося почвенного плодородия и стоимости недополученной продукции в результате снижения продуктивности земель от снижения плодородия и загрязнения окружающей среды:

$$Уэ\text{-}э = у1 + у2 + у3 + у4,$$

где *Уэ-э* – эколого-экономический ущерб, наносимый землям сельскохозяйственного назначения; *у1* – ущерб от деградации земель (снижение цены земли); *у2* – затраты на восстановление потерянного почвенного плодородия, возникающего в результате потерь содержания гумуса и питательных веществ в почве; *у3* – стоимостная оценка недополученной продукции от уменьшения продуктивности земель в результате снижения плодородия; *у4* – стоимостная оценка недополученной продукции от снижения продуктивности земель в результате загрязнения нефтепродуктами.

Уэ-э=2477,57+5880,91+1896,4=10254,88 тыс. руб.

Результаты эколого-геохимических исследований территории приводятся как в абсолютных величинах, так и в относительных величинах, рассчитанных относительно нормативных параметров окружающей среды по каждому рассматриваемому показателю. Эколого-геохимической нормой может быть фоновая концентрация, установленная для почв рассматриваемого региона или более обширных регионов; кларки почв мира (среднее содержание элемента в почвах мира), кларк литосферы (среднее содержание элемента в литосфере), среднее содержание в почвах отдельных природных зон, величина ПДК. Сравнение содержания тяжелых металлов идет с ПДК содержания тяжелых металлов в почвах, все превышения их отнесены на счет антропогенного загрязнения.

Для гигиенической оценки состояния компонентов природной среды в настоящее время нормативами являются предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) (ГН 2.1.7.0042-06). В отсутствие гигиенических нормативов для валовых форм кобальта сравнение проводилось с кларком (среднее мировое содержание элемента в земной коре), для кобальта – 36 мг/кг. Величина ПДК и ОДК для ряда элементов может существенно меняться в зависимости от гранулометрического состава и pH почв. При оценке степени загрязнения почв с учетом ПДК (ОДК) использовались ПДК (ОДК) для глинистых и суглинистых почв (гранулометрический состав) при pH > 5,5, pH < 5,5. В расчетах использованы данные по отнесению химических веществ, попадающих в почву из выбросов, отбросов, отходов, к классам опасности по ГОСТу 17.4.1.02-83. Результаты исследований показали, что содержание тяжелых металлов находится в пределах норм ПДК.Сравнение содержания тяжелых металлов в почве со значением ПДК позволяет определить степень загрязнения почв по СанПин 2.1.7.1287-03.

По результатам анализов можно заключить, что содержание тяжелых металлов в почвенных образцах соответствует ПДК, причем как в пахотном (0-25 см), так и в подпахотном горизонтах (25-40 см). Таким образом, в исследуемой почве содержание тяжелых металлов не оказывает негативного воздействия на произрастание растений.

В соответствии с нормативным документом «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими

веществами» ущерб $У_з$ от загрязнения земель нефтью определяется по формуле:

$$У_з = Н_с \times F_{гр} \times К_п \times К_в \times К_э(i) \times К_г,$$

где $Н_с$ – норматив стоимости сельскохозяйственных земель. Так как постановление о нормативной стоимости земли отменено, то в расчет принят утвержденный удельный показатель кадастровой стоимости земли сельскохозяйственного назначения 1 группы для Волжского района – 21582 руб./м^2; $К_п$ – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель $К_п$ – 3,8 (5 лет восстановления); $К_в$ – коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель нефтью $К_в$ – 2 (очень сильная); $К_э(i)$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории i-го экономического района $К_э(i)$ – 1,9 (Поволжский); $К_г$ – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель $К_г$ – 1,5 (загрязнение очень сильное на глубине ниже 60 см).

Содержание в почве нефти и нефтепродуктов, соответствующее различным уровням загрязнения:

$$У_з = 21582 \times 3,8 \times 2 \times 1,9 \times 1,5 = 467466,11 \text{ руб./га.}$$

Ущерб, подлежащий компенсации, окружающей природной среде от загрязнения нефтью на площади 5,3 га составил – 2477,57 тыс. руб.

Размер ущерба деградированных почв и земель рассчитывается по формуле:

$$Ущ = Нс \times S \times Кэ \times Кс + Дх \times S \times Кв,$$

где $Ущ$ – размер ущерба от деградации почв и земель (тыс. руб.); $Дх$ – годовой доход с единицы площади (тыс. руб.); S – площадь деградированных почв и земель (га); $Кс$ – коэффициент пересчета в зависимости от изменения степени деградации почв и земель – 1,5 (солонцы).

Расчет дохода с 1 га пашни произведен при условии, что схема севооборота включает озимую пшеницу, подсолнечник, черный пар.

Доход с 1 га пашни за 1 год определяется по формуле:

$$R = У \times Ц_р - З,$$

где $У$ – средняя многолетняя урожайность, ц/га; $Ц_р$ – цена реализации продукции, руб./ц; $З$ – затраты на производство сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, за 3 года сельскохозяйственное производство с 1 га пашни доход составляет 27,068 тыс. руб.

Размер ущерба деградированных почв и земель с 1 га составит:

$$Ущ = 24582 \times 1,9 \times 1,5 + 27068 \times 3,8 = 172917,10 \text{ руб.}$$

Ущерб от деградации земель на площади 34,01 га составил 5880,91 тыс. руб.

Расчет затрат на восстановление нарушенных земель (падение содержания гумуса 2% и более) по системе сидерального пара принята по аналогичным проектам по состоянию на 01.10.12 г., где удельные затраты под пашню составляют 220,0 тыс. руб./га

$$8,62 \times 220,0 = 1896,4 \text{ тыс. руб.}$$

Заключение

Почвы агроландшафтов Самарской области по кислотно-основным свойствам, обеспеченности гумусом, питательными элементами пригодны для земледелия: реакция почвенного раствора варьирует от 5,2 до 7,6; содержание гумуса от 2,24 от 6,7 %, легкогидролизуемого азота от 29,0 до 50,0 мг/кг, подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) от очень низких (3,6 и 10,7 мг/кг, соответственно) до очень высоких (559,7 и 180,0 мг/кг, соответственно) значений.

В почвах агроландшафтов природных провинций Самарской области, по сравнению с фоном, активно накаливаются Cr, Fe, Zn, Cu, Mn, Pb. При этом, почвы Прикондурчинской лесостепи и Приволжской возвышенности характеризуются минимальным содержанием Cu, Zn Fe и Mn.

В основных типах почв, используемых в сельскохозяйственном обороте, валовое содержание Mn, Pb, Zn, Cu больше в темно-серой лесной почве; содержание подвижных форм Pb и Cu – в темно-каштановой почве; Fe и Zn – в черноземах обыкновенных, Cr и Cd – в черноземах типичных и выщелоченных.

Суммарная подвижность тяжелых металлов, отражающая их потенциальную доступность для растений, в почвах пашни сухой степи Сыртового Заволжья составляет – 33,24 %, Приволжской возвышенности – 9,86 %, Прикондурчинской лесостепи – 7,48 %, Сыртовой степи Заволжья – 5,84 %; в почвах лесополос Низменного лесостепного Заволжья – 12,67 %, лесостепи Высокого Заволжья – 9,08 %, Низменного степного Заволжья – 7,02 %.

В почвах сельскохозяйственных угодий выявлено недостаточное содержание подвижной формы Zn (0,2-0,7 мг/кг); Cu – на пашне и пастбище (0,09 мг/кг почвы), избыточное содержание Mn – в почвах пастбища и лесополосы (20,3-33,4 мг/кг почвы).

Суммарные показатели загрязнения (Zc) почв агроландшафтов Самарской области тяжелыми металлами (Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Pb) соответствуют допустимому уровню. Минимальный показатель загрязнения (2,16) установлен для почв Приволжской провинции, максимальный (6,07) – для почв Низменного лесостепного Заволжья. Этот показатель в Сызранском районе, территория которого расположена в Среднерусской провинции лесостепной

зоны, для почв пастбищ и залежей соответствует допустимому уровню загрязненности (2,13-12,0); почвы пашни (31,19) и пара (20,90) отнесены к умеренно опасной категории, почвы под многолетними насаждениями (36,59) к опасному уровню.

Под влиянием объектов нефтедобычи в почвах пашни снижается содержание гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, подвижных форм цинка, меди и кобальта, усиливается кислотность почвенного раствора: на пастбищных почвах увеличивается содержание органического углерода, обменного калия, подвижность меди и кобальта, снижается содержание подвижного фосфора. При превышении ПДК нефтепродуктов в почве, возрастает концентрация никеля и марганца в 1,74 раза, хрома в 2,75 раза. Выявлена высокая корреляционная зависимость содержания в почве нефтепродуктов, pH почвенного раствора (0,98) и содержания подвижных форм элементов (0,95-0,99).

Уровень накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах Самарского Заволжья не превышает ПДК в растительных кормах, за исключением Co в биомассе яровой мягкой пшеницы в северной лесостепи на черноземе выщелоченном и кукурузы в степной зоне на черноземе южном.

Выше региональных фоновых значений в пределах локальных участков пропашные культуры накапливают Pb, Zn, Cu, Co и Mn, озимые зерновые – Pb, Co, Zn, Mn, яровая пшеница – Zn, Co, зерновые фуражные – Co, Pb, Zn, Cu; зерновые бобовые – Pb, Co, Zn, Mn; крупяные – Zn, Pb, Co.

На накопление тяжелых металлов в фитомассе основных сельскохозяйственных культур достоверно влияют агроэкологические условия произрастания. Суммарное накопление тяжелых металлов в озимых зерновых, яровых злаках, зерновых фуражных, зерновых бобовых; крупяных культурах при возделывании в условиях Северной агроэкологической зоны в 1,2-1,5 раза выше, чем в Центральной и Южной зонах, в пропашных культурах максимальное накопление металлов выявлено в Центральной зоне.

В сходных почвенно-климатических и экологических условиях Приволжской возвышенности аккумуляцию тяжелых металлов картофелем и земляникой садовой отражают следующие возрастающие ряды: Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Cd и Cu > Zn > Cr > Mn > Pb >Cd, соответственно.

Для сельскохозяйственных растений Самарской области, в целом, характерна высокая кадмиево-цинковая физиологическая активность. Показатели биотичности этих элементов, отражающие тесноту биогеохимической связи состава живого организма с биосферой, максимальны для большинства изученных сельскохозяйственных культур. Максимальная величина биотичности установлена для Cd в биомассе кукурузы и подсолнечника (1,1), для Zn в биомассе эспарцета (0,5).

Основная масса тяжелых металлов локализуется в корнях сельскохозяйственных культур, у картофеля в надземной части, минимальные количества элементов накапливается в генеративных органах растений.

На снижение аккумуляции тяжелых металлов в сельскохозяйственных растениях влияет система обработки почвы. При глубокой отвальной вспашке в злаковых культурах содержание Mn, Cd, Zn снижается по сравнению с мелкой поверхностной обработкой почвы и прямым посевом в 1,2-2,7 раза, а Pb, Cu и Co в 2,5-4,0 раза.

Внесение минеральных удобрений повышает содержание в почве валовых форм Cd, Pb и Co, в среднем, на 36,1 %, Zn, Cu и Mn на 10,9 %, увеличивает мобильность Zn, Cu, Co и Mn в среднем на 25,9 %, снижает суммарную концентрацию тяжелых металлов в фитомассе яровой пшеницы, ячменя, овса, проса и гречихи в пределах 5,6-30,9 %, интенсифицирует миграцию Pb в растения яровой пшеницы, Cd, Zn и Cu в биомассу ячменя и овса, Cd и Mn – гороха.

В Центральной агроклиматической зоне Самарской области применение биологически активных веществ Агрика, Ризоторфин, Гумариз при возделывании сои сорта Самер 3 незначительно снижает концентрацию валовых (Co и Mn) и подвижных (Pb Cu, Co, Mn, Fe, Zn) форм тяжелых металлов в почве и более значимо в зерне сои содержание Pb, Cu, Fe, Cd (в 1,11-1,67 раза).

Использование природных адсорбентов (навоза, древесного угля, опоки) при возделывании сои в системах с глубокой (30 см), минимальной (15 см) и нулевой обработкой почвы также незначительно снижает относительно контроля валовую концентрацию и содержание подвижных форм Cd, Cu и Mn. Выявлена устойчивая тенденция снижения концентрации в зерне Pb, Cd, Zn и Fe при внесении опоки; Pb, Cd, Cu, Zn, Fe – навоза; Cd, Zn и Fe –

древесного угля. Снижение концентрации тяжелых металлов в почве и зерне выявлено при использовании глубокой и нулевой обработки почвы.

В условиях Приволжской возвышенности на фоне внесения минеральных удобрений и опоки достоверно снижается валовая концентрация и содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве при возделывании земляники садовой. Усиливается поглощение тяжелых металлов растениями преимущественно на стадиях бутонизации (Cd, Mn, Cr) и плодоношения (Cu, Pb, Zn, Fe), а в ягодах, наоборот, снижается по сравнению с контролем – Cd в 2,7 раза, Fe в 7,8 раза и Mn в 20,5 раза.

При размещении культур в агроландшафтах Самарского Заволжья необходимо учитывать, что в почвенно-климатических условиях лесостепной зоны, по сравнению со степной зоной, тяжелые металлы активнее аккумулируются в биомассе растений. Для минимизации перехода тяжелых металлов из почвы в растения, необходимо возделывать на загрязненных тяжелыми металлами почвах сельскохозяйственные культуры на кормовые цели и технические нужды.

При рекультивации почв, предназначенных для сельскохозяйственного использования, нужно предусматривать применение биологически активных препаратов Агрика, Ризоторфин, Гумариз; внедрять севообороты, включающие растения, в дальнейшем используемые в качестве сидератов; вносить расчетные дозы минеральных и органических удобрений (навоза или органического компоста), снижающих суммарный объем поступления тяжелых металлов в фитомассу яровой пшеницы, ячменя, овса, проса и гречихи в среднем на 5,6-30,9%.

Обработку загрязненной почвы проводить с помощью отвальной вспашки на 25-27 см, которая способствует в среднем в 1,95 раза уменьшению поступление Cd, Pb Zn, Mn в растения, а Cu и Co в 3,25 раза по сравнению с прямым посевом и поверхностной обработкой на 14-16 см. Дальнейшие обработки почвы должны быть только безотвальными, чтобы не выносить на её поверхность вымывшиеся легкорастворимые соли.

Почвы агроландшафтов, переданные во временное пользование под объекты нефтедобычи, подвержены процессам деградации и могут быть выведены из сельскохозяйственного оборота. Для оценки процесса восстановления нарушенных земель при

осуществлении рекультивационных работ рекомендуется проведение агроэкологического мониторинга в течение всего мелиоративного периода, с оценкой динамики содержания тяжелых металлов в почвенном горизонте 0-60 см.

В условиях создаваемых промышленных плантаций и интродукции новых для региона сортов земляники садовой следует проводить предварительные исследования их биоаккумуляционной способности по отношению к тяжелым металлам: свинцу, кадмию, цинку, меди, хрому, марганцу, железу.

Литература

1. Абакумов, Е. В. Почвы Самарской Луки: разнообразие и перспективы охраны / Е. В. Абакумов, Э. И. Гагарина, С. В. Саксонов // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2009. – Т. 18, № 2. – С. 43-51.

2. Абросимов, А. А. Экология переработки углеводородных систем : учебное пособие / Под ред. А. А. Абросимова, М. Ю. Доломатова, Э. Г. Теляшева. – М. : Химия, 2002. – 608 с.

3. Авраменко, П. М. Тяжелые металлы в почвах Белгородской области / П. М. Авраменко, С. В. Лукин // Агрохимический вестник. – 1998. – № 5. – С. 13-14.

4. Автухович, И. Е. Индуцированная фиторемедиация как экстенсивный метод восстановления загрязненных почв и грунтов / И. Е. Автухович // Агрохимический вестник. – 2010. – № 2. – С. 39-40.

5. Автухович, И. Е. Метод снижения содержания кадмия в почве под древесными растениями / И. Е. Автухович, Е. В. Автухович // АгроXXI. – 2003/2004. – № 7-12. – С. 133-134.

6. Агиков, И. Н. Исследование биоиндикационных показателей лесных фитоценозов, находящихся под воздействием аэротехногенных выбросов комбината цветной металлургии / И. Н. Агиков // АгроXXI. – 2011. – № 7-9. – С. 46-47.

7. Агрохимия / Под ред. академика ВАСХНИЛ В. М. Клечковского. – М. : Изд-во «Колос», 1967. – 583с.

8. Агроэкология : учебное пособие / Под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – М. : КолосС, 2004. – 400 с.

9. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, Ленинградское отделение, 1987. – 142 с.

10. Алексеева-Попова, Н. В. Устойчивость к тяжелым металлам (Pb, Zn, Cu) отдельных видов и популяций естественных фитоценозов из района медноколчеданных рудопроявлений / Н. В. Алексеева-Попова, Т. И. Игошина, А. В. Косицин, М. Л. Ильинская // Растения в экстремальных условиях минерального питания. – Л. : Наука, 1983. – С. 22-42.

11. Алексеенко, К. А. Геохимия ландшафта и окружающая среда / К. А. Алексеенко. – М. : Наука, 1990. – 142 с.

12. Алиев, С. А. Рекомендации по рекультивации нефтезагрязненных земель / С. А. Алиев, Д. В. Гвозденко, М. П. Бабаев, Д. А. Гаджиев. – Баку : Элм, 1981. – 26 с.

13. Андресон, Р. К. Изучение факторов, влияющих на биоразложение нефти в почве / Р. К. Андресон, Л. А. Пропадущая // Коррозия и защита в нефтегазодобывающей промышленности. – 1979. – № 3. – С. 30-32.

14. Анисимов, Б. В. Вирусные болезни и их контроль в семеноводстве картофеля / Б. В. Анисимов // Защита и карантин растений. – 2010. – № 5. – С. 12-18.

15. Анисимов, Б. В. Фитопатогенные вирусы и их контроль в семеноводстве картофеля / Б. В. Анисимов. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 80 с.

16. Анисимов, Л. А. Перспективы освоения сланцевых углеводородов в Европейской части России / Л. А. Анисимова, И. Б. Федотов, С. В. Делия, О. И. Кузилов // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 10-14.

17. Анохин, В. С. Механизм оценки содержания тяжелых металлов в почвах Кемеровской области / В. С. Анохин // Агрохимический вестник. – 2000. – № 6. – С. 11-13.

18. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : Изд-во МГУ,1970. – 478 с.

19. Аристархов, А. Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах / А. Н. Аристархов. – М. : ЦИНАО, 2000. – 534 с.

20. Артюшин, А. М. Краткий справочник по удобрениям / А. М. Артюшин, Л. М. Державин. – М. : Колос, 1971. – 208 с.

21. Атлас земель Самарской области / Под ред. Л. Н. Порошина. – Самара : Российский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт земельных ресурсов, 2002. – 99 с.

22. Атлас. Самарская область. М 1:100 000. – Екатеринбург : ФГУП «Уралаэрогеодезия», «Роскартография», 2009. – 148 с.

23. Ахматов, Д. А. Аккумуляция тяжелых металлов в агроландшафтах Самарского Заволжья : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Ахматов Дмитрий Александрович. – Кинель, 2012. – 155 с.

24. Ахматов, Д. А. Особенности аккумуляции тяжелых металлов в фитомассе кукурузы / Д. А. Ахматов, Н. М. Троц, В. Б. Троц // Аграрная Россия. – 2011. – № 6 (Ч. 2). – С. 17-21.

25. Ахундова, А. Б. Тяжелые металлы в почвах зоны техногенных выбросов промышленного объекта г. Али-Байрамлы / А. Б. Ахундова // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. – Кн. 2. – С. 159.

26. Бакланов, А. Н. Использование ультразвука при подготовке проб для определения форм ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара / А. Н. Бакланов, Ф. А. Чмиленко // Журнал аналитической химии. – 2001. – Т. 56, № 7.– С. 721-727.

27. Бакланов, А. Н. Сонолюминесцентная спектрофотометрия. Возможности метода. Перспективы использования в аналитической химии / А. Н. Бакланов, Ф. А. Чмиленко // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2001. – Т. 44, № 2. – С. 59-63.

28. Бакланов, А. Н. Электротермическое атомно-абсорбционное определение хрома (III и VI) в поваренной соли, хлориде натрия и рассолах / А. Н Бакланов, Ф. А. Чмиленко // Вопросы химии и химтехнологии. – 2001. – № 1. – С. 26-33.

29. Баранников, В. Д. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции : учебное пособие / В. Д. Баранников, Н. К. Кириллов. – М. : Издательство «КолосС», 2005. – 350 с.

30. Баранников, В. Д. Загрязнение агроэкосистем и качество сельскохозяйственной продукции / В. Д. Баранников // Труды Чувашской ГСХА. – 2002. – Т. 17. – С. 107-109.

31. Батманов, А. В. Агроэкологический анализ плантаций земляники садовой, возделываемой в условиях орошения / А. В. Батманов, М. Н. Скворцова // Перспективы развития АПК в работах молодых ученых : сборник материалов научно-практической конференции. – Тюмень, 2014. – С. 24-30.

32. Башмаков, Д. И. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений : монография / Д. И. Башмаков, А. С. Лукаткин. – Саранск : Мордовский государственный университет, 2009. – 236 с.

33. Безносиков, В. А. Оценка фонового содержания тяжелых металлов в почвах европейского северо-востока России / В. А. Безносиков, Е. Д. Лодыгин, Б. М. Кондратенок // Почвоведение. – 2007. – № 9. – С. 1064-1070.

34. Белобров, В. П. Техногенное загрязнение почв в зоне влияния аэропорта «Домодедово» / В. П. Белобров, С. В. Голубев // Агрохимический вестник. – 2007. – № 5. – С. 26-28.

35. Белоголова, Г. А. Закономерности распределения и формы нахождения тяжелых металлов в техногенно-трансформированных черноземах Южного Приангарья и Северо-Восточного Китая / Г. А. Белоголова, О. Н. Гордеева, П. В. Коваль [и др.] // Почвоведение. – 2009. – № 4. – С. 429-440.

36. Берзиня, Д. Ж. Диагностика загрязненности биогеоценозов выбросами автотранспорта / Д. Ж. Берзиня, А. Я. Берзиня, Л. К. Калвиня, П. А. Шарковский // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 1993. – Вып. 35. – С. 41-45.

37. Берлянд, М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы / М. Е. Берлянд. – Л. : Гидрометеоиздат, 1975. – 448 с.

38. Бернье, Ф. Водоочистка / Ф. Бернье, Ж. Кордонье. – М. : Химия, 1997. – 288 с.

39. Бессонова, В. П. Клеточный анализ роста корней Lathyrusoloratus L. при действии тяжелых металлов / В. П. Бессонова // Цитология и генетика. – 1991. – Т 25, № 6. – С. 18-22.

40. Биология. Большой энциклопедический словарь / Под ред. М. С. Гиляров. – 3-е изд. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1999. – 864 с.

41. Богатырев, Л. Г. Основные концепции, законы и принципы современного почвоведения : монография. – М. : МАКСПресс, 2015. – 196 с.

42. Богатырев, Л. Г. Оценка почв и земель (основные показатели и критерии) / Л. Г. Богатырев, М. Н. Малов, А. И. Бенедиктова, М. И. Макаров. – М. : МАКС Пресс, 2017. – 192 с.

43. Богдановский, Г. А. Химическая экология : учебное пособие / Г. А. Богдановский. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 237 с.

44. Бодеева, Е. А. Cu, Zn и Ni в каштановых почвах Бурятии / Е. А. Бодеева // Агрохимический вестник. – 2012. – № 1. – С. 35-37.

45. Бойцов, В. Е. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов / В. Е. Бойцов, Г. Н. Пилипенко, Н. А. Солодов. – М. : НИА-Природа, 1999. – 219 с.

46. Большаков, В. А. Аэротехногенное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами: источники, масштабы, рекультивация / В. А. Большаков, Н. М. Краснова, Т. Н. Борисочкина [и др.]. – М. : Изд-во Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 1993. – 92 с.

47. Большаков, В. А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами / В. А. Большаков, Н. Я. Гальпер, Г. А. Клименко, Т. И. Лычкина. – М. : Гидрометеоиздат, 1978. – 121 с.

48. Большаков, В. А. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах / В. А. Большаков // Почвоведение. – 2002. – № 7. – С. 844-849.

49. Большаков, В. А. Тяжелые металлы в почвах района «Ховрино» г. Москвы / В. А. Большаков, З. Н. Кахнович // Почвоведение. – 2002. – № 1. – С. 121-126.

50. Большаков, В. А. Термины, их краткое определение, справочные материалы по почвенной экологии, географии и классификации почв : справочник / В. А. Большаков, В. П. Белобров, Л. Л. Шишов. – М. : Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2004. – 138 с.

51. Бондарев, Л. Г. Ландшафты, металлы и человек / Л. Г. Бондарев. – М. : Мысль, 1976.– 72 с.

52. Борисочкина, Т. И. Загрязнение агроландшафтов России тяжелыми металлами: источники, масштабы, прогнозы / Т. И. Борисочкина, Ю. Н. Водяницкий // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. –2007. – № 60. – С. 82-89.

53. Босиева, О. И. Тяжелые металлы – один из факторов, лимитирующих получение экологически безопасной продукции / О. И. Босиева, Р. В. Албегов А. У. Газданов [и др.] // Пути повышения эффективности АПК в условиях вступления России в ВТО : мат. Международной науч.-практ. конф. – Уфа : Издательство БГАУ, 2003. – С. 11-13.

54. Босиева, О. И. Тяжелые металлы – один из факторов, лимитирующих получение экологически безопасной продукции / О. И. Босиева,

Р. В. Албегов, А. У. Газданов // Пути повышения эффективности АПК в условиях вступления России в ВТО : мат. Международной науч. конф. – Уфа : Издательство БГАУ, 2003. – С. 11-13.

55. Бочарникова, Е.Д. Влияние нефтяного загрязнения на свойства серо-бурых почв Апшерона и серых лесных почв Башкирии : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.27 / Бочарникова Елена Афанасьевна. – М., 1990. – 16 с.

56. Будкина, С. В. Поглощение тяжелых металлов из почвы зеленой массой кормовых культур / С. В. Будкина // Агрохимический вестник. – 2011. – № 3. – С. 32-33.

57. Будкина, С. В. Фракционный состав подвижных соединений свинца и цинка в дерново-подзолистой почве / С. В. Будкина // Агрохимический вестник. – 2010. – № 3. – С. 12-13.

58. Бузмаков, В. В. Природопользование и сельскохозяйственная экология : монография / В. В. Бузмаков, Ш. А. Москаев. – М. : РАСХ ; Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина. – 2-е изд. – М., 2005. – 288 с.

59. Бузмаков, С. А. Трансформация геосистем в районах нефтедобычи / С. А. Бузмаков, С. М. Костарев // Известия вузов. Нефть и газ. – 2004. – № 5. – С. 124-131.

60. Бузмаков, С. А. Формирование природно-техногенных экосистем на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края) / С. А. Бузмаков, С. А Кулакова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2007. – № 1. – С. 20-24.

61. Бурченко, Т. В. Показатели содержания тяжёлых металлов в листьях Geumurbanum L. и Geumrivale L., произрастающих на территории Белгородской области / Т. В. Бурченко, А. В. Лазарев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2011. – № 3. – С. 59-67. – (Серия «Естественные науки»).

62. Бутовский, Р. О. Тяжелые металлы как техногенные химические загрязнители и их токсичность для почвенных беспозвоночных животных / Р. О. Бутовский // Агрохимия. – 2005. – № 4. – С. 73-91.

63. Бычинский, В. А. Тяжелые металлы в почвах в зоне влияния промышленного города : учебное пособие / В. А. Бычинский, Н. В. Вашукевич. – Иркутск : Издательсво Иркутского государственного университета, 2007. – 160 с.

64. Вайцеховская, Е. Р. Воздействие промышленных эмиссий на травяные сообщества лесных экосистем / Е. Р. Вайцеховская // Биологическое разнообразие лесных экосистем. – М. : Россельхозакадемия, 1995. – С. 240-241.

65. Васильева, О. С. Оценка эффективности функционирования сельскохозяйственных предприятий Курганской области / О. С. Васильева,

Т. Н. Медведева // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2013. – №1. – С. 24-27.

66. Васин, В. Г. Энергетическая эффективность полевых агрофитоценозов в Среднем Поволжье : учебное пособие / В. Г. Васин, А. А. Толпекин. – Самара, 2005. – 124 с.

67. Васюков, П. П. Система мульчирующей минимальной обработки почвы под озимую пшеницу / П. П. Васюков, В. И. Цыганов, В. А. Кулик // Земледелие. – 2011. – №4. – С. 19-21.

68. Вельков, В. В. Биоремедиация: принципы, проблемы, подходы / В. В. Вельков // Биотехнология. – 1995. – № 3-4. – С. 20-27.

69. Ветрова, О. А. Особенности поступления тяжёлых металлов в растения земляники садовой в условиях техногенного загрязнения : дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.08 / Ветрова Оксана Альфредовна. – Мичуринск, 2015. – 128 с.

70. Виноградов, А. В. Водные беспозвоночные // Самарская лука на пороге третьего тысячелетия : материалы к докладу «Состояние природного и культурного наследия Самарской Луки». – Тольятти, 1999. – С. 121-123.

71. Виноградов, А. В. Обследование некоторых водоемов Самарской Луки // Бюллетень Самарская Лука. – 1992. – № 2. – С. 40-60.

72. Виноградов, А. П. Мышьяк в почвах СССР / А. П. Виноградов // Почвоведение. – 1948. – № 1. – С. 52-61.

73. Виноградов, А.П. Микроэлементы и задачи науки (об уровнях содержания микроэлементов в растениях в связи с их систематическим положением) // Агрохимия. 1965. – № 8. – С.20 - 31.

74. Виноградов, А. П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. – М. : Изд-во АН СССР, 1952. – С. 7-20.

75. Власов, А. В. Борьба с потерями нефтепродуктов при транспортировании и хранении (анализ и оценка потерь) / А. В. Власов. – М. : ЦНИИТЭНефтехим, 1994. – 50 с.

76. Власова, Н. В. Особенности аккумуляции тяжелых металлов в разных типах фитоценозов на территории Самарской области / Н. В. Власова, Ю. В. Макарова, Н. В. Прохорова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12, № 1 (3). – С. 661-664.

77. Водянский, Ю. Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах / Ю. Н. Водянский. – Почвоведение. – 2012. – № 3. – С. 368-375.

78. Водянский, Ю. Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах : монография / Ю. Н. Водянский. – М. : ГНУ Почвенный институт им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009. – 254 с.

79. Водянский, Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю. Н. Водянский. – М. : ГНУ Почвенный институт им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. – 164 с.

80. Войтюк, Е. А. Аккумуляция тяжелых металлов в почве и растениях в условиях городской среды (на примере г. Чита) : автореф. дис. … к-та биол. наук : 03.02.08 / Войтюк Екатерина Александровна. – Улан-Удэ, 2011. – 24 с.

81. Волосевич, А. Н. Экологическое состояние пахотных почв северо-запада России / А. Н. Волосевич, Т. И. Яковлева // Агрохимический вестник. – 2007. – № 4. – С. 31-32.

82. Волошин, Е. И. Аккумуляция кадмия и свинца в почвах и растениях / Е. И. Волошин // Агрохимический вестник. – 2000. – № 6. – С. 23-26.

83. Волошин, Е. И. Кобальт в почвах и растениях фоновых территорий / Е. И. Волошин // Агрохимический вестник. – 2002. – № 3. – С. 22-25.

84. Воробейчик, Е. Л. Влияние отдельных деревьев на pH и содержание тяжелых металлов в лесной подстилке в условиях промышленного загрязнения / Е. Л. Воробейчик, П. Г. Пищулин // Почвоведение. – 2009. – № 8. – С. 927-939.

85. Воробьев, Г. Т. Эколого-токсикологическая оценка почв, продукции растениеводства и кормов в Брянской области / Г. Т. Воробьев, А. Н. Плеханов, В. А. Кулешов // Агрохимический вестник. – 2003. – № 2. – С. 22-24.

86. Воронова, О. Н. Аномалии в развитии репродуктивной системы подсолнечника / О. Н. Воронова // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века : мат. Всероссийской конф. – Петрозаводск, 2008. – С. 262-265.

87. Воскресенская, О. Л. Большой практикум по биоэкологии : учебное пособие / О. Л. Воскресенская, Е. А. Алябышева, М. Г. Половникова. – Йошкар-Ола, 2006. – Ч. 1 – 107 с.

88. Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем / Под ред. М. А. Глазковской. – М. : Наука, 1988. – 264 с.

89. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв / под ред. С. Г. Малахова. – М. : Московское отделение гидрометиздата, 1984. – С. 4-19.

90. Гайдукова, Н. Г. Взаимосвязь различных форм соединений тяжелых металлов в пахотном слое почвы и накопление их в зерне озимых культур / Н. Г. Гайдукова, И. И. Сидорова, И. В. Шабанова // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 111 (07). – С. 1-19.

91. Гайдукова, Н. Г. Влияние различных факторов на содержание токсичных элементов в черноземе выщелоченном / Н. Г. Гайдукова, Н. А. Кошеленко, И. И. Сидорова, И. В. Шабанова // Агрохимический вестник. – 2010. – № 6. – С. 17-18.

92. Гайсин, И. А. Полифункциональные хелатные микроудобрения : монография / И. А. Гайсин, Ф. А. Хисамеева. – 2-е изд. – Казань : Центр инновационных технологий, 2009. – 256 с.

93. Галиулин, Р. В. Влияние эффектов фитоэкстракции на ферментативную активность почвы, загрязненной тяжелыми металлами / Р. В. Галиулин // Агрохимия. – 1998. – № 7. – С. 77-86.

94. Галиулин, Р. В. Технология фитоэкстракции тяжелых металлов из загрязненных почв / Р. В. Галиулин, Р. Р. Галиулина // Агрохимия. – 2003. – № 3. – С. 77-85.

95. Галиулин, Р. В. Ферментативная индикация уровней загрязнения почвы свинцом / Р. В. Галиулин, Д. Л. Пинский, Р. А. Галиулина // Поведение поллютантов в почвах и ландшафтах. – Пущино, 1990. – С. 84-89.

96. Герасименко, В. Т. Тяжелые металлы в сельскохозяйственных растениях фоновых зон Лесостепи УССР / В. Т. Герасименко // Тяжелые металлы в окружающей среде. – М., 1980. – С. 58-103.

97. Гилязов, М. Ю. Техногенный галогене в районах нефтедобычи : монография / М. Ю. Гилязов, И. А. Гайсин. – М., 2009. – 423 с.

98. Гилязов, Р. М. Разобщение пластов в нефтяных и газовых скважинах на поздней стадии разработки месторождений : пособие для специалистов / Р. М. Гилязов, Р. Ш. Рахимкулов, А. Р. Гилязов. – Уфа : Башгеопроект, 2008. – 437 с.

99. Глазовская, М. А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов / М. А. Глазовская. – М. : Изд-во МГУ, 1964. – 230 с.

100. Глазовская, М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР / М. А. Глазовская. – М. : Астерея, 1986. – 328 с.

101. Глазовская, М. А. Проблемы и методы оценки эколого-геохимической устойчивости почв и почвенного покрова к техногенным воздействиям / М. А. Глазовская // Почвоведение. – 1999. – № 1. – С. 114-124.

102. Глебова, И. В. Серые почвы, как активный сорбент тяжелых металлов / И. В. Глебова, О. А. Тутова, Т. О. Рейнова // Аграрная наука. – 2008. – № 11. – С. 10-11.

103. Глебова, И. В. Экологический мониторинг взаимодействия тяжелых металлов с органоминеральной структурой почвенной системы / И. В. Глебова, О. А. Тутова, Н. Н. Ходыревская // Аграрная наука. – 2008. – № 5. – С. 7-10.

104. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.

105. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.3492-17 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

городских и сельских поселений. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2018. – 40 с.

106. Гнеденко, В. В. Динамика изменения плодородия почв Самарской области / В. В. Гнеденко, С. В. Обущенко // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 9. – С. 148-151.

107. Гнеденко, В. В. Современное состояние и тенденции изменения содержания тяжёлых металлов в почвах Самарской области / В. В. Гнеденко, С. В. Обущенко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – № 10. – С. 42-44.

108. Головатый, С. Е. Содержание миграционно активных форм свинца в дерново-подзолистых и торфяных почвах / С. Е. Головатый, Н. К. Лукашенко, З. С. Ковалевич // Экологический вестник. – 2010. – № 3 (13). – С. 15-22.

109. Голод, Д. С. Стронций и его биогеохимический круговорот в сосновых лесах Белоруссии / Д. С. Голод, Н. И. Петручук, Е. И. Петрович // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы : сб. мат. II Всесоюзной конф. – Москва, 1988. – Ч. 1. – С. 82-87.

110. Голубев, И. Ф. Почвоведение с основами геоботаники / И. Ф. Голубев. – М. : Колос, 1970. – 440 с.

111. Гольдберг, В. М. Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия : учебное пособие / В. М. Гольдберг, В. П. Зверев, А. И. Арбузов [и др.]. – М. : Наука, 2001. – 125 с.

112. Гончарук, Е. А. Влияние кадмия на рост растений и структуру стебля льна-долгунца / Е. А. Гончарук, Е. Н. Баранова, Е. А. Калашникова, Н. В. Загоскина // Агрохимия. – 2015. – № 2. – С. 70-78.

113. Горбатов, В. С. Трансформация соединений цинка, свинца и кадмия в почвах : автореф. дис. … канд. биол. наук : 06.01.04 / Горбатов Виктор Сергеевич. – М., 1983.– 18 с.

114. Горбунов, Н. И. Минералогия и коллоидная химия почв / Н. И. Горбунов. – М. : Наука, 1974. – 313 с.

115. Горбунова, Н. С. Формы соединений марганца, меди и цинка в черноземах центрально-черноземного региона / Н. С. Горбунова, Н. А. Протасова // Вестник ВГУ. – 2008. – № 2. – С. 77-85. – (Серия: «Химия, биология, фармация»).

116. Гордеев, А. В. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России / А. В. Гордеев, Г. А. Романенко. – М. : Росинформаагротех, 2008. – 69 с.

117. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области в 2008 году. – Самара, 2009. – Вып. 19. – 344 с.

118. ГОСТ 17.4.3.06-86 Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ. – М. : Издательство стандартов, 1986. – 9 с.

119. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М. : Издательство стандартов, 1986. – 8 с.

120. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 15 с.

121. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 12 с.

122. ГОСТ 26423-85. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 14 с.

123. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – М. : Издательство стандартов, 1986. – 15 с.

124. Государственная геологическая карта Российской Федерации (новая серия) [Карты] : [геологическая карта]. – Лист №38, 39. Самара. Объяснительная записка. – 1:1000000. – СПб : Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. – 331 с. : 13 вкл.

125. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2003 году. – Иркутск : Изд-во «Облмашинформ», 2004. – 296 с.

126. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 1997 году. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. – Самара, 1997. – 296 с.

127. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсах Самарской области за 2009 год. – Самара, 2010. – Вып. 20. – 328с.

128. Гриценко, А. И. Экология. Нефть и газ / А. И. Гриценко, Г. С. Акопов, В. М. Максимов. – М. : Наука, 1997. – 598 с.

129. Гришина, Л. А. Воздействие тяжелых металлов на биоценозы / Л. А. Гришина // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы : сб. мат. II Всесоюзной конф. – Ч. 1. – Москва, 1988. – С. 36-40.

130. Гундарева, А. Н. Биогенная миграция микроэлементов в различных типах почв Астраханской области / А. Н. Гундарева, Э. И. Мелякина // Вестник АГТУ. – 2005. – № 3. – С. 194-200.

131. Гуральчук, Ж. З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам / Ж. З Гуральчук // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26, № 2. – С. 107-117.

132. Дабахов, М. В. Методические подходы к комплексной оценке загрязнения почв тяжелыми металлами / М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова, В. И. Титова // Агрохимический вестник. – 2011. – № 6. – С. 9-11.

133. Давыдова С. Л. Земельные ресурсы и проблемы экологии / С. Л. Давыдова, Л. Боров // Экология. – 2010. – № 5. – С. 1-5.

134. Давыдова, С. Л. Нефть как топливный ресурс и загрязнитель окружающей среды : учебное пособие / С. Л. Давыдова, В. И. Тагасов. – М. : Изд-во РУДН, 2004. – 131 с.

135. Давыдова, С. Л. Тяжелые металлы, как супертоксиканты XXI века : учебное пособие / С. Л. Давыдова, В. И. Тагасов. – Москва : Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.

136. Дибирова, А. П. Марганец, цинк, бор, йод в почвах северо-западной части предгорного Дагестана / А. П. Дибирова, З. Н. Ахмедова, Н. А. Рамазанова, П. Р. Хизроева // Почвоведение. – 2006. – № 12. – С. 1451-1456.

137. Дибирова, А. П. Содержание марганца, цинка, бора, йода в почвах горного Дагестана / А. П. Дибирова, З. Н. Ахмедова, Н. А. Рамазанова, Н. Т. Гаджимусиева // Почвоведение. – 2009. – № 10. – С. 1213-1221.

138. Дибирова, А. П. Содержание молибдена, цинка, бора, йода в почвах равнинных территорий Дагестана / А. П. Дибирова, З. Н. Ахмедова, Н. А. Рамазанова, П. Р. Хизроева // Почвоведение. – 2005. – № 8. – С. 968-973.

139. Дикарева, Т. В. Растительность северной части сухих степей Заволжья и ее антропогенные производные на залежах и пастбищах / Т. В. Дикарева, М. Л. Опарин // Поволжский экологический журнал. – 2002. – №3. – С. 199-216.

140. Динков, В. А. Высоконадежный трубопроводный транспорт / В. А. Динков, О. М. Иванцов // Строительство трубопроводов. – М. : ТОТ, 1994. – С. 5-9.

141. Дмитриева, Э. Я. Самарская область. География и история, экономика и культура : учебное пособие / Э. Я. Дмитриева, П. С. Кабытов // Самара : Самарский информационный концерн, 1998. – 438 с.

142. Добровольский, В. В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы / В. В. Добровольский // Природопользование. – 1997. – № 4. – С. 431-441.

143. Добровольский, В. В. География микроэлементов. Глобальное рассеивание / В. В. Добровольский. – М. : Мысль, 1983. – 272 с.

144. Добровольский, В. В. Лабораторные работы по географии почв с основами почвоведения / В. В. Добровольский. – М. : Просвещение, 1973. – 143 с.

145. Добровольский, В. В. Основы биогеохимии : учебное пособие / В. В. Добровольский. – М. : ACADEMIA, 2003. – 397 с.

146. Добровольский, В. В. Охрана почв : учебное пособие / В. В. Добровольский, Л. А. Гришина. – М. : Издательство Московского университета, 1985. – 224 с.

147. Добровольский, Г. В. Тяжелые металлы: загрязнение окружающей среды и глобальная геохимия / Г. В. Добровольский // Тяжелые металлы в окружающей среде. – М. : Изд-во МГУ, 1980. – С. 3-12.

148. Долгополова, Н. В. Важнейшее направление в развитии производства зерна – возделывание твердой пшеницы / Н. В. Долгополова, А. А. Павлов, О. М. Шершнева, И. В. Ишков // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 5. – С. 36-38.

149. Доценко, В. В. Геохимия и происхождение нефти и газа / В. В. Доценко. – Ростов-на-Дону : Изд-во «ЦВВР», 2007. – 308 с.

150. Драчева, Н. А. Голоценвая эволюция почв речных террас западной части Заволжской лесостепи и степи : дисс. … канд. геогр. Наук : 25.00.23 / Драчева Наталья Александровна. – М., 2002. – 273 с.

151. Дричко, В. Ф. Оценка скорости очищения загрязненных почв методом фитомелиорации / В. Ф. Дричко // Почвоведение. – 2006. – № 9. – С. 1144-1149.

152. Елешев, Р. Е. Накопление тяжелых металлов в почве и растениях при длительном систематическом применении удобрений в севооборотах / Р. Е. Елешев, Б. С. Басибеков // Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды : мат. Международной науч.-практ. конф. – Алматы, 2001. – С. 41-47.

153. Елькина, Г. Я. Влияние тяжелых металлов на урожайность и физиолого-биохимические показатели овса / Г. Я. Елькина, Г. Н. Табаленкова, С. В. Куренкова // Агрохимия. – 2001. – № 8. – С. 73-78.

154. Елькина, Г. Я. Подвижность тяжелых металлов и их токсичность для кормовых культур / Г. Я. Елькина // Аграрная наука. – 2010. – № 6. – С. 15-16.

155. Елькина, Г. Я. Формы соединений тяжелых металлов в подзолистых почвах и их фитотоксичность / Г. Я. Елькина, В. А. Безносиков // Эколого-генетические аспекты почвообразования на Европейском Северо-Востоке. – Сыктывкар : Труды Коми НЦ УрО РАН. – № 146. – С. 91-100.

156. Еремин, Е. В. Состояние агроценозов вдоль автомагистралей и железных дорог / Е. В. Еремин // Агрохимический вестник. – 2002. – № 3. – С. 12-14.

157. Ефоакондза, Д. Вынос тяжелых металлов овощными культурами в звене севооборота / Д. Ефоакондза, А. В. Кузнецов // Агрохимический вестник. – 2002. – № 4. – С. 39-40.

158. Ефремова, Т. Т. Биогеохимия Fe, Mn, Cr, Ni, Co, Ti, V, Mo, Ta, W, Ub низинном торфянике на междуречье Оби и Томи / Т. Т. Ефремова, С. П. Ефремов, К. П. Куценогий [и др.] // Почвоведение. – 2003. – № 5. – С. 557-567.

159. Жабин, А. М. Агроэкологическая оценка почв хозяйств юго-востока Воронежской области / А. М. Жабин, О. И. Лешонкова, В. Т. Рымарь, С. В. Мухина // Агрохимический вестник. – 2004. – № 2. – С. 8-10.

160. Жандарова, С. В. Экологические аспекты возделывания зерновых культур на загрязненных тяжелыми металлами почвах / С. В. Жандарова, Б. В. Жандаров // Агрохимический вестник. – 2005. – № 1. – С. 24-26.

161. Жидеева, В. А. Особенности распределения различных форм агротехногенной меди в почвах яблоневых садов Курской области / В. А. Жидеева, И. И. Васенев, А. П. Щербаков // Агрохимия. – 1999. – № 9. – С. 68-78.

162. Жидеева, В.А. Фракционный состав соединений Pb,Cd,Ni,Zn в лугово-черноземных почвах, загрязненных выбросами аккумуляторного завода / В. А. Жидеева, И. И. Васенев, А. П. Щербаков // Почвоведение. – 2002. – № 6. – С. 725-733.

163. Завалишин, С. И. Тяжелые металлы в почвах средней тайги Западно-Сибирской низменности / С. И. Завалишин // Агрохимический вестник. – 2005. – № 1. – С. 26-29.

164. Загоскина, Н. В. Изменения в образовании фенольных соединений при действии кадмия на каллусные культуры, инициированные из различных органов чайного растения / Н. В. Загоскина, Е. А. Гончарук, А. К. Алявина // Физиология растений. – 2007. – Т. 54. – С. 267-274.

165. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами : обзорная информация / В. А. Большаков, Н. Я. Гальпер, Г. А. Клименко [и др.].– М. : ВНИИТЭИСХ. – 1978. – 52 с.

166. Захаров, А. С. Рельеф Куйбышевской области : пособие по краеведению / А. С. Захаров // Куйбышевский областной музей краеведения : Куйбышевское книжное издательство, 1971. – 96 с.

167. «Зеленая книга» Поволжья. Охраняемые природные территории Самарской области / сост. А. С. Захаров, М. С. Горелов. – Самара : Кн. Изд-во,1995. – 352 с.

168. Золотарев, В. Н. Влияние глубины посева семян на полевую всхожесть и семенную продуктивность зернофуражной вики посевной / В. Н. Золотарев // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – №1 (13). – С. 38-42.

169. Золотарева, Б. Н. Тяжелые металлы в почвах Верхнеокского бассейна / Б. Н. Золотарева // Почвоведение. – 2003. – № 2. – С. 173-182.

170. Зонн, С. В. Железо в почвах / С. В. Зонн. – М. : Наука, 1982. – 206 с.

171. Зубченко, Е. Б. Накопление тяжелых металлов в почве и в зерне яровой пшеницы / Е. Б. Зубченко, Л. В. Дымова // Агрохимический вестник. – 2006. – № 5. – С. 24-25.

172. Зырин, Н. Г. Нормирование содержания тяжелых металлов в системе почва-растение / Н. Г. Зырин, Е. В. Каплунова, А. В. Сердюкова // Химия в сельском хозяйстве. – 1985. – Т. 23, № 6. – С. 45-48.

173. Зырин, Н. Г. Принципы и методы нормирования (стандартизации) содержания тяжелых металлов в почве и в системе почва-растение / Н. Г. Зырин, А. И. Обухов // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 1983. – Вып. 35. – С. 7-10.

174. Ибрагимова, С. А. Характеристика эрозионных процессов на территории Самарской области / С. А. Ибрагимова, И. В. Казанцев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 1-1. – С. 243-246.

175. Иванов, А. М. Геологическое строение Куйбышевской области / А. М. Иванов, К. В. Поляков. – Куйбышев : Издание Куйбышевского областного музея краеведения, 1960. – 82 с.

176. Иванов, В. Б. Сравнение влияния тяжелых металлов на рост корня в связи с проблемой специфичности и избирательности их действия / В. Б. Иванов, Е. И. Быстрова, И. В. Серегин // Физиология растений. – 2003. – С. 445-454.

177. Иванова, А. В. Биоморфологическая характеристика флоры Самарской Луки / А. В. Иванова // Самарская Лука. – 2008. – Т. 17, № 4(26).– С. 881-892.

178. Игнатьев, М. В. Динамика содержания микроэлементов и тяжелых металлов в почвах Чувашской Республики / М. В. Игнатьев // Агрохимический вестник. – 2009. – № 4. – С. 22-23.

179. Иерусалимский, Н. Д. Исследование микрофлоры сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий / Н. Д. Иерусалимский, Е. А. Андреева, Е. Л. Гришанкова [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 1965. – № 2. – С. 163-166.

180. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды и пути их решения / Ю. А. Израэль. – Л. : Гидрометеоиздат, 1984. – 375 с.

181. Ильин, В. Б. К оценке массопотока тяжелых металлов в системе почва – сельскохозяйственная культура / В. Б. Ильин / Агрохимия. – 2006. – № 3. – С. 52-59.

182. Ильин, В. Б. К экологической обстановке в Новосибирске: тяжелые металлы в местных почвах и огородных культурах / В. Б. Ильин, А. И. Сысо, Г. А. Конарбаева, Н. Л. Байдина // Агрохимия. – 1997. – № 3. – С. 76-83.

183. Ильин, В. Б. Распределение свинца и кадмия в растениях пшеницы, произрастающих на загрязненных этими металлами почвах / В. Б. Ильин, М. Д. Степанова // Агрохимия. – 1980. – № 5. – С. 114-119.

184. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в почвах Западной Сибири / В. Б. Ильин // Почвоведение. – 1987. – № 11. – С. 87-94.

185. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение : монография / В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1991. – 148 с.

186. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В. Б. Ильин // Почвоведение. – 2007. – № 9. – С. 1112-1119.

187. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы – защитные возможности почв и растений – урожай / В. Б. Ильин, М. Д. Степанова // Химические элементы в системе почва-растение. – Новосибирск : Наука, 1982. – С. 73-92.

188. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение : монография / В. Б. Ильин. – Новосибирск, 2012. – 218 с.

189. Ильин, В. Б. Фоновое количество тяжелых металлов в почвах юга Западной Сибири / В. Б. Ильин, А. И. Сысо, Н. Л. Байдина [и др.] // Почвоведение. – 2003. – № 5. – С. 550-556.

190. Ильин, В. Б. Элементный химический состав растений : монография / В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1985. – 128 с.

191. Ильин, В. Б. Элементный химический состав растений. Факторы, его определяющие / В. Б. Ильин // Известия Сибирского отделения АН СССР, 1977. – Вып. 2, № 10. – С. 3-14.

192. Ильинский, А. В. Биологическая очистка почв, загрязненных тяжелыми металлами / А. В. Ильинский // Агрохимический вестник. – 2003. – № 5. – С. 30-32.

193. Илькун, Г. М. Загрязнители атмосферы и растения / Г. М. Илькун. – Киев : Наукова думка, 1978. – 246 с.

194. Инсаров, Г.Э. Эпифитные лишайники в условиях загрязнения атмосферы Москвы: методология долговременного мониторинга / Г. Э. Инсаров, И. Д. Инсарова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, Т.12 – СПб.: Гидрометеоиздат, 2006. – С. 277-296.

195. Инсарова, И. Д. Количественные характеристики состояния эпифитной лихенофлоры биосферных заповедников: Репетек. заповедник / И. Д. Инсарова, А. В. Пчелкин, Г. Э. Инсаров. – М., б.и., 1984. – 21 с.

196. Инсарова, И. Д. Влияние тяжелых металлов на лишайники / И. Д. Инсарова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Т. 7. – 1983. – С. 101-113.

197. Исмайлов, Н. И. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель / Н. И. Исмайлов, Ю. И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М. : Наука, 1988. – С. 222-236.

198. Ишкова, С. В. Агроэкологическая характеристика земель сельскохозяйственного назначения лесостепной зоны Самарской области / С. В. Ишкова // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 12 (104). – С. 42-44.

199. Ишкова, С. В. Влияние нефтяных установок на загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и нефтепродуктами /

С. В. Ишкова, Н. М. Троц, О. В. Горшкова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 5. – С. 217-222.

200. Ишкова, С. В. Особенности аккумуляции тяжелых металлов на черноземе южном / С. В. Ишкова, Д. А. Ахматов, Н. М. Троц //Аграрная Россия. – 2012. – № 6. – С. 31-35.

201. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.

202. Казанцев, И. В. Экологическая характеристика почв Самарской области / И. В. Казанцев, С. А. Ибрагимова // Таврический научный обозреватель. – № 4 (9) – 2016. – С. 260-263.

203. Казнина, Н. М. Влияние цинка на продуктивность ярового ячменя в вегетационном опыте / Н. М. Казнина, А. Ф. Титов, Г. Ф. Лайдинен, Ю. В. Батова // Агрохимия. – 2010. – № 8. – С. 72-76.

204. Карпова, Е. А. Влияние длительного применения минеральных удобрений на состояние железа и тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах / Е. А Карпова // Почвоведение. – 2006. – № 9. – С. 1059-1067.

205. Карпухин, А.И. Распределение тяжелых металлов по молекулярно-массовым фракциям гуминовых кислот почв длительных полевых опытов / А. И. Карпухин, Н. Н. Бушуев // Почвоведение. – 2007. – № 3. – С. 292-301.

206. Касимов, Н. С. Подвижные формы тяжелых металлов в почвах лесостепи Среднего Поволжья (опыт многофакторного регрессионного анализа) / Н. С. Касимов, Н. Е. Кошелева, О. А. Самонова // Почвоведение – 1995. – №6. – С.705-713.

207. Кауричев, И. С. Почвоведение : учебное пособие / И. С. Кауричев, Н. П. Панов, Н. Н. Розов [и др.] // М. : Агропромиздат, 1989. – 719 с.

208. Кашин, В. К. Хром в почвах западного Забайкалья / В. К. Кашин, Г. М. Иванов // Почвоведение. – 2002. – № 3. – С. 311-318.

209. Квеситатдзе, Г. И. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях : монография / Г. И. Квеситатдзе, Г. А. Хатисашвили, Т. А. Садунишвили, З. Г. Евстигнеева. – М., 2005. – 199 с.

210. Кирдин, В. Ф. Агротехнологии для противодействия засухе / В. Ф. Кирдин // Аграрная Россия. – 2010. – № 6. – С. 2-5.

211. Кирдин, В. Ф. Воспроизводство плодородия и минимализация обработки почвы в Нечерноземной зоне / В. Ф. Кирдин // Земледелие. – 2007. – №2. – С. 21-22.

212. Киреева, Н. А. Биологическая активность нефтезагрязненных почв / Н. А. Киреева, В. В. Водопьянов, А. М. Мифтахова. – Уфа : Гилем, 2001. – 376 с.

213. Киреева, Н. А. Влияние загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на численность и видовой состав микромицетов / Н. А. Киреева, Н. Ф. Галимзянова // Почвоведение. – 1995. – № 2. – С. 211-216.

214. Киреева, Н. А. Диагностические критерии самоочищения почв от нефти / Н. А. Киреева, Е. И. Новоселова, Г. Ф. Ямалетдинова // Экология и промышленность России. – 2001. – №12. – С. 34-35.

215. Киреева, Н. А. Микробиологическая оценка почвы, загрязненной нефтяными углеводородами / Н. А. Киреева // Башкирский химический журнал. – 1995. – № 3-4. – С. 65-68.

216. Киреева, Н. А. Состояние комплекса актиномицетов нефтезагрязненных почв / Н. А. Киреева // Вестник Башкирского университета. – 1996. – № 1. – С. 42-45.

217. Киреева, Н. А. Фитотоксичность антропогенно-загрязненных почв / Н. А. Киреева, Г. Г. Кузяхметов, А. М. Мифтахова, В. В. Водопьянов. – Уфа : Гилем, 2003. – 266 с.

218. Кирейчева, Л. В. Толерантность сельхозкультур к загрязнению черноземов тяжелыми металлами / Л. В. Кирейчева, Ю. А. Мажайский, А. В. Ильинский // Аграрная наука. – 2003. – № 8. – С. 19-20.

219. Кириллов, Н. А. Эффективность химических мелиорантов при возделывании зерновых культур на дерново-подзолистых почвах Чувашии / Н. А. Кириллов, Е. Н. Волкова, А. И. Волков // Агро XXI. – 2010. – № 10-12. – С. 19-22.

220. Ковальский, В. В. Геохимическая экология и эволюционная изменчивость растений / В. В. Ковальский, Н. С. Петрунина // ДАН СССР. – 1964. – Т. 159, № 5. – С. 1175-1178.

221. Ковда, В. А. Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда – М. : Наука, 1985. – 264 с.

222. Ковда, В. А. О биологической реакции растений на тяжелые металлы в среде / В. А. Ковда, Б. И. Золотарева, И. И. Скрипниченко // Доклады АН СССР. – 1979. – Вып. 247, № 3. – С. 766-768.

223. Ковда, В. А. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира : монография / В. А. Ковда. – М. : Наука, 2008. – 415 с.

224. Козаренко, А. Е. Свинец в растениях. Свинец в окружающей среде // А. Е. Козаренко. – М. : Наука, 1987. – С. 71-76.

225. Козаренко, О. М. Поступление тяжелых металлов на поверхность листьев растений в течение вегетационного периода в лист венных лесах Калужской области / О. М. Козаренко, А. Е. Козаренко // Тяжелые металлы в окружающей среде. – Пущино, 1996. – С. 85-88.

226. Колесников, С. И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробную систему чернозема / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков // Почвоведение. – 1999. – № 4. – С. 505-511.

227. Колесников, С. И. Изменение эколого-биологических свойств чернозема обыкновенного при загрязнении тяжелыми металлами второго класса опасности (Mo, Co, Cr, Ni) / С. И. Колесников, А. В. Евреинова, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков // Почвоведение. – 2009. – № 8. – С. 1007-1013.

228. Колесниченко, А. В. Процессы биодеградации в нефтезагрязненных почвах / А. В. Колесниченко, А. И. Марченко, Т. П. Побежимова, В. В. Зыкова. – Москва : Промэкобезопасность, 2004. – 194 с.

229. Коношина, С. Н. Аллелопатическая активность листового опада древесных растений Орловской области / С. Н. Коношина, Н. Л. Хилкова, Е. Г. Прудникова // Ученые записки Орловского государственного университета. – 2014. – № 3 (59). – С. 152-155.

230. Конюшкова, М. В. Картографирование почвенного покрова и засоленности почв солонцового комплекса на основе цифрового анализа космической съемки (на примере района Джанибекского стационара) : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 03.02.13 / Конюшкова Мария Валерьевна. – М. : Почвенный институт им В. В. Докучаева, 2010. – 24 с.

231. Копп, М. Л. Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы / М. Л. Копп. – М. : Наука, 2005. – 340 с.

232. Коронелли, Т. В. Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводородов в окружающей среде (обзор) / Т. В. Коронелли // Прикладная биохимия и микробиология. – 1996. – Т. 32, № 6. – С. 579-585.

233. Кошелева, Н. Е. Регрессионные модели поведения тяжелых металлов в почвах Смоленско-Московской возвышенности / Н. Е. Кошелева, Н. С. Касимов, О. А. Самонова // Почвоведение. – 2002. – № 8. – С. 954-966.

234. Кропивко, О. Г. Накопление тяжелых металлов растительной продукцией / О. Г. Кропивко // Зеленый Луч. – № 7 (37). – 2001. – С. 41-44.

235. Кудряшова, В. И. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими растениями / В. И. Кудряшова, Н. Ф. Санаев, Г. М. Мышляков [и др.] // Проблемы изучения и охраны биоразнообразия и природных ландшафтов Европы : сб. мат. Международного симпозиума. – Пенза, 2001. – С. 43-45.

236. Кузнецов, А. В. Контроль техногенного загрязнения почв и растений / А. В. Кузнецов // Агрохимический вестник. – 1997. – № 5. – С. 7-9.

237. Кузнецов, А. В. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / А. В. Кузнецов, А. П. Фесюн, С. Г. Самохвалов [и др.]. – М. : ЦИНАО, 1992. – 74 с.

238. Кузнецова, И. В. Нормативы изменения физических свойств почв степной, сухостепной, полупустынной зон европейской территории России / И. В. Кузнецова, Н. А. Азовцева, А. Г. Бондарев // Биллютень Почвенного института им. В. И. Докучаева. – 2011. –Вып. 67. – С. 3-19.

239. Кузнецова, Л. М. Влияние тяжелых металлов на урожай и качество пшеницы / Л. М. Кузнецова // Химия в сельском хозяйстве. – 1997. – № 2. – С. 36-37.

240. Куркова, З. В. Использование диэлькометрического метода для определения содержания и дисперсности нефтепродуктов в сточной воде /

З. В. Куркова, З. М. Бриль, Н. Н. Гулина // Химия и технология воды. – 1990. – Т. 12, № 11. – С. 1036-1038.

241. Курносова, Е. А. Оценка эффективности функционирования нефтяной промышленности Самарской области / Е. А. Курносова // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 232-239.

242. Ладонин, Д. В. Влияние железистых и глинистых минералов на поглощение меди, цинка, свинца и кадмия в конкреционном горизонте подзолистой почвы / Д. В. Ладонин // Почвоведение. – 2003. – № 10. – С. 1197-1206.

243. Ладонин, Д. В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения / Д. В. Ладонин // Почвоведение – 2002. – № 6. – С. 682-692.

244. Ларионов, Г. А. Мероприятия, направленные на снижение миграции тяжелых металлов в продукцию растениеводства в условиях техногенного загрязнения / Г. А. Ларионов, Н. А. Кириллов, М. А. Ершов // Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства в условиях антропогенного загрязнения : мат. Всероссийской науч.-практ. конф. – Ульяновск, 2004. – С. 55-62.

245. Ларионов, М. В. Особенности накопления техногенных тяжелых металлов в почвах городов Среднего и Нижнего Поволжья / М. В. Ларионов // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 368. – С. 189-194.

246. Ларионов, М. В. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах экосистем Саратовского Поволжья / М. В. Ларионов, Н. В. Ларионов // Вестник ОГУ. – 2010. – № 1 (107). – С. 110-114.

247. Ларионов М. В. Динамика накопления тяжелых металлов в почвах в условиях урбанизации // Мониторинг биоразнообразия экосистем степной и лесостепной зон : мат. Всероссийской науч.-практ. конф. – Балашов : Николаев, 2012. – С. 87-89.

248. Ларионова, Н. П. Изучение фитотоксичности хрома / Н. М. Ларионова, М. Г. Юркевич, В. А. Сидорова // Агрохимический вестник. – 2006. – № 5. – С. 8-9.

249. Лебедева, Л. А. Экологические функции агрохимических фонов на поступление свинца в растения / Л. А. Лебедева, Ю. Б. Соловьева // Агрохимический вестник. – 2001. – № 2. – С. 18-19.

250. Лебедовский, И. А. К вопросу агроэкологической оценки почв на содержание тяжелых металлов / И. А. Лебедовский // Научный журнал КубГАУ. – 2007. – № 32 (8). – С. 1-12.

251. Лебедовский, И. А. Оценка содержания тяжелых металлов в черноземе выщелоченном при длительном применении удобрений / И. А. Лебедовский // Агрохимический вестник. – 2010. – № 6. – С. 13-16.

252. Левин, С. В. Эколого-микробиологическое нормирование содержания нефти в почве / С. В. Левин, Э. М. Халимов, В. С. Гузев // Токсикологический вестник. – 1995. – № 1. – С. 11-15.

253. Лобов, Г. Г. Почвы Куйбышевской области / Г. Г. Лобов [и др.]. – Куйбышев, 1985. – 392 с.

254. Логинов, О. Н. Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений / О. Н. Логинов, Н. Н, Силищев, Т. Ф. Бойко, Н. Ф. Галимзянова. – Уфа : Реактив, 2000. – 100 с.

255. Лозовицкий, П. С. Влияние горнорудного производства в Криворожском бассейне на химический состав почвенного покрова прилегающих территорий / П. С. Лозовицкий, С. М. Каленюк // Почвоведение. – 2002. – № 5. – С. 617-628.

256. Лукин, С. В. Мониторинг содержания хрома в сельскохозяйственных культурах и почвах / С. В. Лукин // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 6. – С. 54-55.

257. Лукин, С. В. Содержание кадмия в агроэкосистемах Белгородской области / С. В. Лукин // Аграрная наука. – 2007. – № 6. – С. 10-11.

258. Лукин, С. В. Содержание меди и свинца в почвах Белогородской области / С. В. Лукин, С. В. Меленцева, П. М. Авраменко // Агрохимия. – 2009. – № 2. – С. 71-74.

259. Лукин, С. В. Цинк в агроландшафтах Белгородской области / С. В Лукин, П. М. Авраменко // Агрохимический вестник. – 2005. – № 5. – С. 4-5.

260. Лупина, А. А. Содержание тяжелых металлов в почвах предгорных районов Краснодарского края / А. А. Лупина, И. Е. Ляшенко, В. Н. Бегунов, А. Ю. Поцелуев // Агрохимический вестник. – 2002. – № 3. – С. 20-21.

261. Любин, В. Е. Ликвидация чрезвычайных ситуаций при разливе нефти и нефтепродуктов на воде и на суше : учебное пособие / В. Е. Любин, А. Б. Кусаинов, И. А. Захаров. – Кокшетау, 2014 – 125 с.

262. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы европейской части России : учебное пособие / П. Ф. Маевский. – М. : КМК, 2006. – 600 с.

263. Мазей, Н. Г. Влияние тяжелых металлов и пониженных температур на морфофизиологические процессы прорастания гречихи и пшеницы / Н. Г. Мазей, А. Е. Медная // Известия Пензенского государственного университета. – 2011. – № 25. – С. 624-631.

264. Мазлова, Е. А. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки : учебное пособие / Е. А. Мазлова, С. В. Мещеряков. – М. : Ноосфера, 2001. – 52 с.

265. Макарова, Ю. В. Биогеохимия : практикум / Ю. В. Макарова, Н. В. Прохорова. – Самара : Самарский университет, 2012. – 84 с.

266. Макаровский, П. А. Мониторинг загрязнения почв Республики Коми / П. А. Макаровский, Н. Т. Чеботарев // Агрохимический вестник. – 2006. – № 5. – С. 12-13.

267. Мальцев, С. В. Диагностика и развитие растений картофеля в период вегетации / С. В. Мальцев, К. А. Печенков // Защита картофеля. – 2011. – № 2. – С. 2-8.

268. Манторова, Г. Ф. Техногенное загрязнение сельскохозяйственных земель Челябинской области / Г. Ф. Манторова // АгроXXI. – 2009. – № 10-12. – С. 45-47.

269. Манторова, Г. Ф. Тяжелые металлы в почве и растительной продукции в условиях техногенного загрязнения / Г. Ф. Манторова // АгроXXI. – 2010. – № 1-3. – С. 52-54.

270. Марфенина, О. Е. Микробиологические аспекты охраны почв / О. Е. Марфенина. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 118 с.

271. Матвеев, Н. М. Вовлечение тяжелых металлов в основные трофические цепи в агрофитоценозах Высокого Заволжья : монография / Н. М. Матвеев, В. Н. Матвеев, Н. В. Прохорова. – Самара : СамГУ, 2008. – 114 с.

272. Матвеев, Н. М. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье : монография / Н. М. Матвеев, В. А. Павловский, Н. В. Прохорова. – Самара : Издательство «Самарский университет», 1997. – 215 с.

273. Матвеев, Н. М. Тяжелые металлы в почвах и растениях Самарской области / Н. М. Матвеев [и др.] // Экология и здоровье человека : тез. докл. Всеросс. конф. – Самара, 1994 – С. 111-112.

274. Матвеева, А. А. Влияние защитных лесных насаждений вдоль железных дорог на распределение тяжелых металлов в почве / А. А. Матвеева // Аграрная наука. – 2008. – № 5 – С. 5-6.

275. Махонько, Э. П. О загрязнении почв промышленных районов тяжелыми металлами / Э. П. Махонько, Р. И. Первунина, Г. К. Вертинская [и др.] // Труды ИЭМ. – М. : Гидрометеоиздат, 1976. – Вып. 4 (56). – С. 109-123.

276. Медведев, И. Ф. Распределение ТМ в черноземах Поволжья по основным «азональным» ландшафтам и элементам агроландшафта / И. Ф. Медведев, С. С. Деревягин, Д. И. Губарев // Плодородие. – 2009. – № 3. – С. 52-53.

277. Медведев И. Ф. Тяжелые металлы в экосистемах : монография / И. Ф. Медведев, С. С. Деревягин. – Саратов : Ракурс, 2017. – 178 с.

278. Медведев, И. Ф. Роль процессов эрозии в формировании экологически чистой сельскохозяйственной продукции / И. Ф. Медведев, С. С. Деревягин // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н. И. Вавилова. – 2010. – №3. – С. 22-26.

279. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. – М. : Мин-во здравоохранения СССР, 1990. – 657 с.

280. Мейчик, Н. Р. Диффузия органического катиона в клеточных стенках корня / Н. Р. Мейчик, И. П. Ермаков, О. С. Прокопцева // Биохимия. – 2003. – Т. 68, № 1. – С. 926-940.

281. Меленцова, С. В. Агроэкологическая оценка содержания химических элементовS, Zn, Mn, Cu, Cd, Pb в почвах лесостепной и степной зон (на примере Белгородской области) : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.16 / Меленцова Светлана Викторовна. – М., 2007. – 22 с.

282. Меркушева, М. Г. Оценка буферной способности почв Забайкалья к тяжелым металлам / М. Г. Меркушева, В. Л. Убугунов // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям : сб. статей Всероссийской конф. – Москва, 2002. – 163 с.

283. Методика определения нефтепродуктов в сточных водах производств люминисцентно-хроматографическим методом // Справочник по физико-химическим методам исследования объектов окружающей среды. – Л. : Судостроитель, 1979. – 87 с.

284. Методические указания по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве. – 2-е изд. – М., 1982. – 57 с.

285. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продуктах растениеводства. – Москва : МСХА РФ, ЦИНАО, 1992. – 53 с.

286. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами : утверждены заместителем Главного государственного санитарного врача СССР от 13.03.1987 г. : № 4266-87.

287. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий / М. А. Флоринский, М. И. Лунев, А. В. Кузнецов [и др.]. – М. : Центр научно-технической информации, пропаганды и рекламы, 1994. – 240 с.

288. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

289. Милехин, А. В. Перспективы использования биотехнологических установок в безвирусном семеноводстве картофеля в Среднем Поволжье / А. В. Милехин, С. Л. Рубцов, А. Л. Бакунов [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Том 16, № 5 (3). – С. 1184-1191.

290. Минеев, В. Г. Проблема тяжелых металлов в современном земледелии / В. Г. Минеев // Тяжелые металлы и радионуклиды в агросистемах : мат. науч.-практ. конф. – М., 1994. – С. 5-11.

291. Минеев, В. Г. Химизация земледелия и природная среда / В. Г. Минеев. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 287 с.

292. Минерально-производственный комплекс неметаллических полезных ископаемых Самарской области / Под ред. Н. Н. Ведерникова. – Казань : Казанский университет, 1996. – 187 с.

293. Минерально-сырьевая база Самарской области: состояние и перспектива развития : монография / Г. Р. Хасаев, В. К. Емельянов, А. Л. Карев [и др.]. – Самара : Издательский дом «Агни», 2006. – 216 с.

294. Минкина, Т. М. Взаимодействие тяжелых металлов с органическим веществом чернозема обыкновенного / Т. М. Минкина, Г. В. Мотузова, О. Г. Назаренко // Почвоведение. – 2006. – № 7. – С. 804-811.

295. Минкина, Т. М. Соединения тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов : автореф. дис. … д-ра биол. наук : 03.00.27 / Минкина Татьяна Михайловна. – М., 2008. – 49 с.

296. Минкина, Т. М. Формы соединений тяжелых металлов в почвах степной зоны / Т. М. Минкина, Г. В. Мотузова, О. Г. Назаренко [и др.] // Почвоведение. – 2008. – № 7. – С. 810-818.

297. Миронова, А. Ю. Сравнительный анализ структуры землепользования и перспективы ее совершенствования в хозяйствах муниципального района Борский Самарской области/ А..Ю. Миронова.// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – №3(41). – С. 27-30.

298. Митчел, Дж. Аквametрия / Дж. Митчелл, Д. Смит. – М. : Химия, 1980. – 600 с.

299. Михайлов, Е. Б. Вредные вещества в различных средах и методы их воздействия на экосистемы / Е. Б. Михайлов, О. В. Аксенова. – М. : Московский государственный институт электроники и математики, 2012. – 32 с.

300. Мозговой, Д. П. Актуальные вопросы охраны природы в Самарской области / Д. П. Мозговой, О. А. Мозговая // Самарская Лука. – 2007. – Т. 16, № 4 (22). – С. 756-761.

301. Морачевская, Е. В. Влияние кадмия на поглощение и передвижение элементов питания растений / Е. В. Морачевская // Агрохимический вестник. – 2003. – № 1. – С. 38-39.

302. Мороз, А. В. Расчет суммарного показателя загрязнения почвы тяжелыми металлами / А. В. Мороз // Аграрная наука. – 2001. – № 8. – С. 6-7.

303. Мотузова, Г. В. Загрязнение почв и сопредельных сред: учебное пособие / Г. В. Мотузова. – М. : Изд-во Московского Университета, 2000. – 71 с.

304. Мотузова, Г. В. Устойчивость почв к химическому воздействию: учебное пособие / Г. В. Мотузова. – М. : Изд-во Московского Университета, 2000. – 57 с.

305. Мотузова, Г. В. Экологический мониторинг почв / Г. В. Мотузова, О. С. Безуглова. – М. : Гаудеамус, 2007. – 237 с.

306. Моцик, А. Содержание фтора, кадмия и свинца в сельскохозяйственных почвах вокруг завода по производству алюминия / А. Моцик, П. Илка // Поведение поллютантов в почвах и ландшафтах. – Пущино, 1990. – С. 112-119.

307. МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. – Введ. 1999-04-05. – М., 1999. – 43 с.

308. Муханин, И. В. Влияние применения различных комплексов специальных машин для закладки плантации земляники садовой на ее продуктивность / И. В. Муханин, О. В. Жбанова, А. И. Миляев // Современные тенденции развития промышленного садоводства. – Самара : ООО «Издательство Ас Гард», 2012. – С. 242-247.

309. Найштейн, С. Я. Гигиена окружающей среды и применение удобрений / С. Я. Найштейн, Г. В. Меренюк, Г. Я. Чегринец. – Кишинев : Штиинца ; М. : Наука, 1987. – С. 62-71.

310. Небритов, Н. Л. Развитие минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых в Самарской области в начале XX! Столетия / Н. Л. Небритов, Е. И. Яковлев // История, достижения и проблемы геологического изучения Самарской области : сб. научных трудов, посвященный 300-летию геологической службы России ; под ред. проф. В. В. Корягина и проф. В. П. Костюка. – Самара : Региональное общественное объединение «Самарский геолог» РОСГЕО, 2000. – С. 45-56.

311. Некрасов, Р. В. Пространственный аспект развития АПК Самарской области / Р. В. Некрасов // Альманах современной науки и образования. – 2009. – № 3 (22). – С.125-127.

312. Немцев, Н. С. Технологические приемы, направленные на восстановление загрязненных тяжелыми металлами почв / Н. С. Немцев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2003. – № 1. – С. 13-15.

313. Немцев, Н. С. Влияние органических удобрений на накопление пожнивно – корневых остатков и урожайность озимой пшеницы / С. Н. Немцев, С. Н. Никитин, С. Н. Орлов // Земледелие. – 2011. – №4. – С. 38-39.

314. Нестерова, А. Н. Действие тяжелых металлов на корни растений: Поступление свинца, кадмия и цинка в корни, локализация металлов и механизмы устойчивости растений / А. Н. Нестерова // Биологические науки. – 1989. – № 9. – С. 72-86.

315. Низамов, Р. М. Продуктивность различных видов масличных культур в Предкамской зоне республики Татарстан : дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Низамов Рустам Мингазнзович. – Казань, 2007. – 208 с.

316. Никитин, Е. А. Плейстоценовые отложения и образование рельефа Самарской области / Е. А. Никитин. – Самара : ЦНИГРИ, 2002. – 120 с.

317. Никифорова, Е. М. Техногенная миграция Pb и Hg в ландшафтах / Е. М. Никифорова, Р. С. Смирнова // Вестник МГУ. – 1976. – № 5. – С. 59-64. – (Серия «География»).

318. Николаева, Л. Ф. Изменение содержания тяжелых металлов в соцветиях клевера лугового под воздействием автодорожных факторов / Л. Ф. Николаева, Н. Б. Федорова, Е. Б. Поршнева // Экология малого города. Пущино, 1987. – С. 130-144.

319. Николаевский, В. С. Биологические основы газоустойчивости растений : монография / В. С. Николаевский. – Новосибирск : Наука, 1979. – 280 с.

320. Носин, В. А. Почвы Куйбышевской области / В. А. Носин // Куйбышев : ОГИЗ, 1949. – 383 с.

321. Об утверждении перечней (списков) объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и исключенных из Красной книги Российской Федерации : [утв. приказом Министерства природных ресурсов РФ 25.10.2005 г. № 289] : по состоянию на 1.06.2005 г. : [зарегистрировано Министерством Юстиции РФ 29.11.2005 г. ; регистрационный № 7211].

322. Обедиентова, Г. В. Из глубины веков. Геологическая история и природа Жигулей / Г. В. Обедиентова. – Куйбышев : Куйбышевское книжное издательство, 1988. – 158 с.

323. Обухов, А. И. Баланс тяжелых металлов в агроценозах дерново-подзолистых почв и проблемы мониторинга / А. И. Обухов, А. А. Попова // Вестник Московского университета. –1992. – № 3 – С. 31-39. – (Серия 17 «Почвоведение»).

324. Обухов, А. И. Детоксикация дерново-подзолистых почв, загрязненных тяжелыми металлами: теоретические и практические аспекты / А. И. Обухов, И. О. Плеханова // Агрохимия. – 1995. – № 2. – С. 108-116.

325. Обухов, А. И. Экологические последствия загрязнения почв ТМ и мероприятия по их устранению / А. И. Обухов // Поведение поллютантов в почвах и ландшафтах. – Пущино, 1990. – С. 52-59.

326. Овцинов, В. И. Влияние загрязнения почвы тяжелыми металлами на сельскохозяйственные растения / В И. Овцинов // Агрохимический вестник. – 2005. – № 1. – С. 29-32.

327. Овчаренко, М. М. Приемы детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами / М. М. Овчаренко, И. А. Шильников, Н. А. Комарова // Агрохимический вестник. – 2005. – № 3. – С. 2-4.

328. Овчаренко, М. М. Реакция почвенной среды и кальция на содержание тяжелых металлов в растениях / М. М. Овчаренко // Агрохимический вестник. – 2001. – № 3. – С. 24-27.

329. Орлов, Д. С. Химическое загрязнение почв и их охрана / Д. С. Орлов, М. С. Малинина, Г. В. Мотузова [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1991. – 305 с.

330. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М. : Высшая школа, 1978. – 342 с.

331. Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. – М. : Высшая Школа, 2002. – 334 с.

332. Орлова, В. А. Методы анализа тяжелых металлов, макро- и микроэлементов в почве и сельскохозяйственной продукции / В. А. Орлова, Ю. А. Игнатьев, И. А. Нестерович, С. В. Орлов // АгроXXI. – 2001. – № 5. – С. 22-23.

333. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды : учебное пособие для инженера-эколога / А. Ф. Порядин, А. Д. Хованский. – Москва : НУМЦ Минприроды России ; Издательский Дом «Прибой», 1996. – 350 с.

334. Павловский, В. А. Аккумуляция тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в зависимости от их биоэкологических свойств и действия основных экологических факторов в условиях Самарской области : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.16 / Павловский Василий Алексеевич. – Самара : Самарский Университет, 1997. – 200 с.

335. Панасин, В. И. Динамика выноса микроэлементов из почв дренажными водами / В. И. Панасин, В. В. Ширков // Химия в сельском хозяйстве. – 1987. – № 7. – С. 61- 69.

336. Паникова, Е. Л. Влияние тяжелых металлов на ферментативную активность почвы / Е. Л. Паникова, А. Ф. Перцовская // Микроорганизмы как компонент биогеоценоза. – Алма-Ата, 1982. – С. 103-104.

337. Панин, М. С. Динамика содержания меди и цинка в почве прикорневой зоны ячменя и пшеницы в период вегетации / М. С. Панин, Е. Н. Бирюкова // Агрохимия. – 2005. – № 8. – С. 39-44.

338. Панов, Г. Е. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / Г. Е. Панов, Л. Ф. Петряшин, Г. Н. Лысяный. – М. : Недра, 1986. – 244 с.

339. Парибок, Т. А. Загрязнение растений металлами и его эколого-физиологические последствия / Т. А. Парибок // Растения в экстремальных условиях минерального питания. Эколого-физиологические исследования. – Ленинград : Наука, 1983. – С. 82-90.

340. Парибок, Т. А. Накопление свинца в городских растениях / Т. А. Парибок, Г. Д. Леина, Н. А. Сазыкина [и др.] // Ботанический Журнал. – 1981. – Т. 66, № 11. – С. 1646-1654.

341. Пащенко, Я. В. Оценка буферной способности почв Забайкалья к тяжелым металлам / Я. В. Пащенко // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям : тезисы докладов Всероссийской конф. – Москва, 2002. – 164 с.

342. Первунина, Р. И. Оценка трансформации соединений техногенных металлов в почве и доступность их для растений // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 1983. – № 35. – С. 22-26.

343. Переверзев, В. Н. Аккумуляция никеля и меди в лесных подзолах в результате выбросов предприятий цветной металлургии / В. Н. Переверзев, Т. Е. Свейструп, М. С. Стрелкова // Почвоведение. – 2002. – № 3. – С. 364-367.

344. Переломов, Л. В. Формы Mn, Pb и Zn в серых лесных почвах среднерусской возвышенности / Л. В. Переломов, Д. Л. Пинский // Почвоведение. – 2003. – № 6. – С. 682-691.

345. Персиянцев, М. Н. Совершенствование процессов сепарации нефти от газа в промысловых условиях / М. Н. Персиянцев. – 1999. – 285 с.

346. Петров, А. А. Углеводороды нефти : монография / А. А. Петров. – М. : Наука, 1984. – 263 с.

347. Петрунина, Н. Морфоанатомические особенности растений, произрастающих на почвах, обогащенных тяжелыми металлами / Н. Петрунина // Теоретические вопросы фитоиндикации. – Л. : Наука, 1971. – С. 142-148.

348. Петункина, Л. О. Физиологическая устойчивость овса / Л. О. Петункина, С. В. Свиркова, Н. А. Маевская, А. А. Старцев // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2012. – № 4-1 (52). – С. 20-24.

349. Пиковский, Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде : монография / Ю. И. Пиковский. – М. : Изд-во МГУ, 1993. – 208 с

350. Пиковский, Ю. И. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами / Ю. И. Пиковский, А. Н. Геннадиев, С. С. Чернянский, Г. Н. Сахаров // Почвоведение. – № 9. – 2003. – С. 1132-1140.

351. Пинский, Д. Л. Нормирование загрязняющих веществ в почвах с учетом массообмена между эффективными фазами почв / Д. Л. Пинский // Поведение поллютантов в почвах и ландшафтах. – Пущино : ОНТИ НЦБИ, 1990. – С. 74-81.

352. Плеханова, И. О. Цинк и кадмий в почвах и растениях городской среды / И. О. Плеханова, А. И. Обухов // Цинк и кадмий в окружающей среде. – Москва : Наука, 1992. – С. 144-152.

353. Подколзин, О. А. Тяжелые металлы в агроценозах Ставропольского края / О. А. Подколзин // Агрохимический вестник. – 2005. – № 5 – С. 9-11.

354. Подколзин, О. А. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Ставропольского края / О. А. Подколзин, О. Б. Анциферов // Агрохомический вестник. – 2007. – № 6. – С. 4-8.

355. Позняк, С. С. Содержание тяжелых металлов в растительности агрофитоценозов в зоне воздействия крупных промышленных центров / С. С. Позняк // Экологический вестник. – 2010. – № 3 (13). – С. 5-14.

356. Покровская, С. Ф. Регулирование поведения свинца и кадмия в системе почва-растение / С. Ф. Покровская. – М. : Наука, 1995. – 51 с.

357. Полевой, В. В. Физиология растений : учебное пособие / В. В. Полевой. – М. : Высшая школа, 1989. – 464 с.

358. Понизовский, А. А. Химические процессы и равновесия в почвах / А. А. Понизовский, Д. Л. Пинский, Л. А. Воробьева. – М. : МГУ, 1986. – 102 с.

359. Почвенная карта Ульяновской области [Карты] : [почвенная карта] 1984 / сост. и подгот. к печати НРКП ПКО «Картография» в 1988 г. ; ред. Е. Л. Нефедов ; отв. ред. М. Г. Холина ; спец. содерж. разраб. Н. И. Нугумановым, Г. В. Тимофеевой под рук. В. Ф. Иконникова и И. Н. Колегова. – 1 : 300 000. – Москва : ГУГК, 1988. – 2 л. в общ. рамке ; цв. : доп. карты, табл. ; 97×66 см.

360. Почвенная экология / В. И. Савич, Н. В. Парахин, В. Г. Сычев [и др.]. – Орел : Изд-во Орел ГАУ, 2002. – 546 с.

361. Почвенный покров Самарской области и его качественная оценка : учебное пособие / Н. И. Несмеянова, С. Н. Зудилин, А. С. Боровкова. – Самара : Самарская ГСХА, 2007. – 124 с.

362. Почвы землепользования колхоза «Правда» Шенталинского района Куйбышевской области и рекомендации по их использованию и улучшению. – ВолгоНИИгипрозем, 1976. – 38 с.

363. Почвы Куйбышевской области / Под ред. Г. Г. Лобова. – Куйбышев : Наука, 1985. – 392 с.

364. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин, И. П. Дерюгин, Ю. П. Жуков [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1987. – 512 с.

365. Практикум по агрохимии / В. В. Кидин, И. П. Дерюгин, В. И. Кобзоренко [и др.]. – М. : КолосС, 2008. – 599 с.

366. Практикум по агрохимии / Под ред. В. Г. Минеева. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

367. Природа Куйбышевской области / М. С. Горелов, В. И. Матвеев, А. А. Устинова [и др.]. – Куйбышев, 1990. – 464 с.

368. Природно-хозяйственная характеристика и мероприятия по использованию и улучшению сенокосов и пастбищ Шенталинского района Куйбышевской области. – ВолгоНИИгипрозем, 1980. – 43 с.

369. Проскуряков, В. А. Химия нефти и газа : учебное пособие / В. А. Проскуряков. – СПб. : Химия, 1995. – 448 с.

370. Прохорова, Н. В. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье : монография / Н. В. Прохорова. – Самара : Изд-во Самарского Университета, 1998. – 131 с.

371. Прохорова, Н. В. К вопросу о фоновой концентрации в почвах Самарской области / Н. В. Прохорова // Бюллетень Самарская Лука. – Самара. – 2002. – № 2 – С. 145-149.

372. Прохорова, Н. В. Ландшафтный подход в региональных эколого-геохимических исследованиях / Н. В. Прохорова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2004. – Т. 6, № 2. – С. 259-265.

373. Прохорова, Н. В. Оценка полиметаллического загрязнения почвенного покрова Самарской Луки / Н. В. Прохорова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2003. – Т. 5, № 2. – С. 295-304.

374. Прохорова, Н. В. Распределение тяжелых металлов в почвах и растениях в зависимости от экологических особенностей лесостепного и степного Поволжья (на примере Самарской области) : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.16 / Прохорова Наталья Владимировна. – Самара, 1996. – 22 с.

375. Прохорова, Н. В. Распределение тяжелых металлов в почвенном покрове лесостепного и степного Поволжья (на примере Самарской области) / Н. В. Прохорова. – Самара : Самарский Университет. – 1996. – 26 с.

376. Прохорова, Н. В. Территориальные особенности распределения тяжелых металлов в почвах Самарской области / Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2000. – Т. 2, № 2. – С. 306-310.

377. Прохорова, Н. В. Тяжелые металлы в почвах административных районов Самарской области / Н. В. Прохорова // Вестник СамГУ. – 2002. – Специальный выпуск. – С. 183-187. – (Серия «Естественные науки»).

378. Пустовой, И. В. Практикум по агрохимии : учебное пособие / И. В. Пустовой, В. И. Филин, А. В. Корольков. – М. : Колос, 1995. – 377 с.

379. Пуховский, А. В. Экспрессное вольтамперометрическое определение тяжелых металлов / А. В. Пуховский // Агрохимический вестник. – 2000. – № 3. – С. 37-38.

380. Рабочий проект рекультивации засоленных земель в результате хозяйственной деятельности ОАО «Самаранефтегаз» на землях СПК «Новый Путь» Волжского района Самарской области. – Самара : ОАО «ВолгоНИИгипрозем», 2005. – 37 с.

381. Реймерс, Н. Ф. Природопользование / Н. Ф. Реймерс // Словарь-справочник. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.

382. Ржавский, Е. А. Пути уменьшения потерь нефтегрузов при железнодорожных перевозках / Е. А. Ржавский, И. О. Суходольский // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – М., 1967. – Т. 1. – С. 29-30.

383. Родькин, О. И. Экологические аспекты производства древесины быстрорастущей ивы (Salexviminalis) на загрязненных тяжелыми метал-

лами землях / О. И. Родькин, С. К. Пронько // Экологический вестник. – 2010. – № 3 (13). – С. 41-47.

384. Рокитский, П. Ф. Биологическая статистика : учебное пособие / П. Ф. Рокитский. – Минск. : Высшая школа, 1973. – 318 с.

385. Рубцов, С. Л. Семеноводство картофеля на безвирусной основе в Самарской области / С. Л. Рубцов, А. Л. Милехин, А. Л. Бакунов // Молодой ученый. – 2015. – №23. – С. 428-430.

386. Рэутце, К. Борьба с загрязнением почвы / К. Рэутце, С. Кырстя. – М. : Агропромиздат, 1986. – 96 с.

387. Рябов, В. Д. Химия нефти и газа / В. Д. Рябов. – М. : Изд-во «Техника», ТУМА ГРУПП, 2004. – 288 с.

388. Савич, В. И. Влияние тяжелых металлов на процессы деградации почв / В. И. Савич, В. А. Раскатов, В. А. Седых, А. К. Саидов // АгроXXI. – 2011. – № 10-12. – С. 46-48.

389. Савич, В. И. Оценка способности почв к поддержанию концентрации ионов в почвенном растворе при их отчуждении / В. И. Савич, И. П. Дерюгин, Н. П. Панов, Л. М. Наумова // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1989. – № 10. – С. 150-152.

390. Саксонов, М. А. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли: учебное пособие / М. А. Саксонов, А. Д. Абалаков, Л. В. Данько [и др.] // Физико-химические и биологические методы. – Иркутск, 2005. – 114 с.

391. Саксонов, С. В. Ресурсы флоры Самарской Луки : монография / С. В. Саксонов. – Самара : Изд-во Самарского научного центра РАН, 2005. – 416 с.

392. Самонова, О. А. Лантан, церий, самарий и европий в лесостепных почвах Приволжской возвышенности / О. А. Самонова // Почвоведение. – 1992. – № 6. – С. 45–51.

393. Самохвалова, Е. В. Агрометеорологическая оценка территории Самарской области применительно к возделыванию зерновых культур / Е. В. Самохвалова // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 6. – С. 14-17.

394. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. – Введ. 2003-04-17. – М., 2003. – 9 с.

395. Селезнева, Е. М. Влияние свинца и ультрафиолетового излучения на продуктивность растений и накопление металла в зерне ярового ячменя / Е. М. Селезнева, В. С. Анисимова, Л. И. Гончарова [и др.]. // Агрохимия. – 2005. – № 5. – С. 82-86.

396. Семенова, И. Н. Изменение целлюлазной активности почв под действием тяжелых металлов / И. Н. Семенова, Г. Р. Ильбулова, Я. Т. Суюндуков, А. Ф. Юсупова // Аграрная наука. – 2010. – № 11. – С. 14-15.

397. Сенатор, С. А. Природное районирование Самарской области в работах различных исследователей / С. А. Сенатор // Самарская Лука : про-

блемы региональной и глобальной экологии. – 2015. – Т. 24, № 1. – С. 6-37.

398. Серегин, И. В. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения / И. В. Серегин, В. Б. Иванов // Физиология растений. – 2001. – Т. 48, № 4. – С. 606-630.

399. Серегин, И. В. Является ли барьерная функция эндодермы единственной причиной устойчивости ветвления корней к солям тяжелых металлов? / И. В. Серегин, В. Б. Иванов // Физиология растений. – 1997. – Т. 44, № 6. – С. 922-925.

400. Сериков, В. Н. Тяжелые металлы в почвах полеводческих ландшафтов Ростовской области и Краснодарского края // Экология. Опыт. Проблемы. Поиск. – Новороссийск : Академия естественных наук РСФСР, 1991. – С. 108-113.

401. Сидельников, Н. А. Контроль тяжелых металлов в почвах и растениях степных районов Южного Урала / Н. А. Сидельников, Н. А. Корнева, В. Н. Яичкин, А. В. Ряховский // Агрохимический вестник. – 2002. – № 3. – С. 18-20.

402. Сидоров, Д. Г. Полевой эксперимент по очистке почв от нефтяного загрязнения с использованием углеводородокисляющих микроорганизмов / Д. Г. Сидоров, И. А. Борзенков, Р. Р. Ибатулин [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 1997. – Т. 33, № 5. – С. 497-502.

403. Сидорова, Е. В. Охрана почв на объектах газовой промышленности / Е. В. Сидорова, Г. С. Акопова, Н. С. Немкова. – М. : ИРЦ Газпрома, 1994. – 50 с.

404. Синих, Ю. Н. Севооборот и биологизация земледелия / Ю. Н. Синих // Аграрная Россия. – 2010. – №6. – С. 5-9.

405. Скрипниченко, И. И. Оценка токсического действия тяжелых металлов (свинца) на растения овса / И. И. Скрипниченко, Б. Н. Золотарева // Агрохимия. – 1981. – № 1. – С. 103-109.

406. Смелянский, И. Э. Степи Самарской области / И. Э. Смелянский, А. С. Паженков. – Самара : ДСМ, 2007. – 28 с.

407. Смит, К. Х. Лес и атмосфера / К. Х. Смит. – М., 1985. – 428 с.

408. Соболев, А. С. Влияние кадмия на интенсивность роста проростков гороха / А. С. Соболев, Ю. П. Мельничук, Ф. Л. Калинин // Физиология и биохимия культурных растений. – 1982. – Т. 14, № 1. – С. 79-81.

409. Советский энциклопедический словарь / Под ред. А. М. Прохорова. – М. : Советская Энциклопедия, 1981. – 1600 с.

410. Сокаев, К. Е. Мониторинг тяжелых металлов в почвах Северной Осетии / К. Е. Сокаев, Р. М. Сокаева // Агрохимический вестник. – 2003. – № 5. – С. 12-13.

411. Сокаев, К. Е. Транслокация тяжелых металлов в системе почва-растение / К. Е. Сокаев, В. В. Бестаев, К. Х. Бясов, Р. М. Сокаева // Агрохимический вестник. – 2004. – № 2. – С. 16-18.

412. Сокаева, Р. М. Проблема экологического нормирования биогеоценозов / К. Е. Сокаев, Р. М. Сокаева // Агрохимический вестник. – 2009. – № 4. – С. 6-8.

413. Соколик, А. И. Особенности реакции корневой системы растений на тяжелые металлы / А. И. Соколик, Н. В. Кабанова, В. М. Юркевич, В. М. Юрин // Труды Белорусского государственного университета. – 2009. – Т. 4, Ч. 1. – С. 86-94.

414. Соловьев, А. Я. Оптимизация состава инвертных эмульсий для первичного вскрытия продуктивных пластов / А. Я. Соловьев, Н. З. Байбулатова, Г. О. Голубев // Сб. науч. тр. III Конгресса нефтегазопромышленников России. – Уфа : Реактив, 2001 – С. 56-57.

415. Соловьев, В. М. Мониторинг содержания тяжелых металлов в почвах Ярославской области / В. М. Соловьев // Агрохимический вестник. – 2009. – № 5. – С. 34-36.

416. Соловьева, Ю. Б. Влияние агрохимических фонов на поступление свинца в растения / Ю. Б. Соловьева // Агрохимический вестник. – 2001. – № 5. – С. 17-18.

417. Степанова, М. Д. Подходы к оценке загрязнения почв и растений тяжелыми металлами / М. Д. Степанова // Химические элементы в системе почва-растение. – Новосибирск : Наука, 1982. – С. 92-104.

418. Степанок, В. В. Токсичность тяжелых металлов / В. В. Степанок // Аграрная наука. – 2001. – № 5. – С. 6-7.

419. Стом, Д. И. Трансформация нефти в простейшие трофические цепи / Д. И. Стом, Д. С. Потапов, А. Э. Балаян [и др.] // Проблемы систематики, экологии и токсикологии беспозвоночных. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2000. – С. 90-95.

420. Стом, Д. И. Реакции предпочтения и избегания некоторых байкальских амфипод и голарктического gammarus lacustris sars, 1863 по отношению к гуминсодержащему препарату / Е. В. Федосеева, Д. И. Стом // Биология внутренних вод. – 2015. – № 2. – С. 32-39.

421. Суюндуков, Я. Т. Влияние воды реки Таналык на содержание тяжелых металлов в растениях / Я. Т. Суюндуков, З. Б. Бактыбаева, Л. М. Саптарова // Аграрная наука. – 2010. – № 9. – С. 11-12.

422. Суюндуков, Я. Т. Качественный анализ агрегатного состояния черноземов под травами естественных и сельскохозяйственных систем / Я. Т. Суюндуков, Р. Ф. Хасанова // Вестник академии наук Республики Башкортостан. – 2016. – Т. 21, № 1 (81). – С. 24-30.

423. Суюндуков, Я. Т. Особенности загрязнения черноземов тяжелыми металлами / Я. Т. Суюндуков, Ю. А. Шагиева // Аграрная наука. – 2008. – № 1. – С. 10-14.

424. Суюндуков, Я. Т. Экологический потенциал природных цеолитов для детоксикации почв Зауралья / Я. Т. Суюндуков, Г. Е. Исламгулова // Аграрная наука. – 2010. – № 7. – С. 7-8.

425. Тарабрин, В. П. Физиология устойчивости древесных растений в условиях загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами / В. П. Тарабрин // Микроэлементы в окружающей среде. – Киев : Наукова думка, 1980. – С. 17-19.

426. Теплая, Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Г. А. Теплая / Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – №1(23). – С.182-192.

427. Технический отчет по корректировке материалов почвенного обследования колхоза «Новый Путь» Волжского района Куйбышевской области. – Куйбышев : ВолгоНИИгипрозем, 1985. – 32 с.

428. Технический отчет по почвенно-мелиоративному обследованию участков сельскохозяйственных земель, загрязненных в результате влияния деятельности НГДУ «Богатовскнефть» на землях СХПК «Новый Путь» Волжского района Самарской области. – Самара : ОАО «ВолгоНИИгипрозем», 2003. – 29 с.

429. Технический отчет по почвенному обследованию земель с целью создания государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения Сызранского района Самарской области. – Самара : ФГУП «ВолгоНИИгипрозем», 2003. – 26 с.

430. Технический отчет по почвенному обследованию земель с целью создания государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения в СХПК «Новый Путь» Волжского района Самарской области. – Самара : ОАО «ВолгоНИИгипрозем», 2003. – 33 с.

431. Технический отчет по почвенному обследованию земель с целью создания государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения в ООО «Агрокультура» Шенталинского района Самарской области. – ВолгоНИИгипрозем, 2002. – 32 с.

432. Технический отчет по почвенному обследованию земель сельскохозяйственного назначения Самарской области с целью государственного учета показателей состояния плодородия. – Самара : ОАО «ВолгоНИИгипрозем». – Самара, 2003. – 34 с.

433. Технический отчет по стартовому состоянию пахотных земель сельскохозяйственных предприятий Волжского района Самарской области на 1991 год. – Куйбышев : ОАО «ВолгоНИИгипрозем», 1992. – 36 с.

434. Тиньгаев, А. В. Влияние органических отходов на содержание тяжелых металлов в почве / А. В. Тиньгаев // АгроXXI. – 2009. – № 10-12. – С. 42-43.

435. Тобратов, С. А. Оценка влияния выбросов крупных промышленных объектов на экологическое состояние агроландшафтов на примере зоны воздействия Рязанской ГРЭС : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.16 / Тобратов Сергей Анатольевич. – Рязань : Рязанский агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2003. – 342 с.

436. Тойгильдина, И. А. Эффективность высококремнистых пород и минеральных удобрений при возделывании сахарной свеклы в условиях Среднего Поволжья : дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.04/ Тойгильдина Ирина Александровна. – Саранск. 2008. – 175 с.

437. Торшин, С. П. Микроэлементы, экология и здоровье человека / С. П. Торшин, Т. М. Удельнова, Б. А. Ягодин // Успехи современной биологии. – 1990. – Т. 109, Вып. 2. – С. 279-292.

438. Тощев, В. В. Агроэкологический мониторинг в зонах техногенного воздействия / В. В. Тощев, Л. К. Мамаева // Агрохимический вестник. – 2006. – № 5. – С. 3-7.

439. Тощев, В. В. Изучение уровня загрязнения растительной продукции тяжелыми металлами / В. В. Тощев, Н. Г. Загарская, В. Д. Коноплев // Агрохимический вестник. – 2001. – № 5. – С. 12-13.

440. Трифонова, Т. А. Поведение тяжелых металлов в почвах Владимирского ополья различной антропогенной нагрузки / Т. А. Трифонова, Д. В. Карпова // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям : материалы Всероссийской конференции. – М., 2002. – С. 435-436.

441. Трифонова, Т. А. Экологи-геохимический анализ загрязнения ландшафтов / Т. А. Трифонова, Л. А. Ширкин, Н. В. Селиванова. – Владимир : ООО «Владимир Полиграф», 2007. – 170 с.

442. Трофимов, И. А. Стратегия и тактика степного природопользования XXI века // Проблемы региональной экологии. – 2000. – № 4. – С. 56-64.

443. Трофимов, С. С. Системный подход к изучению процесса почвообразования в техногенных ландшафтах / С. С. Трофимов, А. А. Титлянова, И. Л. Клевенская // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск : Наука, 1979. – С. 3-18.

444. Трофимов, С. Я. Влияние нефти на почвенный покров и проблема создания нормативной базы по влиянию нефтезагрязнения на почвы / С. Я. Трофимов, Я. М. Амосова, Д. С. Орлов [и др.] // Вестник Московского университета. – 2000. – № 2. – С. 30-34. – (Серия «Почвоведение»).

445. Троц, Н. М. Влияние природных адсорбентов на накопление тяжелых металлов земляникой садовой / Н. М. Троц, А. В. Батманов // Аграрная Россия. – 2017. – № 3. – С. 10-16.

446. Троц, Н. М. Влияние тяжелых металлов на качество зерна яровой пшеницы сорта «Кинельская 60» / Н. М. Троц, Д. А. Ахматов // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде : мат. Международной науч. конф.– Семей, 2010. – С. 440-442.

447. Троц, Н. М. Особенности аккумуляции макроэлементов и тяжелых металлов в почве и растениях земляники садовой (Fragaria Ananassa) / Н. М. Троц, С. В. Ишкова, А. В. Батманов, Д. А. Ахматов // Известия

Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1. – С. 149-152.

448. Троц, Н. М. Особенности накопления тяжелых металлов перспективными сортами картофеля, возделываемыми в южной зоне Самарской области / Н. М. Троц, А. И. Черняков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 17-21.

449. Трублаевич, Ж. М. Оценка токсичности почв с помощью лабораторной культуры коллембол Folsomia candida / Ж. М. Трублаевич, Е. Н. Семенова // Экология. – 1997. – № 5. – С. 377-381.

450. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение / Под общ. ред. М. М. Овчаренко. – М. : Изд-во «Пролетарский светоч», 1997. – 290 с.

451. Устинова, А. А. Ботанические памятники природы Самарской области и их роль в сохранении биологического разнообразия / А. А. Устинов, Н. С. Ильина, С. В. Саксонов, Н. И. Симонова // Биологическое разнообразие заповедных территорий: оценка, охрана, мониторинг. – Самара : ГЭФ, – 2000. – С. 112-121.

452. Учватов, В. П. Свинец в атмосфере // Свинец в окружающей среде. – М. : Наука, 1987. – С. 152-157.

453. Фатеев, А. И. Формы соединений тяжелых металлов в условиях поэлементного загрязнения агроландшафтов / А. И. Фатеев, В. А. Самохвалова, М. И. Лысенко // Агроэкологический журнал. – 2002. – № 4. – С. 26-29.

454. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : федер. закон [принят Гос. думой ФС 20 декабря 2001 г. № 7-ФЗ].

455. Федорова, Е. В. Биоаккумуляция металлов растительностью в пределах малого аэротехногенно-загрязненного водосбора / Е. В. Федорова, Г. Я. Одинцова // Экология. – 2005. – № 3. – С. 26-31.

456. Фирсова, В. П. Сравнительное изучение содержания тяжелых металлов в лесных, луговых и пахотных почвах лесостепного Зауралья / В. П. Фирсова, Т. С. Павлова, В. В. Топищев, Е. В. Прокопович // Экология. – 1997. – № 2. – С. 96-101.

457. Флора Европейской части СССР / Под ред. А. А. Федорова. – М. : Наука. – 1976. – Т. 1-3. – 326 с.

458. Флоринский, М. А. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий / М. А. Флоринский, М. И. Лунев, А. В. Кузнецов [и др.]. – М. : Центр научн.-техн. информ., пропаганды и рекламы, 1994. – 96 с.

459. Хазиев, Ф. Х. Влияние нефтепродуктов на биологическую активность почв / Ф. Г. Хазиев, Е. И. Тишкина, Н. А. Киреева // Биологические науки. – 1988. – № 10 – С. 93-99.

460. Хазиев, Ф. Х. Контроль содержания тяжелых металлов в почвах Республики Башкортостан / Ф. Х. Хазиев, С. Г. Зиннатуллин // Агрохимический вестник. – 2001. – № 5. – С. 9-11.

461. Хазиев, Ф. Х. Экология почв Башкортостана : монография / Ф. Х. Хазиев. – Уфа : Гилем, 2012. – 312 с.

462. Хала, В. Г. Оценка системы «почва-растение» по содержанию и транслокации тяжелых металлов / В. Г. Хала, В. М. Артемьев, В. И. Мешков // Агрохимический вестник. – 2002. – № 4. – С. 7-8.

463. Хантемирова, Е. В. Трансформация лесных сообществ под влиянием техногенного загрязнения / Е. В. Хантемирова // Биологическое разнообразие лесных экосистем. – М. : Россельхозакадемия, 1995. – 311-312.

464. Химическое загрязнение почв и их охрана : словарь-справочник / Д. С. Орлов [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1991. – 303 с.

465. Химия океана / Под ред. О.К. Бордовского. – М. : Наука, 1979. – Т. 1. – 518 с.

466. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах / Н. Г. Зырин, Л. К. Садовникова. – М. : Изд-во МГУ, 1985. – 206 с.

467. Цаплина, М. А. Трансформация и транспорт оксидов свинца, кадмия и цинка в дерново-подзолистой почве / М. А. Цаплина // Почвоведение. – 1994. – № 1. – С. 45-50.

468. Цвелев, Н. Н. Злаки СССР / Н. Н. Цвелев. – М. : Наука, 1976. – 788 с.

469. Цемко, В. П. Процессы рассеяния микроэлементов в почвах / В. П. Цемко, И. К. Паламарчук, Г. М. Залуцкая // Микроэлементы в окружающей среде. – Киев : Наукова думка, 1980.– С. 31-34.

470. Цыганок, С. И. Эколого-агрохимическое состояние агроландшафтов и реабилитация загрязненных ТМ экосистем в Среднем Поволжье : автореф. дис…д-ра биол. наук : 06.01.04, 03.00.16 / Цыганок Сергей Иванович . – М, 2006. – 381 с.

471. Чеботарь, В. К. Влияние засоления и тяжелых металлов на ростстимулирующую и антагонистическую активность почвенных бактерий и перспективы использования микроорганизмов для биоремедиации почв (аналитический обзор) / В. К. Чеботарь, А. В. Щербаков, Е. П. Чижевская, В. Б. Петров // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 7. – С. 28-31.

472. Черных, Н. А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 5. Экотоксилогические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н. А. Черных, Н. Э. Милащенко, В. Ф. Ладонин. – Пущино : ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. – 148 с.

473. Черняков, А. И. Аккумуляция кадмия картофелем, выращиваемом в южной зоне Самарской области / А. И. Черняков, Н. М. Троц // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : мат. международной

науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Челябинск, 2016. – С. 261-264.

474. Чирков, Е. П. Инновационные направления в технологиях заготовки и хранения объемистых кормов / Е. П. Чирков, А. В. Дронов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2013. – № 1. – С. 10-14.

475. Чмиленко, Ф. А. Использование ультразвука при определении валового содержания тяжелых металлов в черноземах / Ф. А. Чмиленко, Н. М. Смитюк // Почвоведение. – 2004. – № 6. – С. 685-690.

476. Шаркова, С. Ю. Оценка накопления тяжелых металлов в зерне яровой пшеницы / С. Ю. Шаркова, Е. В. Надежкина // АгроXXI. – 2009. – № 10-12. – С. 43-45.

477. Шафронов, О. Д. Ландшафтно-экологическое районирование Нижегородской области по содержанию тяжелых металлов в почве / О. Д. Шафронов // Агрохимический вестник. – 2006. – № 1. – С. 5-7.

478. Шилина, А. И. Моделирование физико-химического превращения бенз(а)перена в аэрозольной фазе / А. И. Шилина // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Л. : Гидрометиздат, 1985. – С. 128-142.

479. Шильцова, Г. В. Тяжелые металлы и сера в почвах Валаамского архипелага / Г. В. Шильцова, Р. М. Морозова, П. Ю. Литинский. – Петрозаводск, 2008. – 109 с.

480. Шишкунов, В. М. Оценка степени загрязнения почв в местах размещения отходов / В. М. Шишкунов, В. Е. Сазонов, М. А. Мытарев // Агрохимический вестник. – 2009. – № 2. – С. 19-20.

481. Школьник, М. Я. Растения в экстремальных условиях минерального питания. Эколого-физиологические исследования / М. Я. Школьник, Н. Алексеева-Попова. – Л., 1983. – 176 с.

482. Школьник, М. Я. Значение микроэлементов в жизни растений и в земледелии / М. Я. Школьник. – М. : Академия наук СССР. Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова ; Ленинград : изд-во Академии наук СССР, 1950. – 512 с.

483. Экологический аспект в составе «Положений о территориальном планировании Самарской области». – Самара : ГУП «ТеррНИИгражданпроект», 2006 г. – 49 с.

484. Экологический бюллетень. – Самара : Приволжское УГМС, 2010. – 36 с.

485. Эльдиева, Т. М. Региональная аграрная политика в новых условиях хозяйствования / Т. М. Эльдиева // Экономика сельского хозяйства России. – 2013. – №3. – С. 72-84.

486. Эрих, Х. Жизнь микробов в присутствии тяжелых металлов, мышьяка и сурьмы / Х. Эрих. – М, 1981. – С. 44-46.

487. Ягодин, Б. А. Тяжелые металлы в системе почва-растение / Б. А. Ягодин, В. В. Кидин, Э. А. Цвирко [и др.] // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 5. – С. 43-46.

488. Яковлев, А. С. Оценка и нормирование экологического состояния почв в зоне деятельности предприятий металлургической компании «Норильский никель» / А. С. Яковлев, И. О. Плеханова, С. В. Кудряшов, Р. А. Аймалетдинов // Почвоведение. – 2008. – № 6. – С. 737-750.

489. Якуцени, С. П. Глубинная зональность в обогащенности углеводородов тяжелыми металлами элементами примесями / С. П. Якуцени // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2010. – Т. 5, № 2. – С. 105-111.

490. Яппаров, А. Х. Коррекция содержания тяжелых металлов в системе «почва-растение-животное» / А. Х. Яппаров, А. М. Ежкова, Р. Ф. Набиев // Агрохимический вестник. – 2003. – № 4. – С. 39-40.

491. Ясюк, В. П. Биотопическая характеристика Рубежинских озер Левобережной поймы реки Самары / В. П. Ясюк, А. Е. Митрошенкова // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2014. – Т. 23, № 3. – С. 190-199.

492. Ясюк, В. П. Биоэкокраеведение Самарской области : учебно-методическое пособие. – Самара, 2015. – 80 с.

493. Ященко, И. Г. Особенности физико-химических и реологических свойств парафинистых нефтей / И. Г. Ященко, Ю. М. Полищук // Нефть и газ (Алматы). – 2011. – № 5 (65). – С. 59-68.

494. Ященко, И. Г. Токсоопасные металлоносные тяжелые нефти России / И. Г. Ященко // Экологическая геология: теория, практика и региональные аспекты : мат. II Международной науч.-практ. конф. – Воронеж, 2011. – С. 281-284.

495. Antosiewicz, D. M. Adaptation of plants to an environment polluted with heavy metals // Acta Soc. Bot. Pol. – 1992. – Vol. 61. – P. 281-299.

496. Arao, T. Genotypic differences in cadmium uptake and distribution in soybeans / T.Arao, N. Ae, M. Sugiyama, M. Takahashi // Plant Soil. – 2003. – Vol. 251. – P. 247- 253.

497. Arsenault, Céline. Les métauxlourds uneréaliter à éviter à nosenfants // Le magazine des jeunesfamilles. – 2006. – janvier. – 1re partie. – P. 32-48.

498. Baker, A. J. M. Accumulators and excluders strategies in the response of plants to heavy metals // J. Plant Nutr. – 1981. – Vol. 3, № 1/4. – P. 643-654.

499. Bidwell, S. D. Subcellular Localization of Ni in the Hyperaccumulator / S. D. Bidwell, S. A. Crawford, I. E. Woodrow [et al.] // Hybanthus Jloribundus (Lindley) F. Muell. Plant Cell Environ. – 2004. – Vol. 27. – P. 705-716.

500. Brummer, G. M. Adsorption-desorption and/or precipitation-dissolusion processes of zinc in soil / G. M. Brummer, K. G. Tiller, U. Herms, P. M. Clayton // Geoderma. – 1983. – Vol. 31, № 4. – P. 337-354.

501. Cakmak, I. Uptake and retranslocation of leaf-applied cadmium (109Cd) in diploid, tetraploid and hexaploid wheats / I. Cakmak, R. M. Welch, J. Hart [et al.] // J. Exp. Bot. – 2000. – Vol. 51, №343. – P. 221-226.

502. Cebula, E. Effects of flooding in southern Poland on heavy metal concentrations in soils / E. Cebula, J. Ciba // Soil Use Manag. – 2005. – Vol. 21. – P. 348-351.

503. Chaffei, C. Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in Lycopersicon esculentum leading to a metabolic safe- guard through an amino acid storage strategy / C. Chaffei, K. Pageau, A. Suzuki [et al.] // Plant Cell Physiol. – 2004. – Vol. 45. – P. 1681-1693.

504. Clemens, S. Evolution and function phytochelatin synthases / S. Clemens // J. Plant Physiol. – 2006. – Vol. 163, №3. – P. 319-332.

505. Clemens, S. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants / S. Clemens // Biochimie. – 2006. – Vol. 88. – P. 1707-1719.

506. Costa, G. Cadmium uptake by Lupinus albus (L.): cadmium excretion, a possible mechanism of cadmium tolerance / G. Costa, J. L. Morel // J. Plant Nutr. – 1993. – Vol. 16. – P. 1921-1929.

507. Costa, G. Efficiency of H+-ATPase activity cadmium uptake by four cultivars lettuce / G. Costa, J. L Morel // J. Plant Nutr. – 1994. – Vol. 17. – P. 627-637.

508. Coughtrey, P. J. Cadmium uptake and distribution in tolerant and nontolerant populations of Holcus lanatus grown in solution culture / P. J. Coughtrey, M. N. Martin // Oicos. – 1978. – Vol. 30. – P. 555-560.

509. DalCorso, G. How plants cope with cadmium: staking all on metabolism and gene expression / G. DalCorso, S. Farinati, S. Maistri, A. Furini // J. Integr. Plant Biol. – 2008. – Vol. 50, № 10. – P. 1268-1280.

510. Davis, B. E Trace elements in vegetables grown on soil contaminated by base metal mining / B. E. Davis, H. M. White // J. Plant. Nutr. – 1981. – Vol. 3, №3-4. – P. 387-396.

511. Eide, D. J. Zinc transporters and cellular trafficking of Zn / D. J. Eide // Biochim. Biophys. Acta Mol. Cell. Res. – 2006. – Vol. 1763. – P. 711-722.

512. Enstone, D. E. The apoplastic permeability of root apices / D. E. Enstone, C. A. Peterson // Can. J. Bot. – 1992. – Vol. 70. – P. 1502-1512.

513. Florijn, P. J Uptake and distribu- tion of cadmium in maize inbred lines / P. J. Florijn, M. L. Van Beusichem // Plant Soil. – 1993. – Vol. 150. – P. 25-32.

514. Gekeler, W. Survey of the plant kingdom for the ability to bing heavy metals through phytochelatins / W. Gekeler, E. Grill, E.-L. Winnacker // Z. Naturforsch. – 1989. – Vol. 44, № 5-6. – P. 361-369.

515. Giasson, P. La phytorestauration des sols contaminés au Québec / P. Giasson et A. Jaouich Vecteurenvironnement. – 1998. – 31 (4). – P. 40-53.

516. Glater R. A. Lead Detection in Living Plant Tissue Using a New Histochemical Method / R. A. Glater, L. J. Hernandez // Air Pollution Control Association. – 1972. – Vol. 22. – P. 463-467.

517. Godbold, D. L. Cadmium uptake in Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) seedlings / D. L. Godbold // Tree Physiol. – 1991. – № 9. – P. 349-357.

518. Godzik, B. Heavy metals content in plants from zinc dumps and reference areas / B. Godzik // Pol. Bot. Stud. – 1993. – Vol. 5. – P. 113-132.

519. Grant, C. A. Cadmium accumulation in crops / C. A. Grant, W. T Buckley, L. D. Bailey, F. Selles // Can. J. Plant Sci. – 1998. – Vol. 78. – P. 1-17.

520. Gzyl, J. Organospecific Reactios of Yellow Lupin Seedlings to Lead / J. Gzyl, R. Przymusinski, A. Wozny // Acta. Soc. Bot. Pol. – 1997. – Vol. 66. – P. 61-66.

521. Hall, J. L. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance / J. L. Hall // J. Exp. Bot. – 2002. – Vol. 53. – №366. – P. 1-11.

522. Hall, J. L. Transition metal transporters in plants / J. L. Hall, L. E. Williams // J. Exp. Bot. – 2003. – Vol. 54. – P. 2601-2613.

523. Hansel, C. M. Structural and compositional evolutional of Cr / Fe solids afterindirect chromate reduction by dissimilatory iron-reducing bacteria / C. M. Hansel, B. W. Wielinga, S. Fendorf // Geochim. Cosmochim. Acta. – 2003. – Vol. 67. – P. 401-412.

524. Harris, N. S. Remobilization of cadmium in maturing shoots of near isogenic lines of durum wheat that differ in grains cadmium accumulation / N. S. Harris, G. J. Taylor // J. Exp. Bot. – 2001. – Vol. 52, № 360. – P. 1473-1481.

525. Hart, J. J. Characterization of cadmium binding, uptake and translocation in intact seedlings of bread and durum wheat cultivars / J. J. Hart, R. M. Welch, W. A. Norvell, L. A. Sullivan Kochian // Plant Physiol. – 1998. – Vol. 116. – P. 1413-1420.

526. Heath, S. M. Localization of Nickel in Epidermal Subsidiary Cells of Leaves of Thlaspi montanum var siskiyouense (Brassicaceae) Using Energy-Dispersive X-ray Microanalysis II Int / S. M. Heath Southworth, J. A. D'Allura // J. Plant Sci. – 1997. – Vol. 158. – P. 184-188.

527. Johnson, J. The contemporary anthropogenic chromium cycle / J. Johnson, L. Schewel, T. Graedel // Environ. Sci. Technol. – 2006. – Vol. 40. – P. 7060-7069.

528. Kannan, S. Mechanisms of foliar uptake of plant nutrients: accomplishments and prospects / S. Kannan // J. Plant Nutr. – 1980. – Vol. 2, №6. – P. 717-735.

529. Kozlowski, R. Métauxlourdsdansl'environnement, menaces et possibilités de riposte [Electronic resource] / R. Kozlowski, J. Kozlowska, L. Grabowska [et al.]. – Poznan : Institut des FibresNaturelles. – URL: www.hanf-info.ch/info / fr/Metaux-lourds-dans-l-environnement.html.

530. Kuboi, N. Family-dependent cadmium accumulation characteristics in higher plants / N. Kuboi, A. Noguchi, J. Yazaki // Plant Soil. – 1986. – Vol. 92. – P. 405-415.

531. Kudo, H. Cadmium sorption to plasma membrane isolated from barley roots is impeded by copper association onto membranes / H. Kudo, K. Kudo, H. Ambo [et al.] // Plant Sci. – 2011. – Vol. 180. – P. 300-305.

532. Kurbatova, N. V. Anatomical, morphological and phyto-chemical studies Peganum harmala L / N. V. Kurbatova, Z. Z. Karzhaubekova, N. G. Gemejyieva, E. L. Bukina // Bulletin of KazSU. – 2016. – T. 67 (2). – P. 4-14. – (Biological series).

533. Labrecque, M. Des plantes pour des sols propres / M. Labrecque, R. Lefebvre // FrancVert. – Vol. 3, №1. – 2006. – P.22-34.

534. Lasat, M. M. Physiological characterization of root Zn2+ absorption and translocation to shoots in Zn hyperaccumulator and nonaccumulator species of Thlaspi / M. M. Lasat, A. J. M. Baker, L. V. Kochian // Plant Physiol. – 1996.– Vol. 112. – P. 1715-1722.

535. Lester, J. N. Mikrobial accumulation of heavy metals in wastewater treament processes / J. N. Lester // J. Appl. Bakteriol. – 1985. – Vol. 59. – P. 141-153.

536. Little, P. E. A study of heavy metal contamination of leaf surfaces / P. E. Little // Environ. Pollut. – 1973. – Vol. 5, №3. – P. 159-162.

534. Lock, K. Influence of aging on copper bioavailability in soil / K. Lock, C. R. Janssen // Environ. Toxicol. Chem. – 2003. – Vol. 22, № 5. – P. 1162-1266.

535. Lux, A. Differences in structure of adventitious roots in Salix clones with constrasting characteristics of cadmium accumulation and sensitivity / A. Lux, A. Šottníková, J. Opatrná, M. Greger // Physiol. Plant. – 2004. – Vol. 120. – P. 537-545.

536. McGill, W. W. Soil restoration following oil spils – a review / W. W. McGill // J. Canad. Petrol. Technol. – 1977. –Vol. 16, № 2. – P. 60-67.

537. Morel, J. L. Measurement of Pb, Cu and Cd Binding with Mucilage Exudates from Maize (Zea mays L.) Roots / J. L. Morel, M. Mench, A. Guckert // Biol. Fertil. Soils. – 1986. – Vol. 2. – P. 29-34.

538. Mucha, V. Stadium vplyvautomobilovychimissinaobsahkadmia v rastlinach / V. Mucha // Agrochemia. – 1987. – Vol. 27, №3. – P. 85-86.

539. Page, V. Selective transport of zinc, manganese, nickel, cobalt and cadmium in the root system and transfer to the leaves in young wheat plants / V. Page, U. Feller // Ann. Bot. – 2005. – Vol. 96. – P. 425-434.

540. Panicker, G. Cold tolerance of Pseudomonas sp. 30-3 isolated from oil-contaminated soil, Antarctica / G. Panicker, J Aislabie, D. Saul, A. Bej // Polar Biol. – 2002. – № 25. – P. 5-11.

541. Petit, C. M. In vivo measurement of cadmium transport and accumulations in the stems of intact tomato plants / C. M. Petit, S. C. Van de Geijn // Planta. – 1978. – Vol. 138, №2. – P. 137-143.

542. Popelka, J. C. Cadmium uptake and translocation during reproductive development of peanut (Arachis hypogaea L.) / J. C. Popelka, S. Schubert, R. Schuiz, A. P. Hansen // Angew. Bot. – 1996. – Vol. 70. – P. 140-143.

543. Psaras, G. K. Nickel Localization in Seeds of the Metal Hyperaccumulator Thlaspipindicum Hausskn / G. K. Psaras, Y. Manetas // Ann. Bot. – 2001.– Vol. 88. – P. 513-516.

544. Redjala, T. Cadmium uptake roots: conrtibution of apoplast and of high- and low-affinity membrane transport system / T. Redjala, T. Sterckeman, J. L. Morel // Environ. Exp. Bot. – 2009. – Vol. 67. – P. 235-242.

545. Robson, A. D. Zinc in soil and plants. – Australia : Klumer Acad. Publ., 1993. – 320 p.

546. Salt, D. E. Zinc ligands in the metal hyperaccumulator Thlaspi caerulescens as determined using X-ray spectroscopy / D. E. Salt, R. C. Prince, A. J. M. Baker [et al.] // Environ. Sci. Technol. – 1999. – Vol. 33. – P. 713-717.

547. Sarret, G. Forms of zinc accumulated in the hyperaccumulator Arabidopsis halleri / G. Sarret, P. Saumitow-Laprade, V. Bert [et al.] // Plant Physiol. – 2002. – Vol. 130. – P. 1815-1826.

548. Sécuritéalimentaire et métauxlourds: Des «plantespompiers» au secours des sols pollués // Colloque COST 859. Ecolenationalesupérieure des mines de Saint-Étienne – EspaceFauriel Communiqué de presse. – Paris, 2006. – 162 p.

549. Siedlecka, A. Some aspects of interactions between heavy metals and plant mineral nutrients / A. Siedlecka // Acta Soc. Bot. Pol. – 1995. – Vol. 64, № 3. – P. 262-272.

550. Singh, B. K. Transcription factors in plant defense and stress responses / B.K. Singh, R.C. Foley, L. Onate-Sanchez // Curr. Opin. Plant Biol. – 2002. – Vol. 5. – P. 430-436.

551. Smilde, K.W. Punt and Soil. – 1981. – V. 62. – N 1. – P. 3.

552. Stom, D. I. Effect of polyphenols on shootand root growth and on seed germination / D. I. Stom // Biologia Plantarum. – 1982. – Vol. 24, №1. – P. 1451-1457.

553. Thi My Dung Huynh impacts des metauxlourdssurl'interactionplante / ver de terre microfloretellurique : Thèse de Doctorat. – Paris : Universite Paris estecoledoctorale science de la vie et de la santé, 2009. – 153 p.

554. Tung, G. Uptake and Localization of Lead in Corn (Zea mays L.) Seedlings, a Study by Histochemical and Electron Microscopy / G. Tung, P. J. Temple // Sci. Total. Environ. – 1996. – Vol. 188. – P. 71-85.

555. Verbruggen, N. Mechanisms to cope with arsenic or cadmium excess in plants / N. Verbruggen, C. Hermans, H. Schat // Curr. Opin. Plant Biol. – 2009. – Vol. 12. – P. 364-372.

556. Welch, R. M. Effects of nutrient solution zinc activity on net uptake, translocation and roots export of cadmium and zinc by separated sections of intact durum wheat (Triticum turgidum L. var durum) seedling roots / R. M. Welch, J. J Hart, W. A Norvell [et al.] // Plant Soil. – 1999. – Vol. 208. – P. 243-250.

557. White, P. J. Studying calcium channels from the plasma membrane of plant root cells in planar lipid bilayers / P. J. White // Advances in planar lipid bilayers and liposomes. Eds. H. T. Tien, A. Ottova-Leitmannova. – Amsterdam, The Netherlands : Elsevier. – 2005. – Vol. 1. – P. 101-120.

558. Wierzbicka, M. Lead accumulation and its translocation in roots of Allium cepa L. – autoradiographic and ultrastructural studies / M. Wierzbicka // Plant Cell Environ. – 1987. – Vol. 10. – P. 17-26.

559. Wójcik, M. Cadmium uptake, localization and detoxification in Zea mays / M. Wójcik, A. Tukiendorf // Biol. Plant. – 2005. – Vol. 49. – P. 237-245.

560. Yang, X. E. Influx, transport and accumulation of cadmium in plant species grown at different Cd2+ activities / X. E. Yang, V. C. Baligar, D. C. Martens, R. B. Clark // J. Environ. Sci. Health. – 1995. – Vol. 30. – P. 569-583.

Алфавитно-предметный указатель

Б
Биогеохимические провинции 22
Биологически активные вещества (БАВ) 128
Г
Геохимическая аномали 19
Д
Детоксикация 21
Дожимные насосные станции (ДНС) 43
И
Инактивация 16, 17
К
Кларк 18, 23
Коэффициент концентрации 27
-опасности 97
-перехода (Кп) 100
Кусты скважин (КС) 43
М
Металлоаккумулирующая способность 19, 50
Микроэлементы (МЭ) 18, 50
О
Опал-кристабалитовая порода 136, 137
Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) 20, 25
П
Показатель биотичности элементов (ПБЭ) 100
Предельно-допустимая концентрация (ПДК) 20, 23
Р
Рекультивация 36
Ризофильтрация 37
С
Сельскохозяйственные угодья 65
Т
Тяжелые металлы (ТМ) 5
У
Установки первичной подготовки нефти (УППН) 43
Ф
Фертигация 145
Фитоволатилизация 38
Фитодеградация 37
Фиторемидиация 38
Фитостабилизация 38
Фитотоксичность 15, 18
Фитоэкстракция 37,40
Фоновое количество (ФОН) 60, 74
Э
Эколого-геохимическая дифференциация 51
Экстрагент 91, 138

Научное издание

Троц Наталья Михайловна
Прохорова Наталья Владимировна
Троц Василий Борисович
Ахматов Дмитрий Александрович
Чернякова Галина Игнатьевна
Горшкова Оксана Васильевна
Виноградов Дмитрий Валериевич
Костин Яков Владимирович

Тяжелые металлы в агроландшафтах Самарской области

Монография

Подписано в печать 6.12.2018. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 12,79, печ. л. 13,75.
Тираж 500. Заказ №340.
Отпечатано с готового оригинал-макета в редакционно-издательском отделе ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Л. Н. Жичкина, К. А. Жичкин

ЭКОНОМИКА ОТРАСЛЕЙ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Учебное пособие содержит сведения, необходимые для формирования профессиональных компетенций при подготовке магистров по направлению 35.04.04 Агрономия, и рекомендуется Научно-методическим советом по сельскому хозяйству для использования в учебном процессе

Кинель 2018

УДК 333с72(075)
ББК 65.9(2)325.1я7
Ж75

Рецензенты:
канд. экон. наук, проф., зав. кафедрой «Экономическая теория и экономика АПК» ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
А. А. Пенкин;
д-р экон. наук, проф., зав. кафедрой «Финансы и кредит» ФГБОУ ВО Оренбургского ГАУ
В. С. Левин

Жичкина, Л. Н.
Ж75 Экономика отраслей растениеводства : учебное пособие / Л. Н. Жичкина, К. А. Жичкин. – Кинель : РИО СГСХА, 2018. – 149 с.
ISBN 978-5-88575-490-3

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Экономика отраслей растениеводства». В пособии освещается народнохозяйственное значение растениеводства и основные факторы его развития, экономика производства зерна, кормов, технических культур, картофеля, овощных и бахчевых культур, плодов и ягод, винограда, грибов, цветов.

Предназначено для студентов аграрных вузов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, при проведении научных исследований, руководителям и специалистам сельскохозяйственных организаций.

УДК 333с72(075)
ББК 65.9(2)325.1я7

ISBN 978-5-88575-490-3

© Жичкина Л. Н., Жичкин К. А., 2018
© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важная отрасль российской экономики – сельское хозяйство. Рационально использовать и приумножать имеющиеся природные богатства – задача, стоящая перед всеми работниками сельского хозяйства.

В России сосредоточено 9% сельскохозяйственных угодий мира, 25% запасов пресной воды и только 2% населения планеты. В нашей стране достаточно ресурсов для обеспечения населения страны продовольствием, а также имеются все возможности продавать продукты питания другим странам.

Рыночные отношения предъявляют новые требования ко всем без исключения отраслям российского агропромышленного комплекса.

Повышение эффективности использования земельных, трудовых и материально-денежных ресурсов, улучшение качества продукции и роста доходности предприятий – важная проблема современного сельского хозяйства. Для обеспечения продовольственной безопасности страны важно эффективное функционирование агропромышленного комплекса.

Развитие сельского хозяйства определяет жизненный уровень и благосостояние населения: размер и структуру питания, среднедушевой доход, потребление товаров и услуг, социальные условия жизни.

В сельском хозяйстве действуют общие экономические законы, однако проявляются они с учетом специфических особенностей отрасли.

Наращивание объемов производства сельскохозяйственной продукции, рост производительности труда и повышение эффективности сельского хозяйства предполагает совершенствование подготовки высококвалифицированных кадров, поэтому в процессе подготовки кадров для аграрного сектора важная роль отводится изучению экономических дисциплин.

Экономические знания расширяют кругозор работников сельского хозяйства, позволяют проводить объективную оценку деятельности сельскохозяйственных предприятий и подразделений, способствуют выявлению и использованию резервов для успешного применения новых приемов и методов организации труда и передовой практики.

Цель учебного пособия «Экономика отраслей растениеводства» – помочь обучающимся в изучении закономерностей формирования и функционирования отраслей растениеводства.

Учебное пособие состоит из разделов, отражающих особенности отраслей растениеводства, дает возможность изучить теоретические основы экономических понятий, выявить их экономическую сущность, резервы и факторы увеличения производства и повышения эффективности отраслей растениеводства.

В процессе изучения данного учебного издания у обучающихся должны формироваться следующие компетенции:

– способность обосновывать задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных экспериментов;

– готовность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований;

– способность использовать инновационные процессы в агропромышленном комплексе при проектировании и реализации экологически безопасных и экономически эффективных технологий производства продукции растениеводства и воспроизводства плодородия почв различных агроландшафтов;

– способность обеспечить экологическую безопасность агроландшафтов при возделывании сельскохозяйственных культур и экономическую эффективность производства продукции.

1. НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ЕГО РАЗВИТИЯ

1.1. Значение растениеводства в экономике страны и факторы его развития

Растениеводство – основная отрасль сельскохозяйственного производства, включающая такие отрасли, как зерновое производство, льноводство, свекловодство, картофелеводство, овощеводство, садоводство, виноградарство, производство масличных и ряда других культур.

Человек пока научился использовать в той или иной мере примерно 5% видов растений, которые в настоящее время произрастают на нашей планете и отличаются большим разнообразием. Около 1500 введены в культуру, из них важное значение имеют 600 видов.

Народнохозяйственное значение растениеводства определятся тем, что оно обеспечивает человека практически всей продукцией растительного происхождения и является источником сырья для пищевой и перерабатывающей промышленности. В неразрывной связи с растениеводством находится отрасль животноводства, для которой растениеводство поставляет основные виды кормов.

В растениеводстве производится более 50% валовой продукции сельского хозяйства, примерно такая же доля и в выручке, получаемой от реализации сельскохозяйственной продукции.

Состояние земельного фонда. Землями сельскохозяйственного назначения считаются земли за границами населенных пунктов, представляемые для нужд сельского хозяйства или предназначенные для этих целей.

Сельскими угодьями признаются земельные угодья, систематически используемые для получения сельскохозяйственной продукции. Эти земли подлежат особой охране, и перевод их в другие категории допускается только в исключительных случаях. Распаханность сельскохозяйственных угодий составляет 60%.

По землеобеспеченности Россия стоит на третьем месте после Австралии и Канады. В России относительно низкая освоенность территории, так как значительная ее часть находится в районах

Крайнего Севера, а также в местностях с неблагоприятными климатическими условиями и низким естественным плодородием.

Площадь сельскохозяйственных угодий в составе всех категорий земель в 2015 г. составила 196,2 млн. га (50,9%) (табл. 1). Общая площадь земельного фонда в 2015 г. сократилась на 7,9 млн. га по сравнению с 2011 г.

Таблица 1

Состояние земельного фонда Российской Федерации (на начало года), млн. га

Наименование угодий	Годы				
	2011	2012	2013	2014	2015
Сельскохозяйственные угодья	196,1	196,3	196,2	196,2	196,2
Лесные площади	30,9	29,1	28,8	28,4	28,1
Лесные насаждения, не входящие в лесной фонд	19,3	19,3	19,2	19,2	19,2
Земли под дорогами	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Земли застройки	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Земли под водой	13,2	13,1	13,1	13,1	13,1
Земли под болотами	25,4	24,8	24,7	24,7	24,8
Другие земли	105,1	103,0	100,7	101,5	100,7
Итого	393,4	389,0	386,1	386,5	385,5

Сельскохозяйственные угодья России представлены различными по составу почвами: 43% – черноземы, 13 – каштановые, 12 – подзолистые и дерново-подзолистые, 12 – серые и бурые лесные, 7 – солонцы, солончаки, солоди, 5 – пойменные (аллювиальные), 2 – дерновые и дерново-карбонатные и 6% прочие.

Распределение сельскохозяйственных угодий по хозяйствующим субъектам приведено в таблице 2. Хозяйственные товарищества и общества в 2015 г. занимали площадь 59889,9 млн. га, или 51,1% от общей площади сельскохозяйственных угодий, производственные кооперативы – 44025,8 млн. га (37,6%), государственные и муниципальные унитарные сельскохозяйственные предприятия – 6263,6 млн. га (5,3%).

С 2011 г. произошло увеличение площадей сельскохозяйственных угодий в хозяйственных товариществах и обществах на 2703,3 млн. га. В производственных кооперативах, государственных и муниципальных унитарных сельскохозяйственных предприятиях, научно-исследовательских и учебных учреждениях и заведениях отмечалось уменьшение площади

сельскохозяйственных угодий на 7006,5, 894,9 и 121,9 млн. га соответственно по сравнению с 2011 г.

Таблица 2

Распределение сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации по землепользователям, млн. га

Наименование хозяйствующих субъектов, использующих землю	Годы				
	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйственные товарищества и общества	57186,6	58092,4	58884,8	59377	59889,9
Производственные кооперативы	51032,3	48984,8	47412,6	45789	44025,8
Государственные и муниципальные унитарные сельскохозяйственные предприятия	7158,5	6874,6	6618,7	6391	6263,6
Научно-исследовательские и учебные учреждения и заведения	1824,0	1799	1778,4	1743,3	1702,1
Подсобные хозяйства	1052,2	1024,1	996,1	977,5	958,6
Прочие предприятия, организации и учреждения	3748,3	3993	4027,2	4005,1	4146,4
Общинно-родовые хозяйства	16,2	16,1	16,1	16,1	16,1
Казачьи общества	92,9	93,8	98,5	92,4	88,6
Итого земель	122111	120877,8	119832,4	118391,4	117091,1

Сокращение площадей сельскохозяйственных угодий сопровождалось их деградацией. Ослабление государственного контроля привело к росту нарушенных земель и площадей техногенного загрязнения. Нарушение системы воспроизводства почвенного плодородия повлекло ухудшение их качественного состояния.

Преобразования, происходящие в аграрном секторе страны, характеризуются существенными изменениями в растениеводстве. Нарушение системы воспроизводства почвенного плодородия повлекло ухудшение их качественного состояния.

Растениеводство – сложная отрасль сельского хозяйства, где главным средством производства является земля.

Земля – основа сельского хозяйства, правильное ее использование приводит к возрастанию почвенного плодородия, от качества земли во многом зависит эффективность выращивания сельскохозяйственных культур.

По данным Департамента экономики и финансов МСХ РФ на 01.01.2014 г. общая площадь земель сельскохозяйственного

назначения, используемая предприятиями, организациями и гражданами, занимающимися сельскохозяйственным производством, составила 386,5 млн. га, из них площадь пашни – 115,1 млн. га, площадь, занятая многолетними насаждениями, – 1,2 млн. га, площадь сенокосов и пастбищ – 75,5 млн. га, площадь залежи – 4,4 млн. га. Структура сельскохозяйственных угодий в 2014 г. по сравнению с 2013 г. не изменилась (табл. 3).

Таблица 3

Состав и структура сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации на начало года (хозяйства всех категорий), млн. га

Виды угодий	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	
					млн. га	в % к итогу
Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения	400,0	393,4	389,0	396,1	386,5	100,0
Сельскохозяйственные угодья, всего	196,1	196,1	196,3	196,2	196,2	50,8
в т.ч. пашня	115,3	115,1	115,1	115,1	115,1	29,8
залежь	4,2	4,4	4,4	4,4	4,4	1,1
многолетние насаждения	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0,3
сенокосы	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	4,8
пастбища	56,8	56,8	56,9	56,9	56,9	14,7

С 2011 по 2015 гг. увеличились площади сельскохозяйственных угодий, используемые гражданами и объединениями граждан на 8% (5529,1 га).

Увеличение площадей использования сельскохозяйственных угодий произошло в основном за счет граждан, собственников земельных участков на 3096,5 млн. га, крестьянских (фермерских) хозяйств – на 1497,7 млн. га, индивидуальных предпринимателей, не образовавших крестьянские (фермерские) хозяйства – на 800,0 млн. га.

Отмечалось сокращение площадей у садоводов и садоводческих объединений на 5,8 млн. га, у огородников и огороднических объединений на 8,1 млн. га (табл. 4).

Таблица 4

Использование сельскохозяйственных угодий гражданами и объединениями граждан, млн. га

Наименование хозяйствующих субъектов, использующих землю	Годы				
	2011	2012	2013	2014	2015
Крестьянские (фермерские) хозяйства	21963,9	22400,8	22 516,4	22916,7	23461,6
Индивидуальные предприниматели, не образовавшие крестьянское (фермерское) хозяйство	1807,4	1938,3	2243,9	2451,9	2607,7
Личные подсобные хозяйства	6957,8	7050,1	7121,1	7209,7	7323,5
Граждане, имеющие служебные наделы	56,3	55,7	55,6	54,2	53,8
Садоводы и садоводческие объединения	1087,3	1089,7	1100,5	1107,4	1101,6
Огородники и огороднические объединения	284,9	283,9	285,1	281,6	273,5
Дачники и дачные объединения	44,2	54,1	69,7	75,1	75,1
Граждане, имеющие земельные участки, предоставленные для индивидуального жилищного строительства	514,7	526,2	541,8	550,4	555,4
Животноводы и животноводческие объединения	293,0	294,6	294,3	312,7	301,5
Граждане, занимающиеся сенокошением и выпасом скота	15211,1	15163,8	15144,1	15099,3	15165,9
Граждане, собственники земельных участков	7097,7	8041,9	8722,0	9492,5	10194,2
Собственники земельных долей	13347,3	13148,2	13168,4	13240,4	13080,9
Итого использовалось земель гражданами	68665,6	70047,3	71262,9	72791,9	74194,7

В структуре зерновых и зернобобовых культур отмечался рост доли ячменя, кукурузы, сорго, тритикале, зернобобовых культур.

В структуре технических культур возросла роль масличных культур на 1,7%, сократилась доля сахарной свеклы на 0,3%, картофеля – на 0,2%.

В структуре кормовых культур доля однолетних трав сократилась на 0,5%, многолетних трав – на 1,7%, кукурузы на корм – на 0,3%.

Структура посевных площадей овощей открытого грунта и бахчевых продовольственных культур не изменилась и составила 0,9 и 0,2% соответственно.

Таблица 5

Структура посевных площадей сельскохозяйственных культур в Российской Федерации на начало года (хозяйства всех категорий), %

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Вся посевная площадь	100	100	100	100	100	100
Зерновые и зернобобовые культуры	57,5	56,8	58,2	58,7	58,8	58,8
пшеница	35,4	33,3	32,3	32,1	32,2	33,8
рожь	2,3	2,0	2,0	2,3	2,4	1,6
ячмень	9,6	10,3	11,6	11,6	12,0	11,2
овёс	3,9	4,0	4,2	4,3	4,1	3,8
кукуруза	1,9	2,2	2,7	3,1	3,4	3,5
просо	0,7	1,1	0,6	0,6	0,6	0,8
гречиха	1,4	1,2	1,7	1,4	1,3	1,2
рис	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
сорго	0,03	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
тритикале	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
зернобобовые культуры	1,7	2,0	2,4	2,5	2,0	2,0
Технические культуры	14,5	15,4	14,8	15,4	15,6	16,0
лен-долгунец	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
сахарная свекла	1,5	1,7	1,5	1,2	1,2	1,3
масличные культуры	12,8	13,6	13,2	14,2	14,3	14,5
Подсолнечник на зерно	9,5	9,9	8,6	9,3	8,8	8,8
Картофель	2,9	2,9	2,9	2,7	2,7	2,7
Овощи открытого грунта	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Бахчевые продовольственные культуры	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Кормовые культуры	24,0	23,7	23,0	22,1	21,8	21,4
корнеплодные кормовые культуры	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
однолетние травы	6,2	6,4	6,2	5,9	5,8	5,7
многолетние травы	15,2	14,5	14,5	13,9	13,8	13,5
кукуруза на корм	2,0	2,1	1,8	1,8	1,8	1,7

В соответствии с почвенно-климатическими условиями в стране исторически сложились сельскохозяйственные районы по выращиванию отдельных групп культур, однако география их размещения постепенно меняется. В настоящее время практически нет ни одной республики или края в Российской Федерации, где бы не выращивались зерновые культуры. Сахарная свекла в последние годы стала возделываться в Уральском экономическом

районе, в Новосибирской и Омской областях, расширены границы выращивания подсолнечника и ряда других масличных культур. Благодаря работе селекционеров выведены новые скороспелые сорта сельскохозяйственных культур, что расширило границы их возделывания.

В 2015 г. во всех категориях хозяйств отмечается рост индексов производства продукции сельского хозяйства, по сравнению с 2010 г., в том числе растениеводства (табл. 6).

Таблица 6

Индексы производства продукции сельского хозяйства (в сопоставимых ценах, % к предыдущему году) по категориям хозяйств в Российской Федерации

Показатели	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства всех категорий						
Продукция сельского хозяйства	88,7	123,0	95,2	105,8	103,5	103,0
в том числе: растениеводства	76,2	146,9	88,3	111,2	104,9	102,9
Сельскохозяйственные организации						
Продукция сельского хозяйства	89,4	128,9	94,9	108,4	106,7	104,9
в том числе: растениеводства	71,9	160,0	81,7	112,8	107,2	102,6
Хозяйства населения						
Продукция сельского хозяйства	88,8	113,4	96,7	100,3	98,5	99,2
в том числе: растениеводства	80,4	130,8	97,0	105,3	100,3	101,0
Крестьянские (фермерские) хозяйства						
Продукция сельского хозяйства	83,9	150,9	89,2	118,4	110,4	108,7
в том числе: растениеводства	76,4	169,0	83,6	124,0	111,6	108,8

Формирование аграрного рынка с многоукладной экономикой во многом изменило структуру товаропроизводителей. В последние годы в объеме производства продукции растениеводства значительно возросла доля крестьянских (фермерских) хозяйств. Основное количество картофеля и овощей по-прежнему производят хозяйства населения, хотя доля их в валовых сборах по сравнению с 2010 г. снизилась и составила 77,6 и 67,0% (табл. 7).

На сельскохозяйственные организации приходится более 70% производства зерна и зернобобовых культур, 89% сахарной свеклы, 70,3% подсолнечника на зерно.

Таблица 7

Производство продукции растениеводства по категориям хозяйств в Российской Федерации, %

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Все сельскохозяйственные организации						
Зерновые и зернобобовые культуры	77,1	76,8	76,8	74,5	73,7	72,7
Волокно льна-долгунца	86,3	84,2	82,8	83,0	84,5	76,5
Сахарная свекла	88,7	86,4	87,6	89,6	89,2	89,0
Подсолнечник на зерно	73,0	71,6	72,1	70,5	70,1	70,3
Картофель	10,5	13,0	13,1	10,9	12,1	13,8
Овощи	17,1	19,7	17,1	16,3	16,5	17,9
Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели						
Зерновые и зернобобовые культуры	21,9	22,1	22,2	24,6	25,3	26,3
Волокно льна-долгунца	13,7	15,8	17,2	16,9	15,5	23,5
Сахарная свекла	10,9	13,1	12,0	9,9	10,3	10,6
Подсолнечник на зерно	26,4	28,0	27,4	29,1	29,4	29,3
Картофель	5,5	7,4	8,0	6,8	7,5	8,6
Овощи	11,4	13,7	13,8	14,3	13,6	15,1
Хозяйства населения						
Зерновые и зернобобовые культуры	1,0	1,1	1,0	0,9	1,0	1,0
Сахарная свекла	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4
Подсолнечник на зерно	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4
Картофель	84,0	79,6	78,9	82,3	80,4	77,6
Овощи	71,5	66,6	69,1	69,4	69,9	67,0

В правильном использовании земли большое значение имеет учет требований зональных систем ведения хозяйства. Составной частью системы ведения хозяйства является система земледелия, определяющая возможности использования земли.

Под системой земледелия понимается комплекс организационных и агротехнических мероприятий, направленных на повышение почвенного плодородия, защиту почв от водной и ветровой эрозии с целью последовательного увеличения производства растениеводческой продукции с единицы площади при снижении затрат труда и средств на единицу продукции.

По воздействию на почвенное плодородие различают:

- залежную систему (восстановление и повышение почвенного плодородия происходит за счет длительного «отдыха» земли под залежью);
- паровую (восстановление и повышение почвенного плодородия происходит за счет чистых паров);
- травопольную (посевы семян бобовых и злаковых трав обеспечивают повышение почвенного плодородия);
- плодосменную (плодородие почвы восстанавливается за счет широкого применения удобрений и посева бобовых культур).

В современных системах земледелия предусматривается повышение почвенного плодородия при интенсивном использовании земли.

Системы земледелия разработаны по зонам страны применительно к определенным природным и экономическим условиям и предусматривают улучшение структуры посевных площадей за счет расширения посевов наиболее интенсивных культур.

Основными элементами системы земледелия являются:

- система севооборотов;
- система обработки почвы;
- система мелиоративных мероприятий (орошение, осушение, химическая мелиорация (известкование кислых почв, гипсование солонцов);
- система удобрений;
- система семеноводства;
- система защиты растений;
- система мероприятий по борьбе с водной и ветровой эрозией;
- полезащитное лесоразведение;
- система организационно-экономических мероприятий.

Применение научно-обоснованных систем земледелия – одно из основных условий развития растениеводства в России. Только интенсификация отрасли позволит увеличить производство продукции растениеводства, так как резервы увеличения площади сельскохозяйственных угодий и особенно пашни ограничены.

Обширность территории РФ не позволяет использовать единую систему земледелия во всех регионах страны, так как в разных почвенно-климатических условиях значение отдельных элементов системы будет неодинаковым.

В районах засушливого климата большое значение придается орошению, лесонасаждению, мероприятиям по борьбе с ветровой эрозией; в условиях избыточного увлажнения, прежде всего, проводится осушение земель; в районах орошаемого земледелия и достаточного увлажнения важное значение имеет рациональное применение удобрений, а на засоленных почвах и почвах с повышенной кислотностью – химическая мелиорация.

Основой любой системы земледелия является система севооборотов, в которую входят полевые, овощные, лугопастбищные, прифермерские, почвозащитные и другие севообороты.

Научно-обоснованные севообороты улучшают водно-воздушный режим почвы, создают условия для внедрения рекомендуемой системы ее обработки, высокоэффективного применения техники, органических и минеральных удобрений, средств защиты растений. Рационально составленный севооборот дает возможность более равномерно использовать материальные и трудовые ресурсы предприятия в течение года.

Концентрация производства и специализация хозяйств на производстве определенных видов продукции вызвала необходимость внедрения севооборотов, в которых культуры, определяющие специализацию хозяйства, занимают значительный удельный вес.

По оценкам специалистов, рост урожайности в расчете на единицу площади обеспечивается на 50% в результате применения удобрений, на 25-30% – в результате применения более совершенной техники и технологии производства, на 20-25% – в результате внедрения достижений в области селекции и семеноводства.

За последние годы произошло незначительное увеличение внесения минеральных и органических удобрений. Так в 2015 г. было внесено минеральных удобрений 2,0 млн. т, органических – 64,2 млн. т. Больше всего минеральных и органических удобрений было внесено под картофель (табл. 8).

Повышение экономического эффекта от применения удобрений достигается при оптимальном их сочетании с другими факторами плодородия почвы.

Эффективность минеральных удобрений повышается при применении их в комплексе с органическими удобрениями, служащими не только источником питания для растений, но и

способствующими сохранению и улучшению структуры и химического состава почвы, повышению содержания гумуса.

Таблица 8

Применение минеральных и органических удобрений под посевы в сельскохозяйственных организациях по Российской Федерации

Показатели	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Внесено минеральных удобрений						
Всего, млн. т	1,9	2,0	1,9	1,8	1,9	2,0
на один гектар, кг:						
всей посевной площади	38	39	38	38	40	42
из нее:						
зерновых и зернобобовых культур (без кукурузы)	41	42	40	40	42	45
сахарной свеклы	276	268	272	260	255	274
льна-долгунца	50	48	42	38	28	33
подсолнечника	24	23	26	26	28	25
овоще-бахчевых культур	179	159	160	173	172	166
картофеля	263	279	244	268	306	328
кормовых культур	12	15	14	13	13	14
Удельный вес площади удобренной минеральными удобрениями во всей посевной площади, процентов	42	46	45	46	47	48
Внесено органических удобрений						
Всего, млн. т	53,1	52,6	54,2	55,7	61,6	64,2
на один гектар , т:						
всей посевной площади	1,1	1,0	1,1	1,1	1,3	1,3
из нее:						
зерновых и зернобобовых культур (без кукурузы)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2
сахарной свеклы	2,2	2,1	2,5	2,2	2,0	2,2
подсолнечника	0,5	0,5	0,7	0,6	0,7	0,9
овощных и бахчевых культур	3,7	3,6	3,1	3,7	2,8	3,6
картофеля	9,1	8,3	6,9	5,4	5,4	6,1
кормовых культур	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Удельный вес площади удобренной органическими удобрениями во всей посевной площади, процентов	7,5	7,3	7,6	7,5	8,2	8,4

В последние годы на небольших площадях проводят химическую мелиорацию земель сельскохозяйственного назначения. Так,

в 2015 г. было произвестковано 0,2 млн. га кислых почв. Гипсование солонцов было проведено на площади 1,1 млн. га (табл. 9).

Таблица 9

Проведение работ по химической мелиорации земель в сельскохозяйственных организациях по Российской Федерации

Показатели	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Произвестковано кислых почв, млн. га	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
Внесено известняковой муки и других известковых материалов: всего, млн. т	2,0	2,0	2,2	2,1	2,3	2,1
на один гектар, т	9,0	8,3	8,0	9,8	9,0	8,6
Проведено гипсование солонцовых почв, тыс. га	0,1	0,04	0,6	0,3	1,5	1,1
Внесено гипса, фосфогипса и других гипсосодержащих пород: всего, млн. т	0,7	0,2	2,3	2,2	10,0	3,2
на один гектар, т	7,6	4,0	4,0	6,5	6,7	2,8
Проведено фосфоритование кислых почв, тыс. га	3,7	2,3	3,1	18,0	23,2	16,8
Внесено фосфоритной муки:						
всего, млн. т	3,8	1,9	3,5	17,6	20,0	9,7
на один гектар, т	1,0	0,8	1,1	1,0	0,9	0,6

Значительная роль в сохранении урожая и повышении качества продукции принадлежит системе защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорных растений. Из 350 видов вредных организмов около 90 видов могут значительно снижать урожайность сельскохозяйственных культур. Ежегодный недобор урожая может достигать 30-50%.

Применение химических средств защиты растений (пестицидов) позволяет снижать потери урожая от вредителей, болезней и сорных растений.

Одним из средств воздействия на плодородие почвы является комплексная механизация. Так, в 2015 г. отмечалось сокращение основных видов техники в сельскохозяйственных предприятиях по сравнению с 2010 г. Парк тракторов сократился на 24,7%, зерноуборочных комбайнов – на 23,9%, кормоуборочных комбайнов – на 30% (табл. 10).

Таблица 10

Парк основных видов техники в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации, тыс. шт.

Виды техники	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Тракторы	310,3	292,6	276,2	259,7	247,3	233,6
Плуги	87,7	81,9	76,3	71,4	67,8	64,1
Культиваторы	119,8	114,1	108,7	102,2	97,8	93,2
Сеялки	134	123,6	115,4	107,5	100,7	93,6
Комбайны: зерноуборочные	80,7	76,6	72,3	67,9	64,6	61,4
кукурузоуборочные	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8
льноуборочные	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4
картофелеуборочные	2,9	2,8	2,7	2,6	2,4	2,3
кормоуборочные	20	18,9	17,6	16,1	15,2	14
Свеклоуборочные машины	3,2	3,1	2,8	2,5	2,4	2,2
Косилки	41,3	39,3	37,5	35,6	33,9	32,2
Пресс-подборщики	24,1	24,2	23,7	22,7	21,9	20,9
Жатки валковые	27	25,2	23,6	22,3	21,2	19,7
Дождевальные и поливные машины и установки	5,4	5,3	5,2	5,2	5,7	5,9
Разбрасыватели твердых минеральных удобрений	16,6	16,5	16,3	15,8	15,8	15,5
Машины для внесения в почву:						
твердых органических удобрений	6,5	6,1	5,6	5,2	5,1	4,8
жидких органических удобрений	3,9	3,8	3,7	3,6	3,7	3,6
Опрыскиватели и опыливатели тракторные	23,2	23,2	23,1	22,7	23,1	22,4

Сокращению парка тракторов и сельскохозяйственных машин в сельскохозяйственных организациях способствует высокий процент списания старой изношенной техники по сравнению с приобретением новой. По подсчетам специалистов обеспеченность хозяйств исправной техникой составляет менее 50% от технологически обоснованных норм. В 2015 г. на 1000 га пашни приходилось 3 трактора, это привело к тому, что нагрузка на 1 трактор составила 307 га. На 1000 га посевов приходилось 2 зерноуборочных комбайна, нагрузка на один зерноуборочный комбайн составила 422 га (табл. 11).

Таблица 11

Обеспеченность сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами по Российской Федерации

Показатели	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Приходится тракторов на 1000 га пашни, шт.	4	4	4	4	3	3
Нагрузка пашни на один трактор, га	236	247	258	274	290	307
Приходится комбайнов на 1000 га посевов (посадок) соответствующих культур, шт.: зерноуборочных	3	3	3	3	2	2
кукурузоуборочных	1	1	1	<0,1	<0,1	<0,1
картофелеуборочных	16	16	16	18	17	15
льноуборочных	24	18	16	15	16	14
свеклоуборочных машин	4	3	3	3	3	3
Приходится посевов (посадок) соответствующих культур на один комбайн, га: зерноуборочный	327	354	369	399	408	422
кукурузоуборочный	817	1115	1517	2008	2362	2008
картофелеуборочный	62	61	64	57	58	67
льноуборочный	42	54	64	66	64	70
свеклоуборочную машину	278	344	327	305	337	396

Рациональное применение машин способствует накоплению влаги в почве, регулированию воздушного и теплового режимов, борьбе с засоренностью полей, проведению сельскохозяйственных работ в оптимальные сроки, увеличению урожайности сельскохозяйственных культур.

Комплексная механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства значительно повышает производительность труда в растениеводстве, уровень рентабельности продукции.

Важная роль в системе земледелия отводится системе семеноводства, так как из-за низкого качества семян происходит значительный недобор сельскохозяйственной продукции.

Россия обладает самым богатым генетическим фондом растений, а селекционерами страны созданы и внедрены в производство сорта и гибриды, превосходящие по качеству зарубежные аналоги, приспособленные к почвенно-климатически условиям России.

Использование для посева высококачественных семян и гибридов позволит увеличить производства растениеводческой продукции.

1.2. Основные показатели экономической эффективности растениеводства

В современных условиях повышение эффективности отрасли растениеводства является одной из актуальных проблем дальнейшего ускорения развития сельского хозяйства.

Эффективность производства – это сложная экономическая категория, в которой отражаются действия экономических законов и проявляется важнейшая сторона деятельности предприятия – его результативность.

При характеристике экономической эффективности растениеводства используется система натуральных и стоимостных показателей.

Оценка экономической эффективности осуществляется с помощью стоимостных показателей:

- стоимости валовой продукции, суммы валового дохода и прибыли в расчете на 1 работника, занятого в отрасли, один потраченный человеко-час, 100 га сельскохозяйственных угодий, 100 руб. производственных основных фондов;
- суммы производственных затрат в расчете на 1 руб. стоимости продукции;
- уровня рентабельности произведенной, а также реализованной (товарной) продукции растениеводства в целом;
- нормы прибыли.

Сравнительная экономическая оценка производства отдельных видов продукции растениеводства, проводимая с целью выявления наиболее эффективных культур, проводится по натуральным и стоимостным показателям:

- урожайность сельскохозяйственных культур с 1 га;
- выход валовой продукции в натуральном и денежном выражении в расчете на 1 работника, 1 человеко-час и трудоемкость продукции;
- сумма производственных затрат в расчете на 1 га посевной площади культуры, на 1 ц продукции и 1 руб. стоимости валовой продукции;
- цена реализации 1 ц продукции;

- сумма прибыли в расчете на 1 га посевной площади данной культуры и на 1 ц продукции;
- уровень рентабельности производства продукции.

Натуральные показатели являются основой для расчета экономических показателей: стоимости валовой и товарной продукции, валового и чистого дохода, прибыли и рентабельности производства.

Валовая продукция (*ВП*) – это вся созданная за определенный период сельскохозяйственная продукция в денежном выражении, а товарная продукция – это реализованная продукция.

Валовой доход (*ВД*) – это разность между стоимостью валовой продукции и потребленными материальными затратами (*МЗ*):

$$ВД = ВП - МЗ.$$

Чистый доход (*ЧД*) – это разница между стоимостью валовой продукции (*ВП*) и всеми затратами на ее производство (*ПЗ*):

$$ЧД = ВП - ПЗ.$$

Размер чистого дохода можно определить и при вычитании из стоимости валового дохода (*ВД*) суммы на оплату труда (*ОТ*).

Различают созданный и реализованный чистый доход. Реализованная часть чистого дохода отвечает размеру прибыли предприятия:

$$ЧД = ВД - ОТ.$$

Прибыль как экономическая категория характеризует финансовый результат предпринимательской деятельности предприятия. Различают валовую прибыль, прибыль от реализации продукции и услуг, чистую прибыль. Прибыль от реализации продукции и услуг рассчитывают как разницу между выручкой от реализации продукции (*Вр*) и ее полной (коммерческой) себестоимостью (*Сп*):

$$П = Вр - Сп.$$

Себестоимость (*Сп*) определяется путем деления материальных затрат на 1 га на величину урожайности (*У*):

$$Сп = \frac{МЗ}{У}.$$

Обобщающим результатом экономической эффективности сельскохозяйственного производства является рентабельность. Уровень рентабельности (*Ур*) производства и реализации продукции рассчитывают как процентное отношение прибыли к полной (коммерческой) себестоимости продукции:

$$Ур = \frac{П}{Сп} \cdot 100,\% \cdot$$

Если производство убыточно (нерентабельно), то вместо уровня рентабельности с отрицательным знаком (уровня убыточности) целесообразно использовать показатель – уровень окупаемости затрат (*Оз*), представляющий собой отношение денежной выручки (*Вр*) к полной (коммерческой) себестоимости (*Сп*), выраженное в процентах:

$$Оз = \frac{Вр}{Сп} \cdot 100,\% \cdot$$

Перечисленные показатели используют при характеристике отраслей растениеводства.

Контрольные вопросы

1. Перечислите отрасли растениеводства.
2. Состав и структура сельскохозяйственных угодий Российской Федерации.
3. Особенности производства продукции растениеводства по категориям хозяйств.
4. Основные элементы системы земледелия.
5. Факторы развития отраслей растениеводства.
6. Обеспеченность сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами.
7. Натуральные и стоимостные показатели, характеризующие экономическую эффективность производства сельскохозяйственных культур.

2. ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА

2.1. Народнохозяйственное значение и развитие производства зерновых культур

Решающее значение для подъема всех отраслей сельского хозяйства имеет наращивание производства зерна. Зерновое хозяйство составляет основу растениеводства и всего сельскохозяйственного производства.

Анализируя динамику производства зерна можно отметить увеличение его производства в 2015 г. по сравнению с 2010 г. на 43,8 млн. т (табл. 12).

Таблица 12

Ресурсы и использование зерна (без продуктов переработки) в Российской Федерации, млн. т

Показатели	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ресурсы						
Запасы на начало года	69,5	51,7	59,0	43,1	52,6	60,2
Производство (валовой сбор в весе после доработки)	61,0	94,2	70,9	92,4	105,3	104,8
Импорт	0,4	0,7	1,2	1,5	0,9	0,7
Итого ресурсов	130,9	146,6	131,1	137,0	158,9	165,7
Использование						
Производственное потребление	20,4	20,9	20,5	20,0	21,0	21,6
в том числе:						
на семена	10,1	10,3	10,5	10,4	10,9	11,0
на корм скоту и птице	10,3	10,6	10,0	9,6	10,1	10,6
Переработано на муку, крупу, комбикорма и другие цели	43,9	47,4	43,8	44,5	46,4	48,8
Потери	0,9	0,9	1,1	1,2	1,0	1,0
Экспорт	13,9	18,3	22,5	19,0	30,1	30,7
Личное потребление (фонд потребления)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Запасы на конец отчетного периода	51,7	59,0	43,1	52,2	60,2	63,5

От уровня зернового хозяйства во многом зависит развитие остальных отраслей сельского хозяйства, удовлетворение

потребности населения не только в хлебе, но и в мясе, молоке и других сельскохозяйственных продуктах.

Зерно – ценный продукт питания. Непосредственно за счет продуктов переработки зерна (хлеб, мука, крупа) обеспечивается около 40% общей калорийности питания, почти 50% потребности в белках, 60% потребности в углеводах. В усредненном рационе питания доля муки, хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий составляет 40-45%.

Зерно служит сырьем для ряда отраслей пищевой, химической, текстильной винокуренной промышленности, является источником кормов для отрасли животноводства.

Зерно требуется для создания и обновления государственных хлебных ресурсов, а также является экспортным продуктом.

В последние годы зерно (в основном кукуруза, пшеница, рожь и ячмень) широко используется для производства биоэтанола – этилового спирта, получаемого в процессе переработки растительного сырья для использования в качестве биотоплива. Производство биоэтанола является альтернативным источником традиционных энергоресурсов.

Биоэтанол применяют в качестве добавки к бензину для повышения октанового числа и снижения расхода топлива. Во многих станах ведутся научно-исследовательские работы и разрабатываются технологические линии по выпуску биотоплива на основе разных растений (в качестве сырья могут использоваться травянистые растения, отходы сельского хозяйства и деревообрабатывающей промышленности).

Зерно, как сельскохозяйственная продукция, в экономическом отношении имеет ряд преимуществ. Оно хорошо хранится в сухом виде (усушка не более 3%), легко перевозится на большие расстояния, имеет высокую степень сыпучести. Все эти особенности зерна используются при строительстве элеваторов, зернохранилищ, а также при транспортировке и создании государственных запасов продовольствия и кормов.

В общем объеме потребления доля зерна, используемая для производственных целей, составляет 47-48%, доля кормового зерна – 35-36%.

Мировой рынок зерна контролируют 5 экспортеров США (28%), Канада (17%), Австралия (15%), ЕС (15%), Аргентина (11%), их доля в объеме мировой торговли зерном составляет

более 84%. Основными потребителями зерна являются регионы северной Африки и Ближнего Востока.

Россия занимает четвертое место по производству зерновых и зернобобовых культур. Ежегодно Россия часть зерна закупает в странах дальнего и ближнего зарубежья. Основными видами зерновых культур на мировом рынке являются пшеница, ячмень, овес, кукуруза, рис, гречиха, горох.

Все зерновые и зернобобовые культуры, выращиваемые в Российской Федерации, группируются по назначению: продовольственные и фуражные. В составе продовольственных культур выделяют хлебные (пшеница, рожь) и крупяные (гречиха, просо, рис), зернобобовые (горох, фасоль, соя и др.), в состав фуражных входят ячмень и овес.

Основной особенностью производства зерна в России является сочетание озимых и яровых культур. Эта особенность обусловлена двумя факторами. Во-первых, сравнительно невелик вегетационный период, в результате чего урожайность яровых культур в два раза ниже, чем озимых. Здесь следует учитывать, что это сочетание характерно для всего сельского хозяйства страны в целом, соотношение же между озимыми и яровыми культурами в разных экономических районах неодинаково – в многоснежных районах с длинной зимой и коротким летом преобладают озимые культуры. Сочетание возделывания озимых и яровых культур позволяет минимизировать риски, связанные с неблагоприятными условиями.

Пшеница – одна из ведущих продовольственных зерновых культур как в мире, так и в РФ. В России большая часть посевных площадей, занятых под зерновыми культурами, используется под пшеницу. Возделывают яровую и озимую пшеницу. Наиболее распространены посевы мягкой пшеницы. Зерно мягкой пшеницы служит сырьем для производства муки и выпекания хлеба, твердой – для производства макаронных изделий, отруби – для производства концентрированного корма, солома – на кормовые цели, подстилку.

Рожь относится к важнейшим хлебным культурам, особенно в районах с ограниченным возделыванием пшеницы. Широко используется для выработки муки и хлеба, как кормовая культура, для получения зерна и зеленой массы. Солому применяют на подстилку скоту.

Тритикале – пшенично-ржаной гибрид, обладающий высокой зимостойкостью, нетребовательностью к условиям произрастания и хорошим качеством зерна, имеет озимые и яровые формы. В основном используется на комбикорм.

Ячмень – основная зернофуражная культура (озимый и яровой), используемая в качестве концентрированного корма для различных сельскохозяйственных животных. Ячменная солома хороший грубый корм. Зерно используют также для продовольственных и технических целей (перловая, ячменная крупы, суррогат кофе, сырье для пивоваренной и спиртовой промышленности).

Овес – яровая культура. Незаменимый концентрированный и зеленый корм. Кормовая единица овса принята за эталон оценки кормовых единиц других культур. Зерно используют на продовольственные цели (крупа, толокно, мука для киселей и галет и др.).

Просо – зерновая продовольственная и фуражная культура. Из зерна вырабатывают крупу. Зерно в целом и размолотом виде и отходы (мучку, лузгу) используют на корм скоту и птице. Просяная солома и полова – ценный корм. Часто выращивают в качестве страховой культуры для пересева погибших посевов, а также в поукосных и пожнивных посевах. Возделывают на зеленый корм.

Сорго – важная кормовая, продовольственная и техническая культура, отличающаяся высокой засухоустойчивостью. Зерно используется для производства крупы, в крахмально-паточном и спиртовом производстве, хорошее сырье для комбикормов, производства биоэтанола. Из метелок и венчиков делают веники и щетки.

Кукуруза используется для продовольственных кормовых и технических целей. Из зерна можно получать различную крупу, крахмал, патоку, пиво, спирт, сахарный сироп, хлопья и палочки, пищевое масло, витамин Е. В последние годы большую популярность получили недозрелые початки, которые потребляются в отваренном или консервированном виде. Стебли кукурузы используют в качестве сырья для выработки бумаги, целлюлозы, искусственных смол. Стержни початков – для изготовления линолеума, клея, искусственной пробки, пластмассы и т.д. По урожайности занимает лидирующее положение среди зерновых культур.

Рис – теплолюбивое и влаголюбивое растение. Главный продукт питания почти для половины населения земного шара (Китай,

Индия, Япония, Индонезия, Вьетнам и др.). Из зерна вырабатывают крупы. Кроме того, можно получать муку, крахмал, спирт, пиво, фитин, витамин В и другие фармацевтические препараты. Из зародышей зерен получают рисовое масло, которое применяется в мыловарении и при производстве свечей. Отходы переработки рисового зерна идут на кормовые цели. Из рисовой соломы производят папирусную бумагу, летние шляпы, циновки и другие изделия.

Гречиха – ценная диетическая крупяная культура, в небольшом количестве из зерна вырабатывают муку, которая пригодна для приготовления блинов, лепешек, печенья. Отходы (лузгу) и солому используют на кормовые цели. Является ценным медоносом.

Зерновые бобовые культуры (горох, фасоль, соя, кормовые бобы, чечевица, люпин, чина, нут) – являются источником пищевого и кормового растительного белка. Делят на пищевые, кормовые, технические и универсальные. Семена зернобобовых культур используют для приготовления круп и муки, кондитерских изделий, консервантов, пищевых и кормовых концентратов. Из недозрелых семян и плодов многих бобовых изготавливают овощные консервы.

Горох возделывается на продовольственные и кормовые (измельченное зерно, полова, зеленая масса) цели. Недозрелые бобы используются в консервной промышленности.

Соя – важнейшая зернобобовая и масличная культура мирового земледелия. Она используется в качестве диетического продукта питания для диабетиков. Соевое масло применяют для изготовления маргарина, в мыловарении, глицериновом и лакокрасочном производстве, для выработки линолеума, клеенок, типографической краски и смазочных масел. Эта культура используется для изготовления желатина, лецитина и кондитерских изделий. Соевый жмых применяется на корм и в качестве примеси в хлебопечении, при изготовлении кондитерских изделий. Из целых семян и соевого жмыха делают соевое молоко, которое употребляется не только в свежем виде, но и в заквашенном для приготовления сырков, печенья и других продуктов; недозрелые семена можно использовать для производства консервов и соусов.

Фасоль считается самой ценной продовольственной культурой, так как семена ее имеют высокие вкусовые качества и очень

питательны. Зеленая масса сортов фасоли обыкновенной, которая выращивается в России, не используется в кормопроизводстве. Зеленая масса азиатских видов фасоли (маш, адзуки) считается пригодной для скармливания животным.

Чечевица относится к числу важнейших продовольственных культур. Крупносемянная чечевица в основном используется как пищевая культура, а мелкосемянная может применяться на кормовые цели для всех сельскохозяйственных животных. Размолотые семена считаются хорошим концентрированным кормом, а нежная зеленая масса с высоким содержанием протеина по качеству приближается к хорошему луговому сену.

Люпин занимает первое место среди всех зернобобовых культур по содержанию белка в семенах и зеленой массе (до 20%). Эта культура не могла долго использоваться для пищевых и кормовых целей из-за алкалоидов. В России в основном распространено использование культуры на кормовые цели. Считается одним из лучших сидератов в мире. Культура имеет большое значение в перерабатывающей промышленности, так как белок из семян используется для производства клея, лаков, пластмасс, искусственной шерсти и других материалов. Отходы при выделении белка (мезга) считаются хорошим кормом для животных. Некоторые формы люпина представляют интерес в качестве декоративных растений.

Нут – эта культура используется в консервной промышленности и на корм животным. Продовольственное значение имеют в основном белосемянные сорта. В связи с большим количеством яблочной и щавелевой кислот в стеблях и листьях нута зеленая и сухая масса животными (за исключением овец) не поедается.

Кормовые бобы выращиваются на кормовые и продовольственные цели. Для повышения питательности бобовая мука иногда примешивается к пшеничной. Бобовая солома питательнее овсяной, но грубее, поэтому перед скармливанием ее необходимо измельчать. Культура считается хорошим медоносом.

Чина – ценная кормовая и продовольственная культура. Сорта с крупными белыми семенами используются в пищу. Семена этой культуры применяются также в перерабатывающей промышленности для получения растительного казеина, применяемого при производстве тканей, фанеры, пластмассы. В животноводстве она идет в качестве концентрированного корма, но не рекомендуется

ее скармливать в больших количествах, так как могут возникнуть заболевания. Нежная зеленая масса и сено чины хорошо поедаются всеми сельскохозяйственными животными.

Состояние зернового хозяйства характеризуется размерами посевных площадей, валовыми сборами зерна и структурными сдвигами производства отдельных видов продукции.

2.2. Размещение и экономическая эффективность производства зерна

Возделывание тех или иных видов зерновых культур в целом по стране зависит от конкретных природно-экономических условий зон и регионов.

Злаковые растения являются культурами, наиболее приспособленными к произрастанию в различных почвенно-климатических условиях. Ареал их распространения – от северных районов с небольшим количеством тепла и бедными почвами до полупустынных районов с высокими температурами и засоленными почвами.

Сочетание озимых и яровых культур экономически целесообразно, поскольку оно позволяет скорректировать время посева и уборки продукции и тем самым смягчить сезонное использование труда и материальных ресурсов. Кроме того, озимые и яровые зерновые культуры подстраховывают друг друга и при неблагоприятных условиях для одних обеспечивают устойчивость валовых сборов зерна за счет других культур.

Современные системы земледелия производства зерновых и зернобобовых культур включают кроме традиционной и новые технологии (минимальную и нулевую обработки почвы). Системы минимальной и нулевой обработки почвы относятся к ресурсовлагосберегающим. Основными регионами их применения являются засушливые районы. Их применение требует специального набора техники. К преимуществам No-till технологий относят: сохранение почвенной влаги, уменьшение эрозии почвы и ее уплотнения, снижение затрат горюче-смазочных материалов, повышения эффективности использования труда.

В России в хозяйствах всех категорий на долю зерновых культур в стоимости сельскохозяйственной продукции в последнее десятилетие приходится 13,2-20,3%.

Таблица 13

Посевные площади сельскохозяйственных культур в Российской Федерации, тыс. га

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства всех категорий						
Зерновые и зернобобовые культуры	43194	43572	44439	45826	46220	46642
в том числе: пшеница	26613	25552	24684	25064	25277	26833
рожь	1762	1551	1558	1832	1875	1291
ячмень	7214	7881	8820	9019	9391	8885
овёс	2895	3046	3241	3324	3255	3045
кукуруза	1416	1716	2058	2450	2687	2771
просо	521	826	474	470	506	595
гречиха	1080	907	1270	1096	1008	957
рис	203	211	201	190	197	202
тритикале	165	226	233	251	251	251
сорго	20	104	55	152	177	224
зернобобовые культуры	1305	1553	1844	1979	1597	1588
Сельскохозяйственные организации						
Зерновые и зернобобовые культуры	32048	32114	32120	32644	32147	32052
из них: пшеница	19603	18763	17770	17825	17399	18391
рожь	1435	1297	1263	1435	1437	994
ячмень	5350	5786	6310	6382	6519	6052
овёс	2279	2344	2426	2424	2328	2095
кукуруза	1019	1216	1454	1709	1901	1915
просо	320	491	290	271	296	339
гречиха	637	515	739	617	550	524
рис	180	183	179	170	173	177
сорго	15	71	36	87	123	157
зернобобовые культуры	1058	1240	1446	1508	1222	1199
Хозяйства населения						
Зерновые и зернобобовые культуры	491	516	535	464	584	531
из них: пшеница	223	228	251	190	253	229
ячмень	129	140	147	128	191	165
овёс	55	61	55	59	57	55
кукуруза	66	67	64	64	64	65

Зерновые культуры занимают более половины посевных площадей страны. Площадь зерновых культур: пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы, проса, гречихи, риса, тритикале, сорго существенно изменяется в зависимости от региона возделывания.

Посевные площади зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий в 2015 г. составили 46642 тыс. га, наибольшую площадь занимали посевы пшеницы (26833 тыс. га), ячменя (8885 тыс. га) и овса (3045 тыс. га) (табл. 13).

В сельскохозяйственных организациях посевы зерновых и зернобобовых культур в 2015 г. занимали 32052 тыс. га, в хозяйствах населения – 531 тыс. га. В хозяйствах населения возделываются только зерновые культуры в 2015 г. посевы пшеницы занимали 229 тыс. га, ячменя – 165 тыс. га, овса – 55 тыс. га, кукурузы – 65 тыс. га.

В общей структуре посевных площадей отмечается сокращение посевных площадей, занятых рожью. В хозяйствах всех категорий посевная площадь ржи в 2015 г. сократилась по сравнению с 2010 г. на 26,7%, в сельскохозяйственных организациях – на 30,7%. Очевидно определяющим фактором стало снижение спроса на рожь всех категорий потребителей. Это привело к тенденции перераспределения посевных площадей в пользу озимой пшеницы.

В структуре посевных площадей в хозяйствах всех категорий в 2015 г. зерновые и зернобобовые культуры составляли 58,8%. Отмечалось увеличение доли пшеницы, кукурузы, проса по сравнению с предыдущим годом (табл. 14).

Таблица 14

Структура посевных площадей РФ по видам зерновых и зернобобовых культур
(в хозяйствах всех категорий; % от всей посевной площади)

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Зерновые и зернобобовые культуры	57,5	56,8	58,2	58,7	58,8	58,8
пшеница	35,4	33,3	32,3	32,1	32,2	33,8
рожь	2,3	2,0	2,0	2,3	2,4	1,6
ячмень	9,6	10,3	11,6	11,6	12,0	11,2
овёс	3,9	4,0	4,2	4,3	4,1	3,8
кукуруза	1,9	2,2	2,7	3,1	3,4	3,5
просо	0,7	1,1	0,6	0,6	0,6	0,8
гречиха	1,4	1,2	1,7	1,4	1,3	1,2
рис	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
сорго	0,03	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
тритикале	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
зернобобовые культуры	1,7	2,0	2,4	2,5	2,0	2,0

Основными производителями зерновых и зернобобовых культур являются сельскохозяйственные организации (72,7%), на долю крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей приходится 26,3%, на хозяйства населения – 1% (рис. 1).

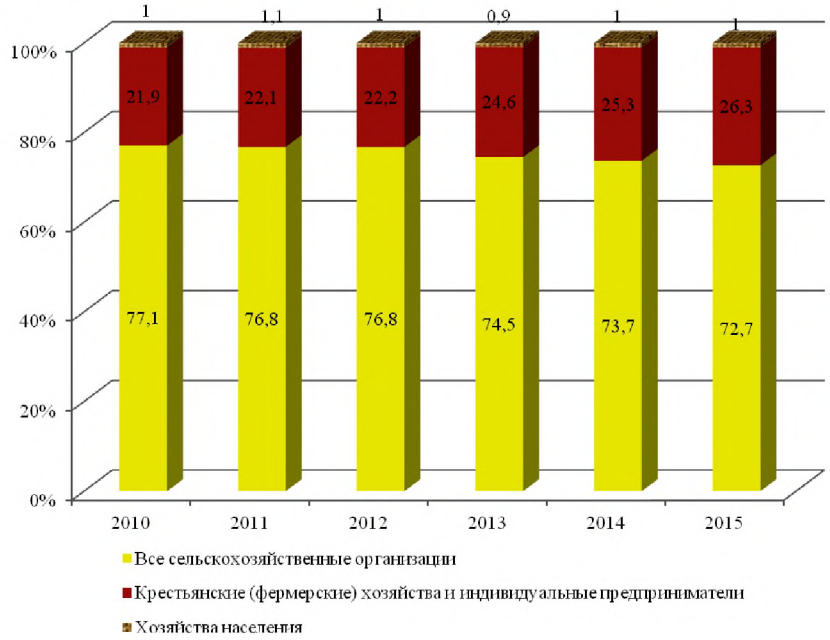


Рис. 1. Структура производства зерновых и зернобобовых культур по категориям хозяйств в РФ (% от общего объема производства)

Можно отметить снижение доли сельскохозяйственных организаций в структуре посевных площадей в 2015 г. на 5,5% по сравнению с 2010 г. и увеличение доли крестьянских (фермерских) хозяйств (рис. 2).

В среднем урожайность зерновых и зернобобовых культур в 2015 г. в хозяйствах всех категорий составила 23,7 ц/га, в сельскохозяйственных организациях – 25,0 ц/га, что 0,4 ц/га ниже, чем в 2014 г. (табл. 15).

Повышение урожайности в 2015 г. по сравнению с 2014 г. отмечалось у кукурузы на зерно (на 5,7 ц/га), проса (на 0,6 ц/га), гречихи (0,2 ц/га), риса (2,2 ц/га), зернобобовых культур (1,3 ц/га) в хозяйствах всех категорий.

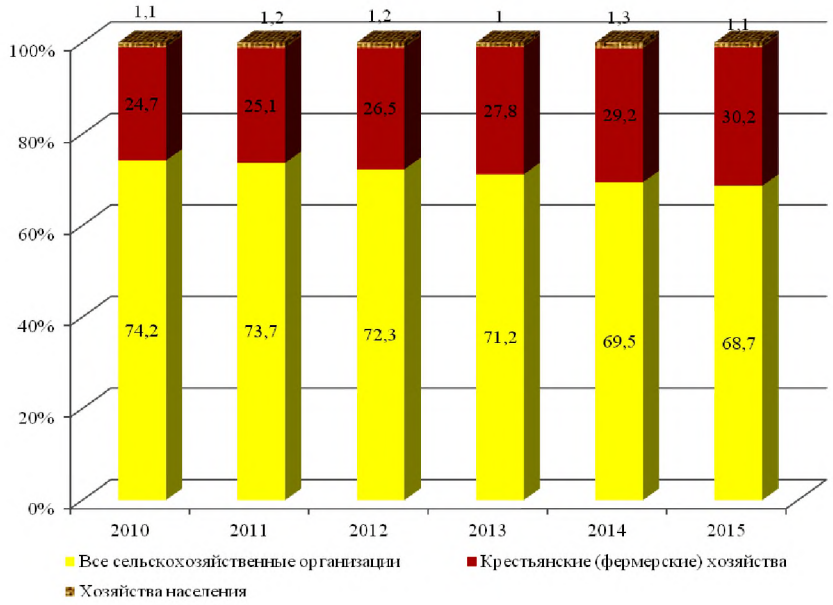


Рис. 2. Структура посевных площадей зерновых культур по категориям хозяйств по РФ (% от посевных площадей в хозяйствах всех категорий)

В сельскохозяйственных организациях урожайность кукурузы на зерно в 2015 г. повысилась на 7,5 ц/га, проса – на 0,9 ц/га, гречихи – на 0,5 ц/га, риса – на 2,3 ц/га, зернобобовых культур – на 1,4 ц/га по сравнению с 2014 г.

Валовой сбор зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий в 2015 г. составил 104786 тыс. т, в хозяйствах населения – 1089 тыс. т (табл. 16). Снижение урожайности по ряду зерновых культур привело к снижению валовых сборов этих культур.

В 2015 г. в хозяйствах всех категорий было произведено 61786 тыс. т пшеницы, 2087 тыс. т ржи, 17546 тыс. т ячменя, 4536 овса, 13173 тыс. т кукурузы на зерно, 572 тыс. т проса, 861 тыс. т гречихи, 1110 тыс. т риса, 565 тыс. т тритикале, 194 тыс. т сорго, 2357 тыс. т зернобобовых культур.

Таблица 15

Урожайность зерновых и зернобобовых культур по РФ, ц/га

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
В хозяйствах всех категорий						
Зерновые и зернобобовые культуры	18,3	22,4	18,3	22,0	24,1	23,7
пшеница	19,1	22,6	17,7	22,3	25,0	23,9
рожь	11,9	19,5	15,0	18,9	17,7	16,7
ячмень	16,8	22,0	18,2	19,2	22,7	21,3
овес	14,4	18,2	14,1	16,4	17,1	16,0
кукуруза на зерно	30,0	43,4	42,4	50,1	43,6	49,3
просо	7,8	13,9	9,9	11,8	12,3	12,9
гречиха	5,9	9,5	7,7	9,2	9,3	9,5
рис	52,8	50,9	54,9	49,5	53,6	55,8
тритикале	17,6	23,5	20,8	24,1	26,4	23,1
зернобобовые культуры	13,9	16,7	12,9	12,1	14,6	15,9
В сельскохозяйственных организациях						
Зерновые и зернобобовые культуры	19,0	23,3	19,3	23,1	25,4	25,0
пшеница	20,0	23,5	18,7	23,4	26,6	25,2
рожь	12,3	19,9	15,2	19,4	17,5	17,2
ячмень	17,9	23,1	19,6	20,3	24,3	22,5
овес	14,9	18,6	14,7	16,9	17,6	16,6
кукуруза на зерно	28,9	44,7	43,5	51,9	43,9	51,4
просо	8,6	14,6	10,9	12,6	12,7	13,6
гречиха	6,1	10,0	7,9	9,6	9,5	10,0
рис	53,3	51,8	55,5	50,3	54,2	56,5
зернобобовые культуры	14,2	17,4	13,6	12,6	15,3	16,7

В хозяйствах населения валовой сбор увеличился как в целом по группе зерновых и зернобобовых культур, так и по отдельным культурам (по пшенице на 11 тыс. т, по овсу на 3 тыс. т, по кукурузе на зерно на 8 тыс. т, по группе культур на 10 тыс. т). Исключение составил ячмень, валовой сбор ячменя в 2015 г. снизился на 9 тыс. т по сравнению с 2014 г.

Таблица 16

Валовые сборы зерновых и зернобобовых культур по РФ, тыс. т

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства всех категорий						
Зерновые и зернобобовые культуры	60960	94213	70908	92385	105315	104786
пшеница	41508	56240	37720	52091	59711	61786
рожь	1636	2971	2132	3360	3281	2087
ячмень	8350	16938	13952	15389	20444	17546
овес	3220	5332	4027	4932	5274	4536
кукуруза на зерно	3084	6962	8213	11635	11332	13173
просо	134	878	334	419	493	572
гречиха	339	800	797	834	662	861
рис	1061	1056	1052	935	1049	1110
тритикале	249	523	464	582	654	565
сорго	9	60	45	172	220	194
зернобобовые культуры	1371	2453	2174	2037	2196	2357
Хозяйства населения						
Зерновые и зернобобовые культуры	636	1076	734	784	1079	1089
из них: пшеница	214	416	232	237	378	389
ячмень	143	271	199	208	353	344
овёс	52	101	56	76	74	77
кукуруза на зерно	205	256	219	233	242	250

В 2015 г. было реализовано 74824 тыс. т зерновых культур в хозяйствах всех категорий, что на 1265 тыс. т больше, чем было реализовано в 2014 г.

Товарность зерновых культур в 2015 г. в хозяйствах всех категорий составила 71,4%, что на 1,6% больше, чем в 2014 г. (рис. 3). В сельскохозяйственных организациях товарность зерновых культур составила 73,2%.

Индекс производства зерна в хозяйствах всех категорий в 2015 г. снизился до 99,5% (рис. 4).

Основными регионами РФ, производящими зерно, являются Краснодарский, Ставропольский, Алтайский края и Ростовская область. Значительную долю занимают Республика Татарстан, Омская, Воронежская, Волгоградская и Новосибирская области.



Рис. 3. Реализация основных продуктов растениеводства в хозяйствах всех категорий и товарность зерновых культур

Аргументирующим обстоятельством при выборе основной культуры, которую предполагается выращивать, являются природно-климатические условия и эффективность возделывания культуры в данном регионе.

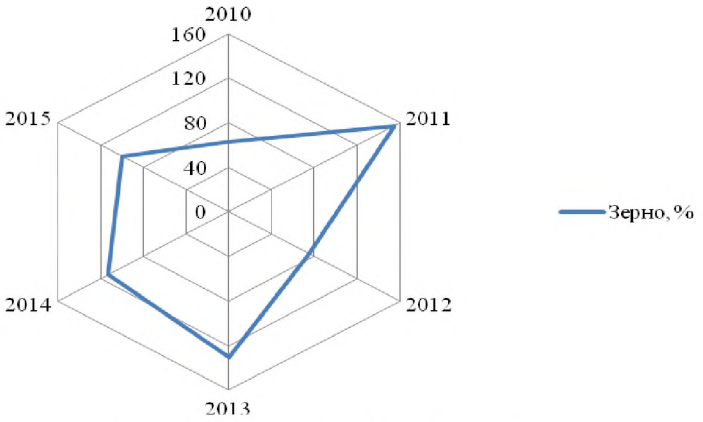


Рис. 4. Индексы производства зерна в РФ

В зерновом подкомплексе занят каждый пятый работник агропромышленного комплекса, в зерновом производстве каждый седьмой работник сельскохозяйственных организаций. В выручке, получаемой от реализации продукции растениеводства, на долю зерна приходится более 50%. Возделывание зерновых культур для большинства хозяйств является не только стабильным источником дохода, но и возможностью обеспечить преобладающую часть потребности в концентрированных кормах, соломе.

Основными зернопроизводящими федеральными округами в Российской Федерации являются Южный (29,7% валового сбора), Приволжский (22,4%), Центральный (22,2%) и Сибирский (18,9%).

Главными стратегическими направлениями развития зерновой отрасли являются энергоресурсосбережение и экологическая безопасность с достижением и стабилизацией необходимых объемов продовольственного и кормового зерна высокого качества.

Эффективность производства зерна характеризуется системой показателей. Среди натуральных показателей главным является урожайность зерновых культур и производство зерна на единицу площади пашни (рис. 5). Основными путями повышения экономической эффективности производства, переработки и использования продовольственного и фуражного зерна являются:

- повышение урожайности всех видов зерновых и зернобобовых культур;
- оптимизация структуры производства зерна;
- создание специализированных сырьевых зон вокруг предприятий, работающих на продовольственном и фуражном зерне;
- создание научно обоснованной материально-технической базы для выпуска высококачественной конечной продукции при минимальных затратах труда и средств;
- освоение без- и малоотходных технологий переработки зерна в готовые виды продукции, снижение материалоемкости производства, максимальная ориентация на реконструкцию и модернизацию уже действующих предприятий;
- развитие прямых связей с поставщиками сырья и потребителями готовой продукции;
- совершенствование структуры производства продукции в сторону роста наиболее качественной;
- выбор наиболее выгодных каналов реализации;

- развитие фирменной торговли, свободных товарно-денежных отношений и конкуренции на основе функционирования разных форм собственности и предпринимательской деятельности.

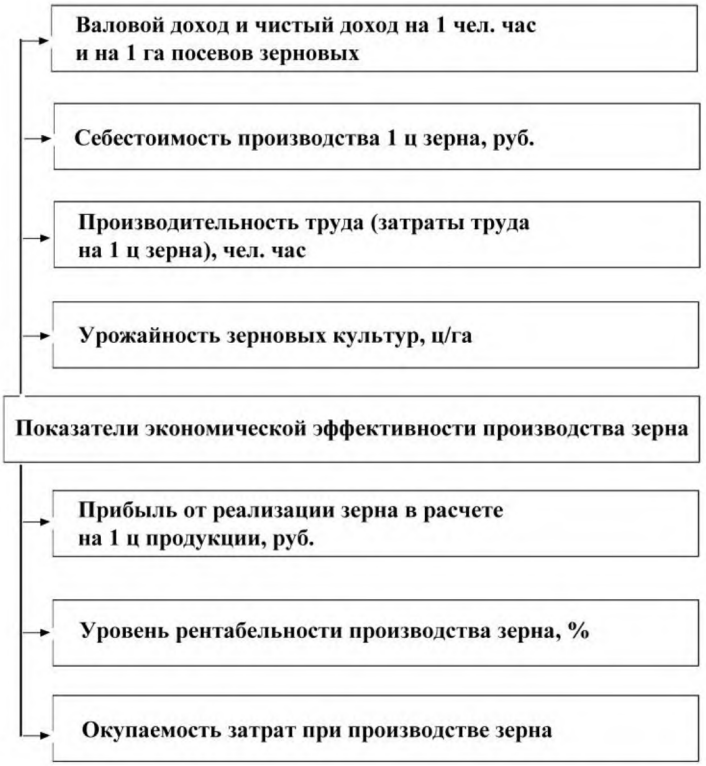


Рис. 5. Показатели экономической эффективности производства зерна

Повышение урожайности зерновых культур – основной путь увеличения производства зерна и его заготовок.

Существенными факторами, влияющими на урожайность зерновых культур, являются:

- внедрение высокоурожайных районированных сортов интенсивного типа с заданными параметрами качества зерна;
- внедрение интенсивных ресурсосберегающих технологий;
- сокращение потерь на всех стадиях производства и переработки зерна и др.

Повышение качества – важный фактор роста эффективности производства зерна. Высокие требования, предъявляемые к качеству зерна, определяются особой ценностью этого продукта питания, необходимостью его длительного хранения. Одним из резервов повышения качества является продажа зерна, соответствующего по влажности и содержанию сорной примеси требуемым кондициям.

Выращивание зерновых культур по интенсивным технологиям предусматривает размещение их по лучшим предшественникам, внесение научно-обоснованных доз органических и минеральных удобрений, применение интегрированной системы защиты растений от вредителей, возбудителей болезней и сорных растений, комплексную механизацию всех технологических процессов, рациональную организацию труда.

Использование интенсивных факторов производства увеличивает материально-денежные и трудовые затраты в расчете на 1 га посевов, однако за счет существенного повышения урожайности затраты труда и материальных средств на единицу продукции снижаются. Повышение качества зерна, а, следовательно, продажа его по более высоким ценам, оказывает влияние на конечные результаты производства – возрастает прибыль и рентабельность отрасли.

Главный технологический прием сберегающего земледелия – полное исключение всех видов обработки. По необработанному полю при сохранении стерни и равномерно разбросанной измельченной соломе проводится прямой посев. Внедрение новых ресурсосберегающих технологий в Самарской, Орловской, Липецкой и других областях России показало их высокую эффективность. Отмечается экономия горюче-смазочных и других материалов в 2-3 раза, трудоемкость выполняемых работ снижается в 2-2,5 раза. Кроме того, снижается зависимость от погодных условий в результате эффективного влагосбережения, улучшается структура почвы, предотвращается ветровая и водная эрозия. Технологии рассчитаны на использование новых высокоурожайных низкостебельных сортов, применение органических и минеральных удобрений, современных высокоэффективных средств защиты растений, техническое переоснащение сельскохозяйственных организаций.

Резервом производства зерна является сокращение потерь, имеющих место на всех стадиях его производства и переработки.

В зависимости от районов выращивания недобор урожая озимой пшеницы при отклонении сроков посева от оптимальных в ту или иную сторону на пять дней составляет 4-8%, на десять дней – 8-13%. По яровым культурам при запаздывании сроков посева на пять дней потери зерна составляют 4-11%, на десять дней – 11-30%. При уборке потери зерна возможны из-за затягивания сроков (от осыпания, полегания хлебов на 1,5-2,5 ц/га) и из-за плохого вымолота (сырая погода, несовершенство комбайна). В среднем потери урожая при уборке составляют 10-15%. При дождливой погоде ухудшается качество зерна и соломы. Одной из причин, затягивающих сроки уборки, является нехватка зерноуборочных комбайнов и их довольно низкая производительность.

На потери при уборке влияет влажность зерна. Уже при влажности более 20% часть зерна не вымолачивается, при 30% уборку следует прекращать, однако в хозяйствах убирают зерновые при влажности 15-35%. При этом теряется полова, которая по кормовой ценности приравнивается к сену. Потери убранного зерна возможны от травмирования его при очистке, самосогревания, прорастания, повреждения вредителями. Поэтому важно правильно организовать послеуборочную доработку и хранение зерна.

Для перевода всех процессов послеуборочной обработки и хранения зерна на промышленную технологию необходимо иметь достаточное количество элеваторов, оснащенных высокопроизводительным зерносушильным оборудованием.

Одним из резервов потребления зерна является оснащение мельзаводов современным оборудованием. Так, из одной тонны пшеницы при разных технологиях производства выход продукции (муки) составляет 20-40% и даже 48%. Повсеместно необходимо переходить на бестарную перевозку муки машинами-муковозами, так как потери муки при перевозке ее в мешках составляют 120 и более грамм на мешок.

На зерно, покупаемое для государственных нужд, устанавливается гарантированный уровень закупочных цен. Остальное зерно реализуется по договорным ценам. Цены дифференцируются в зависимости от качества зерна. По пшенице они определяются с учетом содержания белка и клейковины. Сильная пшеница содержит клейковины 28% и более и не менее 14% белка. Она относится к

первой группе качества. Основное назначение сильных пшениц – улучшение слабых. При выпечке хлеба из смеси сильных и слабых пшениц повышается его выход и качество.

Ценные пшеницы используют при хлебопечении в основном в чистом виде, они обладают отличными хлебопекарными качествами. Как улучшатели слабых пшениц они не эффективны. Содержание клейковины в них 23-27%, белка – 11-12%. Слабые пшеницы в чистом виде не пригодны для хлебопечения, к ним необходима добавка 20-50% зерна сильных пшениц.

Большое экономическое значение имеет увеличение производства пшеницы твердых и сильных сортов, составляющих основу продовольственного фонда.

При увеличении в рационе питания человека продуктов животноводства возрастает потребность в фуражном зерне, производство которого в настоящее время отстает от потребностей животноводства.

Для обеспечения фуражным зерном регионов, специализирующихся на производстве животноводческой продукции, в России должен быть сформирован рынок фуражного зерна.

Для повышения эффективности и рационального использования зерна страна должна иметь развитую комбикормовую промышленность. Для восполнения белкового дефицита необходимо в фуражном балансе увеличить долю зернобобовых культур. Чтобы снизить общий расход зерна на кормовые цели, необходимо шире использовать зернобобовые культуры, в семенах которых содержание белка в 1,5-3,0 раза выше, чем у злаковых культур.

Контрольные вопросы

1. Современное состояние и тенденции развития производства зерна.
2. Народнохозяйственное значение зерновых и зернобобовых культур.
3. Основные факторы развития производства зерна.
4. Экономика производства зерновых культур.
5. Основные показатели, характеризующие экономическую эффективность возделывания зерновых культур.
6. Роль производства зерна в формировании продовольственных и кормовых ресурсов страны.
7. Основные направления повышения эффективности производства, переработки и использования зерна.

3. ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРМОВ

3.1. Значение кормовой базы в развитии животноводства

Одной из главных задач кормопроизводства остается ликвидация несбалансированности кормовых рационов животных по белку, что требует расширения посевов многолетних трав, однолетних бобовых травосмесей, увеличение посевов бобовых трав и их смесей, увеличение посевов скороспелых гибридов кукурузы, увеличение производства высокобелкового сырья (жмыха, шротов, животных кормов и др.), а также высокобелковых кормовых добавок.

Корма и кормовые добавки, поступающие в животноводство, являются одним из основных элементов его материально-технической базы и (как структурный ее элемент) представляют собой кормовую базу животноводства.

Чем выше качество, ниже стоимость и оптимальнее структура кормов и кормовых добавок, тем крепче кормовая база животноводства.

Кормовая база – объем, структура и качество кормов, источники получения, система производства и организация их использования.

Обеспечение хорошо организованной и устойчивой кормовой базы является главным условием развития животноводства, повышения его продуктивности и качества продукции. От рациональной организации, объемов и качества производства кормов зависят перспективы модернизации и интенсификации всех отраслей животноводства.

Критерием рациональной организации кормовой базы является соблюдение следующих принципов:

- соответствие ее зональным экономическим и природным условиям;
- сбалансированность рационов и равномерность обеспечения кормами на основе сочетания использования естественных пастбищ с полевым и культурным лугопастбищным кормопроизводством;

- максимальная экономическая эффективность, обеспечиваемая оптимальным удовлетворением потребности животных и птицы в полноценных кормах при минимальных затратах труда и средств.

Установление рациональной организации кормопроизводства и кормоиспользования на современном этапе зависит от решения большого числа технологических, организационных и социально-экономических проблем. Важность и срочность решения этих проблем обуславливается обострением существовавших и ранее в отрасли животноводства диспропорций между наличием и потребностями животноводства в кормах.

Корма – продукты растительного и животного происхождения, а также минеральные вещества, употребляемые для кормления сельскохозяйственных животных.

Они обеспечивают животных энергией и питательными веществами, необходимыми для поддержания жизнедеятельности организма, его роста и производства продукции. Корма должны содержать питательные вещества в усвояемой форме, хорошо поедаться животными, не оказывать на организм вредного влияния, и по своим физико-химическим свойствам соответствовать анатомо-морфологическим особенностям животных.

По составу корма подразделяются на три группы:

- растительного происхождения;
- животного происхождения;
- минеральные корма.

Растительные корма делятся на следующие виды:

- зеленые (трава пастбищ и зеленая масса для подкормки);
- сочные (силос, корнеплоды, картофель и др.);
- грубые (сено, солома, сенаж);
- концентрированные (зерно и зернопродукты, комбикорма, жмыхи, шроты и т.д.).

Соотношение различных видов кормов в хозяйстве по их питательной ценности называют структурой кормовой базы. В настоящее время основу кормовой базы животноводческих хозяйств России составляют растительные корма: содержащие много клетчатки – грубые, богатые углеводами и витаминами – сочные, протеином – концентрированные.

Питательность кормов зависит от многих факторов. Наибольшее значение имеют условия произрастания растений (климат, почва, удобрения, агротехника), сорта растений, фазы их раз-

вития и погодные условия при которых производится уборка; способы уборки и хранения; уровень химизации; комплексной механизации и автоматизации производственных процессов в отрасли кормопроизводства; уровень материальной и моральной заинтересованности ее работников в увеличении производства, повышении качества и снижении себестоимости кормов.

Корма животного происхождения (молоко и его отходы – обрат, сыворотка, пахта, а также рыбная, мясная, костная мука и др.), характеризующиеся высоким содержанием полноценного белка, минеральных веществ и хорошей усвояемостью организмом, применяются главным образом при выращивании молодняка или в качестве добавок.

Из *минеральных кормов* самостоятельно или в качестве добавок к основным кормам используются преимущественно поваренная соль, мел и некоторые другие. Поскольку наилучшим образом животными усваиваются минеральные соли, потребляемые путем слизывания, то организуются поставки различных по составу и размерам камней или брикетов.

Источниками получения кормов внутри хозяйства являются естественные угодья, полевое кормопроизводство, побочная продукция растениеводства, пищевые отходы. Покупными являются недостающая часть вышеперечисленных кормов, а также отходы промышленности, белково-витаминные, минеральные добавки и премиксы.

Кормовые культуры – растения, выращиваемые для скармливания сельскохозяйственным животным. В их состав входят зернофуражные, зернобобовые, полевые и луговые травы, кормовые корне- и клубнеплоды, силосные культуры и т.п.

Под рациональным типом кормопроизводства понимают научно обоснованную систему организационно-хозяйственных и технологических мероприятий, обеспечивающих эффективное производство, переработку и хранение кормов, соответствующих поголовью животных или птицы, как по качеству, так и по составу питательных веществ.

На организацию кормопроизводства решающее влияние оказывает обеспеченность хозяйства обрабатываемыми землями и пастбищами. Наряду с использованием естественных пастбищ, сохраняется важное значение кормов, получаемых в полевых севооборотах в виде зернофуража, сочных и грубых кормов.

В тесной взаимосвязи и взаимообусловленности с организацией кормопроизводства находятся типы кормления. Под типом кормления понимают удельный вес групп кормов по их питательной ценности в рационе животного или птицы в определенный промежуток времени. Типы кормления в хозяйстве определяются для каждого вида и группы животных.

Рациональное использование кормов предполагает, прежде всего, обеспечение в структуре кормового рациона необходимого соотношения кормовых единиц и переваримого протеина (на каждую кормовую единицу требуется 10-110 г переваримого протеина), а также минеральных веществ и витаминов.

Под структурой рациона понимается соотношение различных видов кормов в рационе, выраженное в процентах к их суммарной питательной ценности.

Для каждого хозяйства необходима разработка собственной системы нормированного полноценного кормления животных с учетом их продуктивности, возрастных и физиологических особенностей.

Современная аппаратура позволяет оперативно отслеживать качество и химический состав кормов, вести контроль за полноценностью кормления по биохимическому составу крови животных.

Наиболее рациональным является тот тип кормления, который обеспечивает потребность животных в питательных веществах с наименьшими затратами труда и средств на кормопроизводство и требует минимальной кормовой площади в расчете на единицу животноводческой продукции.

В настоящее время, типы кормопроизводства и использования кормов существенно различаются по отраслям животноводства и внутри отрасли – по отдельным предприятиям – в зависимости от особенностей зональной специализации, преобладающих систем земледелия и финансового состояния их владельцев.

В целом, в скотоводстве и овцеводстве в структуре рациона преобладают зеленые, грубые и сочные корма, а концентрированные – не более 15-20%. В свиноводстве и птицеводстве преобладают концентрированные корма (60-80% от общей питательности рациона) над сочными и зелеными.

В зависимости от зональных условий тип кормопроизводства должен основываться на более экономически эффективных видах

кормов, выявленных путем сопоставления фактических средних многолетних данных (за 3-5 лет) по выходу кормовых единиц и переваримого протеина с единицы площади, по затратам труда на 1 ц условных кормов, по себестоимости условной единицы корма и кормового белка, стоимости валовой продукции животноводства в расчете на 1 руб. производственных затрат на корма, а также сумме чистого дохода, получаемого с 1 га.

На современном этапе научно-технический прогресс в животноводстве неразрывно связан с укреплением кормовой базы на основе увеличения посевных площадей под кормовыми культурами, повышением их урожайности, совершенствованием технологии заготовки и хранения кормов (прежде всего силоса, сена, зерновых концентратов), а также с широким применением промышленных отходов и организацией рационального кормления сельскохозяйственных животных. Естественно, что в условиях рыночной экономики воспользоваться достижениями научно-технического прогресса в полном объеме возможно лишь при наличии соответствующих финансовых средств.

Производство кормов, в отличие от других отраслей растениеводства, продукция которых может быть использована и в качестве продовольствия, и в качестве фуража, ориентировано исключительно на использование в животноводстве. Это обуславливает особенность кормопроизводства – его ориентацию на потребительский спрос.

В создании прочной и устойчивой кормовой базы существенную роль играет полевое и лугопастбищное кормопроизводство, отличающиеся как в экономическом, так и в технологическом плане.

Основной источник получения кормов – полевое кормопроизводство. Кормовые культуры в площади посевов сельскохозяйственных культур занимают 45-50%, а валовое производство кормов на них составляет почти 70% от общего объема кормов.

Основные направления полевого кормопроизводства: совершенствование структуры посевных площадей и кормовых севооборотов; повышение урожайности кормовых культур, в том числе за счет селекции новых сортов и сортовых технологий их возделывания; применение промежуточных и уплотненных посевов; внедрение и использование рациональных технологий заготовки, хранения, транспортировки и использования кормов с учетом

улучшения их качества, уменьшения потерь питательных веществ и затрат энергии и ресурсов при одновременной экологизации кормопроизводства; повышения экономической эффективности с учетом рационального использования побочной продукции и отходов растениеводства.

При улучшении структуры посевов кормовых культур и применении научно обоснованной агротехники повышаются урожайность зерновых и зерновых бобовых культур с единицы площади в 1,8 раза, силосных культур – в 2,5-3,0 многолетних и однолетних трав в 2,0-2,7 раза.

При одновременном выращивании двух-трех культур (уплотненные или смешанные посевы) продуктивность каждого гектара увеличивается в среднем на 20-40%. Такой эффект дает, например, совместное возделывание высокоурожайных злаков с богатыми протеином бобовыми культурами.

Промежуточные посевы проводят как после культур, выращиваемых на зеленый корм (поукосные посевы), так и после зерновых (пожнивные посевы). Это повышает продуктивность гектара до 70%, а в южных районах, где вегетационный период длится более полугода, в 2 раза и более. Для этого потребуется улучшить техническую оснащенность растениеводства и кормопроизводства. За счет уплотненных и промежуточных посевов можно получать дополнительно до 4 тыс. корм. ед. с 1 га без расширения площади пашни под кормовые культуры и при этом эффективно использовать технологии с минимальной обработкой почвы.

Важнейший источник дешевых и питательных кормов – природные кормовые угодья, однако их продуктивность крайне низкая в основном из-за неудовлетворительного культуртехнического состояния. Для увеличения урожайности природных сенокосов и пастбищ необходимы агротехнические, гидромелиоративные, хозяйственные и организационные мероприятия.

Обеспеченность природных кормовых угодий производственными фондами сельскохозяйственного назначения в расчете на единицу площади во много раз уступает уровню фондообеспеченности пашни. В результате культуртехническое и мелиоративное состояние лугов остается неудовлетворительным, значительные площади их покрыты камнями, заросли кустарником и мелколесьем, заболочены, подвержены водной и ветровой эрозии. Около

60% площадей естественных сенокосов и пастбищ нуждается в улучшении.

Коренное улучшение (уничтожение дернины и посев многолетних трав) повышает продуктивность этих угодий в 4-6 раз. При создании же культурных орошаемых пастбищ продуктивность угодий возрастает в 10 раз.

Культурные пастбища – это, по существу, новый тип сельскохозяйственных угодий, на котором базируется и новый, прогрессивный метод организации летнего кормления скота. На протяжении всего пастбищного периода животные полностью обеспечиваются дешевым и питательным зеленым кормом.

Продуктивность коров, содержащихся на культурных пастбищах, повышается на 15-25%, а приросты живой массы молодняка увеличиваются на 25-30%. Такие результаты объясняются тем, что зеленый пастбищный корм богат витаминами и питательными веществами. Кроме того, выпас на орошаемом пастбище благотворно сказывается на развитии животных, способствует получению здорового приплода.

Первостепенное значение в луговодстве приобретают создание высокопродуктивных искусственных травостоев и организация кормовой базы на основе роста наукоемкости технологий и научно-технического прогресса с учетом повышения экономической эффективности лугового кормопроизводства в условиях различных форм собственности и хозяйствования. Решающие факторы дальнейшего роста производства луговых кормов: химизация; комплексная механизация; мелиорация; селекция и семеноводство многолетних трав; создание культурных орошаемых пастбищ.

Оптимальной следует считать организацию производства кормов теми же предприятиями, которые занимаются выращиванием продуктивного скота. В соответствии с этим эффективность кормопроизводства в таких хозяйствах может оцениваться опосредованно – через анализ повышения продуктивности животных.

Принято различать два вида кормов – поддерживающие и продуктивные. Поддерживающие корма обеспечивают жизнедеятельность и работоспособность рабочего скота, а также жизненные функции животных, относящихся к продуктивному скоту. Продуктивные корма – это корма, которые скармливаются продуктивным животным сверх потребности, обеспечиваемой поддерживающими кормами.

Таким образом, эффективность кормопроизводства тем выше, чем меньше затраты на выращивание одной кормовой единицы, позволяющей при прочих равных условиях добиться одинакового повышения производительности (удоев крупного рогатого скота, привеса у свиней и т.п.).

Экономическую эффективность кормопроизводства в части поддерживающих кормов для рабочего скота анализировать вряд ли имеет смысл, так как по своему экономическому содержанию эти корма представляют собой материалы, используемые в процессе производства, причем внутри одного предприятия. Определенный интерес может представлять лишь оценка трудозатрат на производство единицы таких кормов за ряд лет.

Что же касается кормов, используемых для получения привесов и повышения удоев молока, то здесь оценка экономической эффективности кормопроизводства может оказаться весьма полезной для повышения эффективности производства вообще.

3.2. Экономическая эффективность кормопроизводства

Наряду с обычными для растениеводства показателями (урожайность, себестоимость, производительность труда и т.п.) в кормопроизводстве рассчитывают дополнительно:

- техническую окупаемость кормов – выход животноводческой продукции (в натуральных показателях) на одну кормовую единицу (в центнерах);
- экономическую окупаемость – сумму валовой продукции животноводства на суммарную стоимость производства кормов.

При этом необходимо провести расчет соотношения реализованной (или произведенной) продукции животноводства и стоимости кормов без учета внутреннего потребления (для корма рабочего скота).

В практике пользуются комплексной оценкой кормовых культур по сумме коэффициентов. Этот расчет весьма сложный и трудоемкий, поэтому используется в основном в научных исследованиях.

Данные по экономической оценке кормовых культур и отдельных видов кормов в хозяйствах используют как для определения наиболее эффективного типа кормления, так и для разработки конкретных мер по организации кормовой базы: при составлении

кормового плана и кормового баланса, расчета структуры посевных площадей и др.

Перевод всех кормов в кормовые единицы осуществляют по следующим коэффициентам: сено разнотравья – 0,46; солома пшеничная яровая – 0,22; озимая – 0,29; просяная – 0,41; овсяная – 0,31; клеверная – 0,14; гороховая – 0,23; брюква – 0,13; морковь – 0,14; свекла кормовая – 0,12; столовая свекла – 0,10; сахарная свекла – 0,26 кормовых единиц.

Полноценность кормления обуславливается наличием в рационах определенного количества энергии и питательных веществ в соответствии с потребностями животных. Обеспеченность животных энергией является одним из основных факторов, определяющих уровень их продуктивности. Обменная энергия обеспечивает все затраты организма на производство продукции, включающие затраты на поддержание жизни, обеспечение процессов, связанных с образованием продукции, с переработкой и усвоением корма, а также включает непосредственно энергию произведенного продукта.

Овсяная кормовая единица имеет свои недостатки: не учтены различия в доступности питательных веществ одних и тех же кормов для животных разного вида, возраста, живой массы, упитанности, отличия в строении желудочно-кишечного тракта.

В настоящее время применяется комплексная оценка питательности кормов и рационов, в которую включена энергетическая питательность, содержание в кормах и рационах протеинов, жиров, углеводов, минеральных веществ (макро- и микроэлементов), витаминов, аминокислот. Энергетическая питательность кормов в обменной энергии определяется отдельно для каждого вида животных. Для оценки энергетической питательности кормов и определения потребности животных в энергии используется энергетическая кормовая единица (ЭКЕ), характеризующая эти показатели по обменной энергии. За энергетическую кормовую единицу (ЭКЕ) принято 10 МДЖ обменной энергии. 1 Дж равен 0,2388 кал, а 1 кал равна 4,1868 Дж.

Энергетическая кормовая единица дифференцирована для крупнорогатого скота (ЭКЕ крс), свиней (ЭКЕ с) и птицы (ЭКЕ п): 1ЭКЕ крс = 2500 ккал чистой энергии (10,5 МДж); ЭКЕ с = 3500 ккал чистой энергии (14,6 МДж); ЭКЕ п =3500 ккал чистой энергии (14,6 МДж). Дифференциация энергетической

питательности кормов для разных видов сельскохозяйственных животных обусловлена их видовыми особенностями в переваривании и эффективности использования питательных веществ.

Важно провести анализ структуры кормов – соотношение грубых и сочных с их детализацией (сено, силос, кормовая свекла и т.д.). В результате такого анализа могут быть выработаны эффективные зоотехнические решения, позволяющие минимизировать затраты при одновременном повышении количества и качества производимой животноводческой продукции.

Результаты экономической оценки кормов меняются в зависимости от технологии их производства, уровня механизации работ по выращиванию кормов и др.

Эффективность того или иного вида корма зависит от технологических приемов уборки, переработки, хранения и раздачи кормов.

В разных климатических и природно-экономических зонах эффективность одного и того же вида корма различна не только по абсолютным показателям, но и по отношению к другим видам кормов.

Важнейшим показателем экономической оценки кормовых культур является урожайность. Получение максимального количества кормовых единиц и переваримого протеина с единицы площади земли позволяет производить корма на относительно меньшей посевной площади, что обеспечивает сокращение затрат на ее обработку, уход за посевами, на удобрения, транспортные расходы и т.д.

Чем выше урожайность, тем меньше затраты на единицу продукции и, следовательно, ниже себестоимость кормов. При высоких урожаях эффективнее используется кормовая площадь.

Производство продукции животноводства зависит не только от обеспеченности животных кормами, но и от эффективности их использования, которое выражается следующими показателями: кормоемкостью, кормоотдачей, экономической оплатой корма.

Кормоемкость (*Зкорм*) – количество израсходованных кормов на производство единицы продукции:

$$Зкорм = \frac{ВПкорм}{ВП},$$

где *ВПкорм* – объем кормов затраченных на получение продукции;

ВП – объем произведенной продукции.

Кормоотдача или конверсия корма (*Окорм*) – количество полученной продукции в расчете на единицу корма:

$$Окорм = \frac{ВП}{ВПкорм}.$$

Экономическая оплата корма (*ЭОкорм*) – расход кормов на единицу прироста:

$$ЭОкорм = \frac{ВПс}{Скорм},$$

где *ВПс* – стоимость прироста живой массы животных (в сопоставимых ценах); *Скорм* – стоимость потребленных кормов.

В 2015 г. посевные площади кормовых культур в хозяйствах всех категорий составили 16974 тыс. га (табл. 17).

Таблица 17

Посевные площади кормовых культур в Российской Федерации, тыс. га

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства всех категорий						
Кормовые культуры	18071	18137	17501	17217	17127	16974
в том числе: корнеплодные кормовые культуры	50	53	49	48	50	46
однолетние травы	4680	4913	4696	4625	4582	4540
многолетние травы	11463	11134	11038	10825	10808	10713
кукуруза на корм	1502	1628	1400	1406	1384	1381
Сельскохозяйственные организации						
Кормовые культуры	15834	15697	14941	14464	14100	13697
в том числе: кормовые корнеплодные культуры	7	6	4	4	4	3
однолетние травы	4176	4342	4101	3944	3818	3728
многолетние травы	9857	9416	9214	8895	8701	8414
кукуруза на корм	1452	1565	1342	1346	1315	1306
Хозяйства населения						
Кормовые культуры	553	522	529	522	521	506
в том числе: кормовые корнеплодные культуры	42	46	44	43	45	42
однолетние травы	86	81	99	99	104	100
многолетние травы	406	377	366	362	354	347

Наибольшие посевные площади кормовым культурам были отведены в сельскохозяйственных организациях 13697 тыс. га,

наименьшие в хозяйствах населения – 506 тыс. га. В целом посевная площадь кормовых культур в 2015 г. сократилась по сравнению с 2014 г.

Среди кормовых культур в 2015 г. в хозяйствах всех категорий наибольшие площади занимали посевы многолетних трав – 10713 тыс. га, аналогичная ситуация отмечалась в сельскохозяйственных организациях – 8414 тыс. га и хозяйствах населения – 347 тыс. га.

Корнеплодные кормовые культуры занимают важное место в рационах кормления сельскохозяйственных животных. Посевные площади кормовых корнеплодов в 2015 г. снизились на 8% в хозяйствах всех категорий, на 25% в сельскохозяйственных организациях и хозяйствах населения.

Основные посевные площади кукурузы на корм сосредоточены в сельскохозяйственных организациях. В 2015 г. они составляли 1306 тыс. га.

Около 80% всех посевных площадей занятых кормовыми культурами сосредоточено в сельскохозяйственных предприятиях, 16,3% посевных площадей – в крестьянских (фермерских) хозяйствах и у индивидуальных предпринимателей, 3% – в хозяйствах населения. Анализируя период с 2010-2015 гг. можно отметить, что доля посевных площадей кормовых культур в сельскохозяйственных организациях снижается с 87,6 до 80,7%, при этом она увеличивается в крестьянских (фермерских) хозяйствах и у индивидуальных предпринимателей с 9,3 до 16,3% (табл. 18).

Таблица 18

Структура посевных площадей кормовых культур по категориям хозяйств по РФ

(% от посевных площадей в хозяйствах всех категорий)

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Сельскохозяйственные организации						
Кормовые культуры	87,6	86,5	85,4	84,0	82,3	80,7
Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели						
Кормовые культуры	9,3	10,6	11,6	13,0	14,6	16,3
Хозяйства населения						
Кормовые культуры	3,1	2,9	3,0	3,0	3,1	3,0

В хозяйствах населения этот показатель изменяется не существенно.

Доля кормовых культур (кормовых корнеплодов, однолетних и многолетних трав, кукурузы на силос) в структуре посевных площадей в хозяйствах всех категорий в 2015 г. составила 21,4%. Отмечалось снижение доли однолетних и многолетних трав, кукурузы на корм (табл. 19).

Таблица 19

Доля кормовых культур в структуре посевных площадей в РФ (в хозяйствах всех категорий; % от всей посевной площади)

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Кормовые культуры	24,0	23,7	23,0	22,1	21,8	21,4
корнеплодные кормовые культуры (включая сахарную свеклу на корм скоту)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
однолетние травы	6,2	6,4	6,2	5,9	5,8	5,7
многолетние травы	15,2	14,5	14,5	13,9	13,8	13,5
кукуруза на корм	2,0	2,1	1,8	1,8	1,8	1,7

Доля кормовых культур в 2015 г. в сельскохозяйственных организациях уменьшилась по сравнению с предыдущими годами и составила 24,9%.

При этом отмечается уменьшение доли однолетних и многолетних трав на 0,1 и 0,4% соответственно. Доля кормовых корнеплодов и кукурузы на зеленый корм в период с 2010-2015 гг. практически не менялась (табл. 20).

Таблица 20

Доля кормовых культур в структуре посевных площадей в РФ (сельскохозяйственные организации; % от всей посевной площади)

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Кормовые культуры	28,2	27,7	26,9	25,8	25,5	24,9
корнеплодные кормовые культуры	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
однолетние травы	7,4	7,7	7,4	7,0	6,9	6,8
травы многолетние	17,6	16,6	16,6	15,9	15,7	15,3
кукуруза на корм	2,6	2,8	2,4	2,4	2,4	2,4

В 2015 г. урожайность кормовых культур в хозяйствах всех категорий была выше, чем в 2014 г.

Урожайность кормовых корнеплодов увеличилась на 14 ц/га, однолетних трав на зеленый корм – на 2 ц/га, многолетних трав на зеленый корм – на 4 ц/га, многолетних трав на сено – на 0,2 ц/га.

В целом отмечается динамики увеличения урожайности кормовых корнеплодов и однолетних трав на зеленый корм за период с 2010-2015 гг. (табл. 21).

Таблица 21

Урожайность кормовых культур в Российской Федерации (в хозяйствах всех категорий; ц/га)

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Кормовые корнеплоды	189	275	249	273	253	267
Однолетние травы на сено	13,6	17,7	16,0	16,7	16,8	16,8
Однолетние травы на зеленый корм	63	79	65	71	71	73
Многолетние травы посева прошлых лет на сено	13,9	17,3	14,7	16,3	16,2	16,4
Многолетние травы посева прошлых лет на зеленый корм	87	112	100	104	101	105

Повышение урожайности кормовых культур в 2015 г. по сравнению с 2014 г. отмечалось в сельскохозяйственных организациях. Так, урожайность многолетних трав на зеленый корм увеличилась на 5 ц/га, многолетних трав на сено – на 0,5 ц/га, однолетних трав на зеленый корм – на 2 ц/га (табл. 22).

Таблица 22

Урожайность кормовых культур в Российской Федерации (в сельскохозяйственных организациях; ц/га убранной площади)

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Кормовые корнеплоды	160	253	230	260	209	210
Однолетние травы на сено	13,2	16,7	15,6	16,1	16,3	16,1
Однолетние травы на зеленый корм	63	79	65	71	71	73
Многолетние травы посева прошлых лет на сено	13,9	17,1	14,6	16,4	16,1	16,6
Многолетние травы посева прошлых лет на зеленый корм	88	113	101	106	102	107

Валовой сбор кормовых корнеплодов в 2015 г. в хозяйствах всех категорий составил 1205 тыс. т, в хозяйствах населения – 1148 тыс. т (табл. 23).

Таблица 23

Валовые сборы кормовых культур в Российской Федерации, тыс. т

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства всех категорий						
Корнеплодные кормовые культуры	902	1434	1213	1260	1214	1205
Однолетние травы: на сено	1362	2104	1859	2050	2294	2225
на зеленый корм и сенаж	16431	25532	17985	19789	19356	20196
Многолетние травы: на сено	7587	9668	7846	8772	8745	8762
на зеленый корм	22832	30671	27661	30193	30388	31917
Хозяйства населения						
Корнеплодные кормовые культуры	809	1270	1111	1179	1150	1148
Однолетние травы: на сено	128	205	224	246	272	299
на зеленый корм	10	15	18	18	18	18
Многолетние травы: на сено	631	832	775	821	834	879
на зеленый корм	51	35	10	14	12	15

Наряду с урожайностью важным показателем качества кормовых культур является содержание в них кормовых единиц, переваримого протеина, витаминов, микро- и макроэлементов. Под наиболее урожайные, менее трудоемкие и дешевые культуры обычно отводят наибольшую площадь.

В качестве магистральных направлений повышения эффективности кормопроизводства определены следующие:

- коренное улучшение и рациональное использование природных кормовых угодий;
- совершенствование видовой и сортовой структуры посевов полевых кормовых культур и увеличение их продуктивности;
- сокращение потерь выращенного урожая за счет внедрения прогрессивных технологий заготовки кормов;
- укрепление материально-технической базы хранения кормов;
- обеспечение опережающего роста производства зернобобовых и масличных культур;
- повышение питательной ценности грубых и сочных кормов;
- увеличение производства комбикормов и премиксов;

- улучшение системы товарного семеноводства трав, в первую очередь бобовых культур.

Для полной реализации генетического потенциала продуктивности животных и повышения окупаемости кормов продукцией животноводства требуется довести уровень обеспеченности животных кормами в расчете на одну условную голову до 38-40 корм. ед. Экономическая оценка кормовых культур, кормовых рационов, типов кормления и кормовой базы животноводства в целом позволяет более правильно выбрать структуру посевных площадей, структуру производства кормов, лучшие варианты сочетания кормов в рационах на перспективу, получить больше прибыли с единицы кормовой площади при высокой рентабельности производства животноводческой продукции.

Контрольные вопросы

1. Определите тенденции развития отрасли кормопроизводства.
2. Основные факторы развития производства кормов.
3. Критерии рациональной организации кормовой базы.
4. Состав кормов и структура рациона.
5. Показатели, характеризующие эффективность использования кормов.
6. Показатели, характеризующие экономическую эффективность возделывания кормовых культур.
7. Основные направления повышения эффективности кормопроизводства.

4. ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

4.1. Народнохозяйственное значение и размещение технических культур

К техническим культурам относятся группы растений, продукты которых используются в качестве сырья для различных отраслей промышленности.

Выделяют группы: прядильных, масличных, эфирно-масличных, крахмалоносных, сахароносных, лекарственных, дубильных, каучуконосных, а также табаки, махорку, хмель и другие растения, широко используемые в народном хозяйстве.

Среди технических культур большое значение имеют:

- группа прядильных культур, к которой относятся хлопчатник, лен-долгунец, конопля, джут, кенаф и другие культуры, дающие волокно для прядения и производства тканей;
- группа масличных культур (подсолнечник, лен-кудряш, горчица, рапс, соя, кунжут, рыжик и др.);
- группа сахароносных культур (сахарная свекла, сахарный тростник) и других культур.

Некоторые растения из группы масличных (ляллеманция, клещевина, перилла) используются для получения технических масел.

При переработке многих технических культур получают отходы, используемые в качестве корма для скота (жом, жмыхи, патока, меласса, барда).

Основные посевы технических культур находятся в Южном, Приволжском и Центральном федеральном округах, часть посевов размещается в Сибирском и Дальневосточном, Уральском и Северо-Западном.

К прядильным культурам относятся растения, возделываемые для получения растительного волокна, используемого для производства различных тканей и других видов изделий.

Прядильные культуры подразделяют на 3 группы:

- растения, образующие волокно на семенах (хлопчатник) и плодах (кокосовая пальма);

- растения с волокном в лубяной части стебля – лубяные культуры (лен-долгунец, конопля, джут, канатник, кенаф, кендырь, рами, сесбания, сида и др.);

- растения с волокном в листьях (новозеландский лен, юкка, агава, текстильная абака, расфия).

Семена прядильных культур содержат масло, которое используется для продовольственных и технических целей.

В мировом производстве основными прядильными культурами являются хлопчатник, джут, лен-долгунец и конопля, в стеблях, которых имеется лубоволокнистая ткань с большим содержанием волокна. Лен-долгунец, конопля, канатник, сид в умеренных широтах, остальные – в тропических, субтропических и прилегающих к ним зонах.

Хлопчатник теплолюбивое, светолюбивое растение короткого дня. Хлопковое волокно в мире занимает первое место, так как является главным сырьем для текстильной промышленности. Кроме того, оно применяется в других отраслях промышленности (автомобильная, целлюлозная и т.д.). Из 1 кг хлопкового волокна можно получить 20 м бельевой ткани. Длинноволокнистые сорта хлопчатника идут на изготовление наиболее ценных тканей (батист, сатин, ситец и др.), из более короткого волокна изготавливают одеяла, вафельные полотенца и прочие изделия.

Из хлопкового волокна в смеси с шерстью производят тонкие полушерстяные ткани. Из линтера (подпушек семян) вырабатываются многие изделия (вата, бумага, целлюлоза, искусственный фетр и шелк, кино- и фотопленка, лаки и т.д.).

Семена хлопчатника содержат от 18 до 27% масла. Оно используется для производства консервов и маргарина, для изготовления различных хозяйственных товаров (глицерин, мыло, стеарин, олифа и др.). Кожуру семян применяют на кормовые цели и в качестве органического удобрения, а также для выработки бумаги, целлюлозы, изоляционных материалов, поташа, этилового спирта, органических кислот и др.

Хлопковый жмых хороший концентрированный корм для многих животных, в нем содержится около 40% белка. Однако его можно скармливать только в небольших дозах (2-3 кг в сутки на одну голову крупного рогатого скота), так как в нем содержится ядовитое вещество госсипол. Для свиней его использовать нельзя.

Стебли этой культуры могут применяться в качестве органического удобрения или топлива, а также для получения дубильных или других веществ. В листьях содержится 10% лимонной кислоты, которую можно получать заводским способом. Является хорошим медоносом.

Лен возделывается как прядильная (лен-долгунец) и масличная (лен-кудряш) культура. Лен-долгунец – основная прядильная культура в странах с умеренным климатом. Льняная продукция отличается разнообразием (солома, треста, волокно, луб, пакля, семена).

Волокно льна идет на производство разнообразных тканей (грубые мешочные, технические и упаковочные, тонкие батисты и кружева). Технические ткани требуются для многих отраслей промышленности (брезенты, приводные ремни, шланги, крученые нитки и др.).

Льняная пряжа считается более крепкой, чем хлопчатобумажная или шерстяная и уступает только шелковой. Все изделия из льна (полотно, парусина, скатерти, полотенца и др.) отличаются большой прочностью и красотой. Короткое льняное волокно (отходы, кудель, пакля) также представляет ценность в качестве обтирочного и упаковочного материала. Древесина стеблей после отделения волокна (льняная костра) идет для выработки бумаги, строительных костроплит и изоляционных материалов, а также может использоваться в качестве органического удобрения или топлива.

В семенах масличных сортов льна содержится 35-45% масла, которое используется в различных отраслях промышленности (пищевая, мыловаренная, лакокрасочная, резиновая и др.). В льняном жмыхе содержится 30-36% белка, поэтому он считается ценным концентрированным кормом для всех сельскохозяйственных животных (в 1 кг содержится 1,2 корм. ед. и 280 г переваримого протеина). Льняные семена используются в медицине и ветеринарии.

Конопля среди прядильных культур в Российской Федерации занимает второе место. Используется для получения из стеблей волокна, которое составляет 16-25%, а из семян – масла. Волокно (пенька) из конопли длинное и грубое, но прочное и хорошо сохраняющееся в воде, поэтому оно идет на изготовление парусины,

брезента, пожарных шлангов, мешков, канатов, веревок, шпагата, рыболовных снастей, приводных ремней и др.

Грубое, короткое и путанное волокно (пакля) используется для уплотнения зазоров в судах, деревянных постройках, а также в качестве обтирочного материала.

Биохимический состав семян конопли (%): высыхающее масло (йодное число 140-165) – 30-38, белок – 18-23, крахмал – 20, клетчатка – 15, зола – 4-5. Оно может использоваться на пищевые и технические цели (олифа, замазка, мягкое мыло, лаки и др.). Из семян конопли вырабатывается фитин, который представляет собой ценное органическое соединение, используемое в медицине.

Конопляный жмых – ценный корм для животных, в нем содержится (%): белок – 30, масло – 8-10, БЭВ – 18-20, зола – 8, клетчатка – 20.

Отходы при выработке волокна (костра) могут использоваться для изготовления бумаги, костроплит и изоляционных материалов, а также в качестве органического удобрения.

Кенаф является третьей по значимости и распространению лубяной культурой. Волокно кенафа отличается крепостью, гибкостью, гигроскопичностью.

Масличные культуры – группа культурных растений, возделываемая для получения жирных масел. Они относятся к различным ботаническим семействам: астровые – подсолнечник, сафлор; бобовые – арахис, соя; яснотковые – перилла, ляллеманция; капустные – рапс, горчица, рыжик и др. Большинство из них накапливают масло в семенах и плодах.

В мировом производстве жиров растительные масла занимают около 70%. Масла вырабатывают прессованием или экстракцией из масличных семян.

Среди масличных культур в России наибольшее распространение имеет *подсолнечник* (80% посевов). В семенах современных гибридов и сортов содержится 56% светло-желтого полувысыхающего пищевого масла с хорошим вкусом (йодное число 119-144). Кроме того, подсолнечное масло широко используется для изготовления маргарина, в консервной промышленности – для производства олифы и мыла, олеиновой кислоты и стеарина.

Зола стеблей подсолнечника содержит 4% фосфорной кислоты и до 36% оксида калия, поэтому используется в качестве удобрения, а также для выработки поташа. Желтые лепестки корзинок

подсолнечника применяются в фармакологии. Шрот и жмых, содержащие 1-7% жира и 33-35% белка, а также углеводы и зольные элементы – ценные концентрированные корма для сельскохозяйственных животных.

Рапс среди капустных масличных культур занимает первое место по содержанию в семенах масла (45-50%) и его качеству. Полувысыхающее масло используется на пищевые и технические цели (йодное число 94-112). Является хорошим медоносом. Шрот и жмых – высококачественный концентрированный корм для животных.

В семенах *горчицы* содержится 25-47% масла (йодное число 92-119), в котором имеется постоянная потребность в различных отраслях промышленности (консервная, хлебопекарная, кондитерская, маргариновая, фармацевтическая, текстильная, мыловаренная и др.). Горчичный жмых идет на производство столовой горчицы, горчичников, фитина и эфирного масла. Является хорошим медоносом.

Клещевина относится к высокомасличным растениям (содержание масла в семенах составляет 40-52%, в ядрах – 65-70%). Клещевинное (касторовое) масло считается невысыхающим (йодное число 82-86), оно обладает высокой вязкостью, не воспламеняется при высоких температурах и не твердеет при низких. Оно широко используется в медицине, а также в различных отраслях промышленности (мыловаренная, парфюмерная, кожевенная, текстильная, металлообрабатывающая, строительная и др.), а также при производстве линолеума. В семенах и жмыхе этой культуры имеется ядовитое вещество рицинин (токсальбуллин), но в масло оно не переходит. Поэтому такой жмых можно использовать только в качестве органического удобрения.

В семенах *кунжута* содержится большое количество масла (48-63%), белка (16-19%), растворимых углеводов (16-18%). Кунжутное (сезамовое) масло считается одним из лучших для пищевых целей (йодное число 103-112). Применяется для приготовления кондитерских изделий, консервов, маргарина, в медицинских целях. Очищенные от оболочек и размолотые семена используют для приготовления халвы. Целые семена широко применяют в хлебном и кондитерском производстве. При сжигании кунжутного масла из копоти получается высококачественная тушь.

В России в основном производят подсолнечное масло, а также льняное, кукурузное, горчичное, касторовое, соевое.

В пищевой промышленности наряду с подсолнечным, в больших объемах используют соевое, пальмовое, кокосовое и рапсовое масло, в розничной торговле продается подсолнечное и оливковое масло.

В последние годы все большее распространение находит технология получения масла из нетрадиционного для масложировой отрасли сырья (семян арбуза, тыквы, винограда, амаранта и др.), обладающего пищевыми достоинствами и биологически активными и фармакологическими свойствами.

Сахароносные культуры (сахарная свекла, сахарный тростник) играют огромную роль в рационе людей.

В стеблях *сахарного тростника* содержится 18-20% сахара. Культура широко распространена в Индии, Южном Китае, Центральной и Южной Америке.

Сахарная свекла возделывается в 27 регионах Российской Федерации. Корнеплоды сахарной свеклы содержат 16-20% сахарозы. При высокой урожайности корней свеклы (40-50 т/га) сбор сахара может составить 7-8 т/га и более.

Сахарная свекла считается не только технической, но и ценной кормовой культурой. По питательности она превосходит кормовые корнеплоды в 2,5 раза.

При заводской переработке из корнеплодов сахарной свеклы получаются отходы – жом и патока, имеющие большое хозяйственное значение. В сухом веществе патоки (мелассе) содержится сахара около 60%, БЭВ – около 15, золы – 8-9%.

Патоку используют для изготовления спирта, пищевых дрожжей, молочной и лимонной кислот.

Жом (отжатая свекловичная стружка) содержит около 15% сухих веществ, в том числе БЭВ – 10%, клетчатки – 3, золы – 0,7, жира – 0,1 и сырого белка – 1,2%. Жом – ценный корм для крупного рогатого скота: в 100 кг сухого жома содержится 80 корм. ед., а в таком же количестве кислого и свежего жома – соответственно 10 и 8 корм. ед.

Отход свеклосахарного производства – дефекационную грязь – используют как удобрение. В ней содержится 40-50% извести, органических веществ – 15%, N – 0,2-1,7, P_2O_5 – 0,2-0,8, K_2O – 0,5-0,9%.

Большую часть отходов сахарной свеклы составляют листья – 35-50% массы корней; они содержат до 20% сухих веществ, в том числе 2,5-3,5% белка, 0,8% жира, витамины. В 100 кг ботвы содержится 18-20 корм. ед. Ботву используют на корм скоту в свежем, силосованном и высушенном виде.

В мировом земледелии сахарная свекла занимает значительную площадь – 7,913 млн. га. Наибольшие площади ее находятся на Украине, в России, Китае, Польше, Франции, Великобритании, Германии, Италии; возделывают ее и в Бельгии, Беларуси, Японии, Венгрии, Турции и Грузии. В европейских странах свекловичного сахара производят до 80% от общего его сбора в мире.

К эфиромасличным культурам относятся растения в разных частях которых (плодах, семенах, цветках, листьях, корневищах) накапливаются эфирные масла.

Эфиромасличные культуры: кориандр, анис, тмин, мята, фенхель, роза красная, базилик, лаванда и другие. Ряд этих растений обладает изысканным ароматом и улучшает вкусовые качества пищи. Эфиромасличные культуры содержат биологически активные вещества, используемые для получения как эфирного масла, так и лекарственного сырья.

Производство эфирных масел в основном сосредоточено в странах Северной и Южной Америки, Азии, Европы.

Основными районами возделывания эфиромасличных культур в России являются Приволжский, Центральный и Южный федеральные округа.

Кориандр (кинза) занимает ведущее место в России по посевной площади и количеству получаемого эфирного масла. Основные посевы сосредоточены в Южном федеральном округе.

Кориандровое эфирное масло используют в парфюмерно-косметической и пищевой промышленностях, при производстве ликеров, в пивоварении, в мыловаренной металлургической, текстильной промышленностях, в полиграфии. Кориандр является лекарственной культурой, его листья в свежем виде используют в пищу, шрот – скармливают скоту. Кориандр ценный медонос.

Мята перечная лучше всего растет на Северном Кавказе и Центральном Черноземье. Эфирное масло широко используется в пищевой промышленности, в кондитерском и мыловаренном производстве, в производстве зубных паст и жевательной резинки. Ментол обладает способностью расширять сосуды сердца, легких

и мозга, а также применяется в качестве ранозаживляющего, желчегонного, болеутоляющего и успокаивающего средства. Раствор ментола в масле назначается врачами при воспалительных и простудных заболеваниях.

Анис – очень ценное эфиромасличное, лекарственное и пряное растение. В современной медицине эфирное анисовое масло применяют для лечения желудка и при различных простудных заболеваниях в качестве отхаркивающего средства. Его включают в состав различных лечебных чаев.

На анисовое масло большая потребность в медицине и ветеринарии, в ликероводочной и кондитерской промышленности. Жирное масло, которое получается после экстрагирования эфирного широко применяется в мыловаренной промышленности. Жмых ценный концентрированный корм для животных. Кроме того, анис считается хорошим медоносом. Посевы аниса сосредоточены в Воронежской, Белгородской и Курской областях.

Семена *тмина* употребляют в качестве пряности в соленьях, хлебопечении. Тмин является хорошим медоносом.

Эфирные масла *шалфея мускатного* заменяют закрепители ароматов, применяют в парфюмерно-косметическом производстве, в пищевой промышленности, виноделии, медицине. Возделывают в центральных и южных частях Краснодарского края.

Розовое масло ценное и дорогое ароматическое вещество. Широко применяется в парфюмерии, мыловарении, кондитерской промышленности, ликероводочном производстве. Выращивается в Краснодарском крае и Закавказье.

Лекарственные растения – это растения в различных частях которых (в плодах, коре, семенах, цветках, почвах, листьях, клубнях, корневищах) накапливаются биологически активные вещества (алкалоиды, гликозиды, танины, эфирные масла и др.), используемые для приготовления различных лекарственных препаратов.

К группе культивируемых лекарственных растений относят: шиповник, арнику горную, дягиль лекарственный, мелиссу лекарственную, мяту перечную, ромашку лекарственную, фенхель лекарственный, алтей лекарственный, женьшень обыкновенный, валериану лекарственную, календулу лекарственную, подорожник и др.

В России действует около 100 производителей лекарственных трав и сборов. Основными районами возделывания лекарственных

трав являются Поволжский, Центральный и Южный федеральные округа. Многие ценные лекарственные культуры выращиваются на Дальнем Востоке (женьшень), на Урале и в Сибири (моралий корень, облепиха).

Молодая зелень *мелиссы лекарственной* используется в качестве приправы в питании и для приготовления тонизирующих настоев. В листьях и соцветиях этой культуры содержится эфирное масло, которое применяется в медицине, парфюмерии и ликероводочном производстве.

Валериана лекарственная обладает успокаивающим действием при нервном возбуждении, бессоннице, истерии, судорогах и сердечных неврозах. Ее корневища и корни содержат эфирное масло, различные спирты и алкалоиды, дубильные вещества, органические кислоты и т.д. Фармацевтическая промышленность выпускает различные лекарства, в состав которых входит это растение.

Лекарственным сырьем *ромашки аптечной* являются цветочные корзинки, в которых содержаться эфирные масла, каротин, камеди, горечь и слизь. Настой цветочных корзинок оказывает противовоспалительное, кровоостанавливающее, антисептическое, слабовяжущее, болеутоляющее, противосудорожное, потогонное и желчегонное действие. Ромашка также расширяет сосуды головного мозга и возбуждает аппетит.

Цветочные корзинки *календулы лекарственной* содержат органические кислоты, слизи, смолы, каротиноиды, эфирные масла. Для лечебных целей используются цветочные корзинки и язычковые цветки, из которых готовят различные настойки. Эта культура входит в состав препаратов, которые рекомендуются для полоскания полости рта и горла, при ангинах и стоматитах, для лечения ожогов, язв, длительно не заживающих ран и т.д.

Сухие шишки *хмеля обыкновенного* незаменимое сырье в пивоваренной промышленности. Применяется в хлебопекарной, парфюмерной, лакокрасочной промышленности. Молодые побеги иногда используются для приготовления различных блюд. Велико медицинское значение хмеля, потому что он считается очень ценным растением для улучшения аппетита и пищеварения, при лечении почек и мочевого пузыря, повышенной возбудимости и бессонницы, подагры, ревматизма и т.д. В России площадь под хмелем занимает 1000 га (1,4% мировой площади).

Табак и махорка относятся к наркотическим растениям, содержащим один из самых ядовитых алкалоидов – никотин.

Табак выращивают в 125 странах мира на площади около 5 млн. га. Из листьев табака после сушки и ферментации изготавливают папиросы, сигареты, трубочный и курительный табак (содержание никотина в листьях табака 0,8-4%). Специфический запах и аромат различных сортов зависит от содержания смол и эфирных масел.

Посевы табака в России в основном размещены в Южном Федеральном округе, небольшие площади в Центральном Федеральном округе.

Махорка – особый вид травянистых растений, разновидность табака. Содержание никотина в высушенных листьях махорки 2-15%. Выращивают для получения курительной крупки, сигарет, нюхательного и жевательного табака. Никотиновая и лимонная кислота, вырабатываемые из махорки, используются в фармацевтической, пищевой и текстильной промышленности, а жирное масло, получаемое из семян, – в лакокрасочной и мыловаренной промышленности. В России возделывают в Центрально-Черноземной зоне, в Чувашии и Татарстане.

4.2. Эффективность производства технических культур

В качестве оценки экономической эффективности производства технических культур применяют общеэкономические показатели (себестоимость производства единицы продукции; выручка от реализации единицы продукции; прибыль от реализации единицы продукции; рентабельность продукции; производительность труда производственных сельскохозяйственных рабочих) и специфические показатели (урожайность отдельных культур; цена реализации культуры; цена реализации продукции; выход продукции (сахара, волокна и др.); товарность продукции; количество минеральных удобрений, внесенных на 1 га посевной площади и др.).

Площадь под техническими культурами в 2015 г. в хозяйствах всех категорий по России составила 12709 тыс. га, или 16,0% от общей посевной площади (табл. 24).

Следует отметить увеличение площадей, занятых техническими культурами, в 2015 г. по сравнению с 2014 г. на 477 тыс. га в хозяйствах всех категорий.

Из общей площади технических культур в 2015 г. в хозяйствах всех категорий наибольшие площади занимали подсолнечник (7005 тыс. га) и соя (2123 тыс. га).

Таблица 24

Посевные площади технических культур в Российской Федерации, тыс. га

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства всех категорий						
Технические культуры	10900	11836	11315	12045	12232	12709
в том числе: лен-долгунец	51	56	57	55	51	53
сахарная свекла	1160	1292	1143	904	919	1022
масличные культуры	9616	10447	10087	11060	11204	11501
из них: подсолнечник	7153	7614	6529	7271	6907	7005
соя	1206	1229	1481	1532	2006	2123
горчица	110	134	118	154	193	191
рапс озимый	218	175	105	239	278	144
рапс яровой	638	718	1085	1087	913	876
Сельскохозяйственные организации						
Технические культуры	7874	8471	8256	8690	8743	9026
в том числе: лен-долгунец	43	47	48	47	42	40
сахарная свекла	1012	1105	983	802	815	904
масличные культуры	6756	7289	7205	7823	7843	7994
из них: подсолнечник	4774	5040	4405	4845	4550	4625
соя	899	892	1081	1125	1464	1526
горчица	82	94	87	108	148	147
рапс озимый	193	153	91	204	236	125
рапс яровой	580	653	954	961	790	731
Хозяйства населения						
Технические культуры	40	39	37	33	45	41
в том числе: подсолнечник	31	30	29	25	32	29

В сельскохозяйственных организациях в 2015 г. увеличились площади сахарной свеклы на 89 тыс. га, подсолнечника – на 75 тыс. га, сои – на 62 тыс. га по сравнению с 2014 г.

В личных подсобных хозяйствах из технических культур возделывался только подсолнечник в 2015 г. его площадь возделывания составила 29 тыс. га. Более 70% технических культур в 2015 г. выращивали сельскохозяйственные организации, около 29% крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели, 0,3% хозяйства населения (табл. 25).

Таблица 25

Структура посевных площадей технических культур
по категориям хозяйств в Российской Федерации
(% от посевных площадей в хозяйствах всех категорий)

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Сельскохозяйственные организации						
Технические культуры	72,2	71,6	73,0	72,1	71,5	71,0
лен-долгунец	83,6	85,0	84,6	84,7	82,3	75,8
сахарная свекла	87,2	85,5	86,0	88,7	88,7	88,4
подсолнечник	66,8	66,2	67,5	66,6	65,9	66,0
соя	74,6	72,6	73,0	73,4	73,0	71,8
Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели						
Технические культуры	27,4	28,1	26,7	27,6	28,2	28,7
лен-долгунец	16,4	15,0	15,4	15,2	17,6	24,2
сахарная свекла	12,1	13,9	13,5	10,7	10,8	11,1
подсолнечник	32,8	33,4	32,1	33,0	33,6	33,6
соя	25,3	27,3	26,9	26,5	26,9	28,1
Хозяйства населения						
Технические культуры	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
лен-долгунец	-	-	-	0,1	0,1	0,0
сахарная свекла	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5
подсолнечник	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
соя	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Во всех категориях хозяйства технические культуры в 2015 г. занимали 16% от всей посевной площади, в сельскохозяйственных организациях – 16,4%. В период с 2010-2015 гг. в хозяйствах всех категорий прослеживается тенденция увеличения доли технических культур в структуре посевов с 14,5% в 2010 г. до 16% в 2015 г. Среди масличных культур сокращается доля подсолнечника с 9,5% в 2010 г. до 8,8% в 2015 г.

В структуре посевных площадей в 2015 г. преобладали масличные культуры 14,5% как в хозяйствах всех категорий, так и в сельскохозяйственных организациях (табл. 26).

Таблица 26

Структура посевных площадей в Российской Федерации по видам технических культур (% от всей посевной площади)

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
В хозяйствах всех категорий						
Технические культуры	14,5	15,4	14,8	15,4	15,6	16,0
лен-долгунец	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
сахарная свекла	1,5	1,7	1,5	1,2	1,2	1,3
масличные культуры	12,8	13,6	13,2	14,2	14,3	14,5
подсолнечник	9,5	9,9	8,6	9,3	8,8	8,8
Сельскохозяйственные организации						
Технические культуры	14,0	15,0	14,8	15,5	15,8	16,4
лен-долгунец	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
сахарная свекла	1,8	2,0	1,8	1,4	1,5	1,6
масличные культуры	12,0	12,9	12,9	13,9	14,2	14,5
подсолнечник	8,5	8,9	7,9	8,6	8,2	8,4

Урожайность технических культур приведена в таблице 27.

Таблица 27

Урожайность технических культур в Российской Федерации, ц/га

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
В хозяйствах всех категорий						
Лен-долгунец	8,2	9,0	9,2	8,5	9,0	9,1
Сахарная свекла	241	392	409	442	370	388
Масличные культуры	9,9	12,4	11,4	13,3	12,4	12,9
подсолнечник	9,6	12,5	12,2	14,5	13,1	14,2
соя	11,8	13,8	12,2	12,6	12,3	13,0
горчица	4,8	7,4	5,0	4,6	6	4,9
рапс озимый	19,0	16,9	15,9	16,6	16,8	19,3
рапс яровой	6,8	10,0	9,0	9,9	11,2	9,8
В сельскохозяйственных организациях						
Лен-долгунец	8,2	8,9	9,0	8,3	9,0	9,3
Волокно конопли среднерусской	9,9	8,9	9,9	9,7	3,9	4,8
Сахарная свекла	244	393	414	445	371	390
Масличные культуры	10,7	13,1	12,0	13,8	12,9	13,6
подсолнечник	10,5	13,5	13,0	15,4	14	15,2
соя	12,1	14,4	12,9	13,3	12,4	13,6
горчица	4,8	7,7	5,0	4,8	5,9	5,1
рапс озимый	19,6	17,4	16,3	17,2	17,4	19,8
рапс яровой	6,8	10,0	9,3	9,9	11,4	10,0

В 2015 г. отмечалось увеличение урожайности у большинства технических культур в хозяйствах всех категорий по сравнению с предыдущим годом.

Так урожайность льна долгунца составила 9,1 ц/га, подсолнечника 14,2 ц/га, сои 13,0 ц/га, сахарной свеклы 388 ц/га.

Валовые сборы технических культур в хозяйствах всех категорий в 2015 г. увеличились по сравнению с предыдущим годом по всем культурам, кроме горчицы и рапса (табл. 28).

Таблица 28

Валовые сборы технических культур в Российской Федерации в хозяйствах всех категорий, тыс. т

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Семена льна-долгунца	5	6	7	5	6	8
Волокно льна-долгунца	35	43	46	39	37	45
Сахарная свекла	22256	47643	45057	39321	33513	39031
Масличные культуры	7457	12219	10563	13137	12859	13837
из них: подсолнечник	5345	9062	7495	9842	8475	9280
соя	1222	1641	1683	1517	2364	2708
горчица	36	82	38	50	93	67
рапс	670	956	945	1259	1338	1012
рапс озимый	395	290	157	391	454	265
рапс яровой	275	667	789	868	884	747

Валовой сбор масличных культур в 2015 г. составил 13837 тыс. т, что на 978 тыс. т больше, чем в 2014 г. Производство сахарной свеклы увеличилось на 5518 тыс. т.

Среди масличных культур в 2015 г. сократилось производство горчицы на 26 тыс. т и озимого и ярового рапса на 326 тыс. т по сравнению с 2014 г. Следует отметить увеличение в 2015 г. производства волокна льна-долгунца на 8 тыс. т, семян льна-долгунца – на 2 тыс. т. В структуре производства основных продуктов технических культур в 2015 г. волокно льна-долгунца в сельскохозяйственных организациях занимало 76,5%, сахарная свекла – 89%, подсолнечник – 70,3%, в крестьянских (фермерских) хозяйствах – 23,5; 10,6 и 29,3% соответственно.

В крестьянских (фермерских) хозяйствах производство волокна льна-долгунца увеличилось на 8% (табл. 29).

Таблица 29

Структура производства основных продуктов технических культур по категориям хозяйств в РФ (% от общего объема производства)

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Все сельскохозяйственные организации						
Волокно льна-долгунца	86,3	84,2	82,8	83,0	84,5	76,5
Сахарная свекла	88,7	86,4	87,6	89,6	89,2	89,0
Подсолнечник	73,0	71,6	72,1	70,5	70,1	70,3
Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели						
Волокно льна-долгунца	13,7	15,8	17,2	16,9	15,5	23,5
Сахарная свекла	10,9	13,1	12,0	9,9	10,3	10,6
Подсолнечник	26,4	28,0	27,4	29,1	29,4	29,3
Хозяйства населения						
Сахарная свекла	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4
Подсолнечник	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4

Индексы производства технических культур в хозяйствах всех категорий в 2015 г. увеличились (табл. 30).

Таблица 30

Индексы производства технических культур в РФ (хозяйства всех категорий; % к предыдущему году)

Культура	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Волокно льна-долгунца	67,4	123,4	106,0	84,8	95,2	121,6
Сахарная свекла	89,4	214,1	94,6	87,3	85,2	116,5
Масличные культуры	91,1	175,9	86,4	124,4	96,9	107,6
из них: подсолнечник	82,8	181,4	82,7	131,3	85,1	109,5
соя	129,5	143,7	102,6	90,1	155,6	114,4

В 2015 г. реализация сахарной свеклы увеличилась до 34168 тыс. т, семян подсолнечника до 7486 тыс. т (рис. 6).

Основные факторы и пути повышения экономической эффективности производства технических культур: повышение урожайности технических культур; внедрение передовых технологий и методов производства; возделывание высококачественных, урожайных сортов и гибридов; улучшение использования земель, развитие химизации и мелиорации; комплексная механизация и автоматизация производственных процессов; рациональное использование производственных фондов, а также своевременная их

модернизация; рациональное использование трудовых ресурсов и усиление мотивации труда; сокращение издержек производства и совершенствование их структуры; повышение качества продукции; совершенствование взаимоотношений между производителями и переработчиками сырья; углубление специализации и концентрации производства, использование современных форм организации производства.

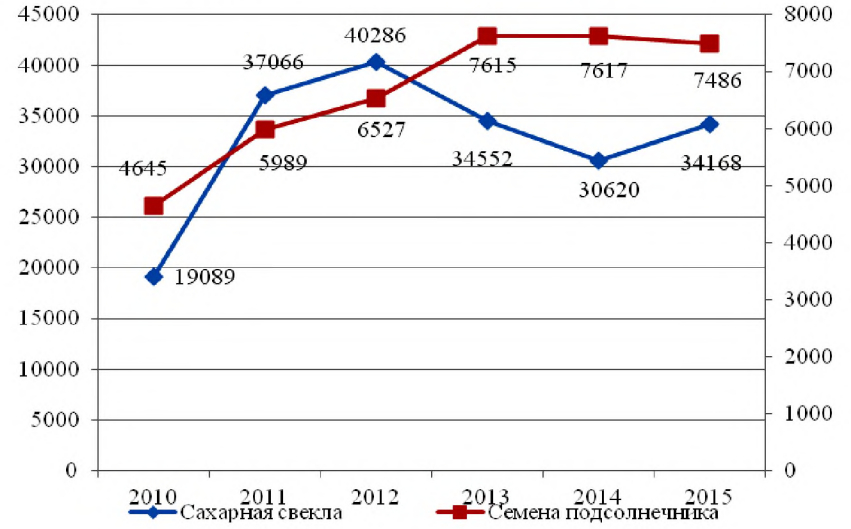


Рис. 6. Реализация основных продуктов технических культур в хозяйствах всех категорий, тыс. т

Товарность сахарной свеклы и семян подсолнечника в 2015 г. в хозяйствах всех категорий составила 87,5 и 46,1% соответственно (рис. 7).

Инновационным направлением в области выращивания подсолнечника является система Clearfield. Эта система полностью оправдывает свое название, т.к. позволяет получать даже на сильно засоренных полях практически чистые посевы. Технология предполагает комбинация гербицида и высокоурожайных гибридов, устойчивых к этому гербициду и полученных традиционными методами селекции. Преимуществами использования технологии Clearfield являются: одна обработка на весь вегетационный период; возможность использования в системах с минимальной и

нулевой обработкой почвы; широкий спектр действия, позволяющий уничтожать все злаковые и двудольные сорняки; полный контроль всех видов заразихи; простота и гибкость в сроках применения. За счет применения технологии сокращаются затраты на применение химических средств защиты растений, повышается урожайность подсолнечника, увеличивается эффективность производства.

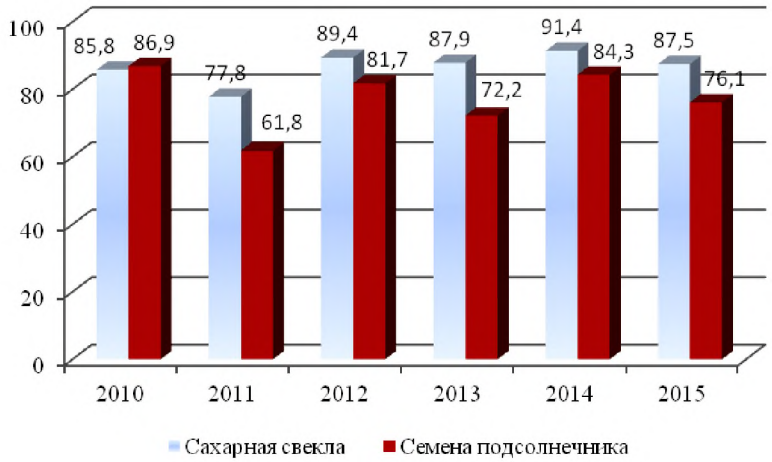


Рис. 7. Товарность технических культур

Растущий спрос населения на продукцию легкой и пищевой промышленности требует дальнейшего увеличения производства технических культур.

Контрольные вопросы

1. Современное состояние и тенденции развития производства сахарной свеклы.
2. Современное состояние и тенденции развития производства льна-долгунца.
3. Современное состояние и тенденции развития производства масличных культур.
4. Народнохозяйственное значение технических культур.
5. Структура посевных площадей и урожайность технических культур.
6. Основные факторы развития производства технических культур.
7. Показатели, характеризующие экономическую эффективность возделывания технических культур.

5. ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ

5.1. Народнохозяйственное значение и размещение производства картофеля

В сельскохозяйственном производстве картофель – сравнительно молодое растение. В культуру он вошел около 200 лет тому назад, завоевав широкую популярность, как пищевой продукт, промышленное сырье и корм для сельскохозяйственных животных. В мировом масштабе располагая 0,4% пахотных угодий.

Картофель – важная продовольственная, техническая и кормовая культура. По содержанию углеводов он находится в одном ряду с крупами и хлебом.

Картофель – ценный продукт питания. Его клубни (в зависимости от сорта) содержат 15-35% сухого вещества, из которого 17-29% приходится на долю крахмала, 1-2% – белка, около 1% – минеральных солей. Из клубней готовят около 1000 разнообразных высококачественных блюд и продуктов питания.

Картофель и продукты его переработки (мезга, барда) используют в качестве корма для свиней и птицы. Он служит сырьем для спиртовой, текстильной, фармацевтической, химической, пищевой, обувной, полиграфической промышленности.

Картофель является хорошим предшественником в севооборотах, способствует повышению урожайности последующих культур. Богатые крахмалом картофельные очистки и другие отходы переработки картофеля, преобразованные в жидкую форму и подвергнутые брожению, позволяют получать топливный этанол.

По объему производства картофель занимает второе место в мире после зерновых. Картофель в России выращивается во всех экономически значимых регионах страны. Наибольшая насыщенность посадками картофеля наблюдается в Дальневосточном, Северо-Западном и Центральном федеральных округах.

В обеспечении населения свежим картофелем, а также продуктами его переработки большое значение имеет рациональное размещение картофеля по территории страны, научно обоснованная специализация производства, организация специализированных зон производства товарного картофеля на промышленной основе, создание необходимой материально-технической базы для его хранения и переработки.

Мелкие товаропроизводители (хозяйства населения, крестьянские хозяйства, индивидуальные предприниматели) играют существенную роль в картофельном балансе России.

Посевные в 2015 г. в хозяйствах всех категорий составили 2128 тыс. га, доля посевных площадей картофеля в структуре посевных площадей хозяйств всех категорий 2,7. В хозяйствах населения площадь возделывания картофеля составляла 1768 тыс. га, тогда как в сельскохозяйственных организациях только 207 тыс. га (табл. 31).

Таблица 31

Посевные площади картофеля в Российской Федерации

Показатели	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Доля посевных площадей картофеля в структуре посевных площадей, хозяйства всех категорий	2,9	2,9	2,9	2,7	2,7	2,7
Посевные площади картофеля, тыс. га						
Хозяйства всех категорий	2212	2225	2237	2138	2112	2128
Сельскохозяйственные организации	233	227	232	194	188	207
Хозяйства населения	1854	1852	1845	1807	1791	1768

Урожайность картофеля зависит от многих факторов: качества посадочного материала, комплексной механизации, внесения удобрений, применения средств защиты растений, внедрения высокоурожайных сортов и др.

Современные технологии возделывания картофеля, включающие правильный подбор сортов интенсивного типа различных сроков созревания; использование высококачественного посадочного материала; систему обработки почвы, обеспечивающую образование и сохранение мелкокомковатой структуры; полную механизацию всех процессов возделывания; научно обоснованную систему удобрений; комплексную защиту культуры от действия вредных объектов (сорняки, вредители и болезни); орошение; поточную технологию уборки и послеуборочной доработки клубней позволяют значительно повысить урожайность по сравнению с традиционной технологией, что делает картофель высокорентабельной культурой.

В 2014 г. было произведено 31502 тыс. т картофеля, производственное потребление составило 12808 тыс. т, потери 2066 тыс. т, личное потребление 16287 тыс. т, запасы на конец года 21900 тыс. т (табл. 32).

Таблица 32

Баланс ресурсов и использования картофеля в Российской Федерации, тыс. т

Показатели	Годы				
	2010	2011	2012	2013	2014
Ресурсы					
Запасы на начало года	20369	14691	19930	19846	20583
Производство	21141	32681	29533	30184	31502
Импорт	1122	1539	735	764	1045
Итого ресурсов	42632	48911	50198	50794	53130
Использование					
Производственное потребление	11725	11743	12596	12394	12808
Потери	1299	1469	1752	1984	2066
Экспорт	85	49	48	74	69
Личное потребление	14832	15720	15956	15989	16287
Запасы на конец года	14691	19930	19846	20353	21900

В передовых хозяйствах России интенсивные технологии позволяют получать по 400 ц/га и более.

Картофель – высокотоннажная культура с большими объемами хранения, поэтому его посадки необходимо концентрировать в пригородных и сырьевых зонах, что позволит сократить транспортные расходы и в напряженные периоды работ обеспечить отрасль привлеченной силой.

Выращивание картофеля в пригородных зонах направлено на максимальное обеспечение жителей городов и промышленных центров свежим картофелем, поэтому здесь выше удельный вес посевов раннего картофеля.

Задача сырьевых зон – обеспечить дешевым и высококачественным картофелем потребности перерабатывающей промышленности. Здесь особые требования предъявляются к содержанию в клубнях крахмала, хорошей лежкости и устойчивости картофеля к болезням. В непосредственной близости от спиртовых и крахмалопаточных заводов создаются специализированные хозяйства, в которых картофель занимает до 25% посевной площади.

В настоящее время мощности предприятий крахмалопаточной промышленности загружены на 15%.

5.2. Эффективность производства картофеля

Картофелеводство – трудоемкая отрасль. Урожайность картофеля зависит от множества факторов. Картофель интенсивная пропашная культура, требующая для выращивания больших затрат живого и общественного труда.

Прямые затраты труда значительно дифференцированы по хозяйствам страны, зависят от уровня механизации возделывания культуры и ее урожайности.

В среднем на производство одного центнера затраты труда в картофелеводстве составляют более 3 чел.-ч, в передовых сельскохозяйственных предприятиях уровень затрат труда не превышает 1 чел.-ч.

Особенно трудоемким является уборка картофеля, значительны затраты ручного труда также на погрузке, разгрузке и сортировке картофеля.

Экономическая эффективность производства картофеля определяется системой следующих показателей:

- урожайность, ц/га;
- выход стандартных клубней, %;
- затраты труда на 1 га посева и на 1 ц продукции, чел.-ч;
- производственные затраты на 1 га посева;
- себестоимость 1 ц, руб.;
- уровень товарности, %;
- прибыль (чистый доход) на 1 га посева и 1 ц реализованной продукции;
- уровень рентабельности, %;
- окупаемость затрат выручкой, %.

Стратегическая роль в интенсификации и получения высоких урожаев картофеля принадлежит сорту.

Повышение уровня технической оснащенности направлено на внедрение интенсивных технологий, перехода от отдельных машин к их системам, охватывающим весь процесс от посадки клубней до уборки и транспортировки урожая. Особое внимание при этом следует уделять качеству машин и их надежности.

Потребление картофеля на душу населения в 2015 г. составило 111 кг в год. В хозяйствах всех категорий было реализовано 8603 тыс. т картофеля, товарность составила 25,6% (табл. 33).

В хозяйствах населения было выращено 26096 тыс. т картофеля (77,6% от общего объема производства), тогда как в сельскохозяйственных организациях – 13,8%.

Экономическая эффективность производства картофеля во многом определяется ценами реализации, которые должны не только полностью возмещать издержки производства, но и создавать условия расширенного воспроизводства продукции. На раннюю продукцию устанавливаются более высокие цены, чем на позднюю. За счет повышения цены реализации и уровня товарности рентабельность ранней продукции, как правило, выше.

Таблица 33

Производство и сбыт картофеля в Российской Федерации

Показатели	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Потребление на душу населения в год; кг	109	104	110	111	111	111
Товарность, хозяйства всех категорий	25,9	21,6	25,6	25,6	25,0	25,6
Товарность, сельскохозяйственные организации	85,4	43,0	61,4	70,6	59,2	54,2
Реализация, в хозяйствах всех категорий, тыс. т	5481	7071	7565	7716	7861	8603
Урожайность, в хозяйствах всех категорий; ц/га	100	148	134	145	150	159
Валовой сбор картофеля, тыс. т						
Хозяйства всех категорий	21141	32681	29533	30199	31501	33646
Хозяйства населения	17753	26019	23305	24841	25327	26096
Структура производства (в процентах от общего объема производства), %						
Все сельскохозяйственные организации	10,5	13,0	13,1	10,9	12,1	13,8
Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели	5,5	7,4	8,0	6,8	7,5	8,6
Хозяйства населения	84,0	79,6	78,9	82,3	80,4	77,6
Индексы производства картофеля в РФ, хозяйства всех категорий; в процентах к предыдущему году	67,9	154,6	90,4	102,3	103,0	106,8

На рентабельность картофеля большое влияние оказывает качество продукции. Продукция с высоким биохимическим качеством (содержание крахмала в картофеле и т.д.) при приеме на промышленную переработку оплачивается выше, чем с предусмотренным базисным уровнем. Нестандартная продукция оплачивается на 40-50% ниже, чем стандартная.

Картофелеводство является отраслью сельского хозяйства России, где производство продукции было рентабельным на протяжении длительного периода. Уровень рентабельности картофеля по экономическим районам и годам значительно колеблется.

Пути повышения эффективности производства картофеля связаны с повышением его урожайности за счет внедрения интенсивных технологий производства, предусматривающих применение комплексной механизации, обоснованных доз органических и минеральных удобрений, химических средств защиты, химической мелиорации почв, внедрения высокоурожайных районированных сортов, рациональной организации труда и пр.

Урожайность картофеля повышается на 10-15% при посадке семенами элиты и первой репродукции. В Госреестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию в 2015 г., включено более 283 сортов картофеля, способных давать стабильные и высокие урожаи в различных почвенно-климатических условиях.

В зависимости от использования картофеля различают пять групп сортов: столовые, технические, кормовые, специальные и универсальные.

Специальные сорта предназначены для выработки чипсов, сухого и порошкового картофеля, диабетических продуктов. Универсальные сорта по содержанию крахмала, белков и вкусовым качествам клубней занимают промежуточное положение между столовыми и техническими сортами.

Потери картофеля на уборке, перевозке и хранении могут достигать 30%. Снизить потери картофеля, затраты на его транспортировку позволяет первичная подработка, хранение и переработка в местах производства.

Потери продукции снижаются при внедрении контейнерной перевозки картофеля, реализации его по прямым связям, минуя оптовые базы, так как многочисленные перевалки снижают качество и повышают затраты на погрузочно-разгрузочные работы.

Снизить потери картофеля, затраты на его транспортировку позволяет первичная подработка на сортировальных пунктах доработки продукции, хранение и переработка в местах производства. Для этого в хозяйствах должна быть создана соответствующая материально-техническая база. При хранении продукции в местах производства сокращается объем массовых перевозок, нестандартная продукция и отходы сразу направляются на корм скоту, продукция завозится в город в размере текущей потребности. Переработку картофеля можно организовать в хозяйствах. Из картофеля получают до 60 видов продуктов, существует также безотходная технология производства, когда очистки картофеля идут на приготовление сухого корма.

Существенными факторами повышения эффективности производства картофеля является специализация и концентрация. Эффективность отрасли картофелеводства гораздо выше в специализированных хозяйствах, где под культуру отводятся значительные площади, что позволяет внедрять прогрессивные технологии выращивания, упорядочивать внутрихозяйственное семеноводство, внедрять интегрированную систему защиты посадок от грибных и вирусных заболеваний, вредителей и сорняков. В специализированных хозяйствах выше урожайность, ниже себестоимость и затраты труда на единицу продукции, выше рентабельность отрасли.

Контрольные вопросы

1. Народнохозяйственное значение картофеля.
2. Особенности отрасли картофелеводства.
3. Современное состояние производства картофеля в России.
4. Факторы развития картофелеводства.
5. Посевные площади картофеля в Российской Федерации.
6. Факторы повышения эффективности производства картофеля.
7. Показатели, характеризующие экономическую эффективность возделывания картофеля.

6. ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА ОВОЩНЫХ И БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

6.1. Уровень, структура и размещение овощных и бахчевых культур

Овощеводство – отрасль растениеводства, занимающаяся производством овощей – сочных органов (плодов, корневых образований, клубней, луковиц, листьев, стеблей, соцветий) однолетних, мало- и многолетних травянистых растений, употребляемых в пищу в сыром и переработанном виде, а также съедобных грибов.

Выделяют овощеводство открытого грунта и овощеводство защищенного грунта.

В овощеводстве открытого грунта можно выделить производство товарных овощей в полевых условиях с применением высокопроизводительных машин и выращивание овощей на огородах с преимущественным применением ручного труда.

Овощеводство защищенного грунта ведется в крупных тепличных комбинатах, являющихся предприятиями промышленного типа, и в малогабаритных простейших теплицах и укрытиях, ориентированных в основном на применение ручного труда и элементарных орудий.

В защищенном грунте выращивают около 50 культур, различающихся по принадлежности к ботаническим семействам, способам возделывания и потребления. Ассортимент овощных культур в защищенном грунте – огурцы, томаты, баклажаны, перец, зеленные культуры и др.

Большое значение защищенный грунт имеет для выращивания рассады многих овощных культур, что обеспечивает более ранний выход их из открытого грунта и позволяет возделывать позднеспелые теплолюбивые культуры в районах с более холодным климатом.

Лидером по количеству квадратных метров теплиц на одного человека является Голландия.

В мире из всего комплекса защищенного грунта около 88% покрыто пленкой. В странах с мягким климатом пленочные сооружения, с умеренным климатом – остекленные теплицы.

В тепличных хозяйствах используют системы малогабаритных машин и автоматическое регулирование микроклимата. Более

современные теплицы опираются на регулирование потребности растения с помощью компьютера.

Крупные тепличные комбинаты в России – Московский, Белая дача, Майский.

Социально-экономическая роль овощеводства заключается, главным образом, в том, что оно является одним из источников продовольственных ресурсов.

Культурные и дикие растения, которые можно использовать в качестве овощей, представлены 1200 видами, входящими в 78 семейств, из которых 59 (870 видов) – двудольные и 196 (330 видов) – однодольные. Число возделываемых овощных растений значительно меньше, но они весьма многообразны.

Овощные культуры представлены множеством видов, форм, сортов и большим разнообразием продуктовых органов, употребляемых в пищу в сыром, вареном или консервированном виде. С многообразием овощных культур, нежностью их продуктовых органов связаны трудности в создании унифицированных технологий и механизации возделывания.

Особая ценность овощей как продуктов питания определяется высоким содержанием практически всех видов витаминов. Наиболее богаты они витаминами А, В, С, которые требуются организму в сравнительно больших количествах. Больше всего витамина С содержат следующие овощи: шпинат, салат, ревень, томат, петрушка, спаржа, укроп, лук-перо, перец и др.

Овощи отличаются богатым содержанием минеральных веществ, содержат ферменты, органические кислоты, эфирные масла, пектиновые вещества. Они богаты микроэлементами (марганец, молибден, йод, бор, цинк, медь и др.). В свежем виде содержат фитонциды.

Невысокая энергетическая ценность овощей по сравнению с пищей животного происхождения делает их особенно необходимыми для сбалансированности пищевых рационов при диетическом питании. Считается нормальным, если удельный вес овощной продукции, в суточном рационе человека составляет 20-25% и более.

По способам употребления в пищу все овощные культуры делят на три группы:

- овощи, употребляемые преимущественно в сыром виде;
- овощи, употребляемые как в сыром, так и переработанном виде;

- овощи, употребляемые преимущественно в переработанном виде (тепловая обработка, консервирование, сушка, замораживание).

Преимущественно в сыром виде в пищу употребляют салатные овощи: салат листовой, кочанный, все виды салатного цикория, кресс-салат, водяной-кресс, редис, редьку, листья луковых растений, хрен, катран.

В сыром и переработанном виде употребляют: томаты, огурцы, дыни, арбузы, перец, морковь, капусту белокочанную, капусту пекинскую, кольраби, репу, брюкву, лук репчатый, чеснок, лук-порей, горох, пряные травы, петрушку, сельдерей черешковый и корневой, шпинат, щавель.

В переработанном виде используют: тыкву, кабачки, патиссоны, фасоль, спаржу, ревень, баклажаны, пастернак, корневую петрушку, грибы.

Наблюдается увеличение потребления овощей и продовольственных бахчевых культур на душу населения в год. В 1990 г. потребление овощей и продовольственных бахчевых культур на душу населения составляло 89 кг, в 2010 г. – 101 кг, в 2014 г. – 111 кг. Научно обоснованная норма потребления овощей и плодов бахчевых культур 120-140 кг.

Баланс ресурсов и использования овощей и бахчевых культур представлен в таблице 34. Запасы на начало 2014 г. составляли 7493 тыс. т, было произведено 16885 тыс. т овощей и бахчевых культур, импорт составил 2929 тыс. т (10,7% от ресурсов).

Таблица 34

Баланс ресурсов и использования овощей и бахчевых культур по Российской Федерации, тыс. т

Показатели	Годы				
	2010	2011	2012	2013	2014
Ресурсы					
Запасы на начало года	7009	6402	7516	7375	7493
Производство	13278	16270	16079	16109	16885
Импорт	3158	3155	2806	2817	2929
Итого ресурсов	23445	25827	26401	26301	27307
Использование					
Производственное потребление	1662	1876	1975	1996	2006
Потери	412	469	561	547	552
Экспорт	543	860	890	658	750
Личное потребление	14426	15106	15600	15712	16166
Запасы на конец года	6402	7516	7375	7388	7833

В период с 2010-2015 гг. в России отмечается увеличение производственного потребления овощных и бахчевых культур с 1662 тыс. т в 2010 г. до 2006 тыс. т в 2015 г.

В 2015 г. в хозяйствах всех категорий было произведено 14702 тыс. т овощей открытого грунта, что на 547 тыс. т больше, чем в предыдущем году. Так, производство капусты всех видов составило 3611 тыс. т, производство помидоров – 2282 тыс. т, производство лука репчатого – 2102 тыс. т.

Всего в 2015 г. было произведено 16111 тыс. т овощей открытого и защищенного грунта, 1666 тыс. т бахчевых продовольственных культур (табл. 35).

Таблица 35

Производство овощей в Российской Федерации (хозяйства всех категорий), тыс. т

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Овощи открытого грунта	11561	14105	13545	13506	14155	14702
из них: капуста всех видов	2737	3533	3315	3335	3499	3611
огурцы	1162	1202	1086	1068	1111	1130
помидоры	2050	2201	2208	2162	2300	2282
свекла столовая	836	1072	1008	1002	1070	1084
морковь столовая	1303	1735	1565	1605	1662	1781
лук репчатый	1536	2123	2081	1985	1994	2102
чеснок	213	234	239	233	256	255
кабачки	482	560	506	468	519	626
тыква столовая	507	616	575	660	713	744
прочие овощи	679	756	890	919	932	984
Овощи открытого и защищенного грунта	12126	14696	14626	14689	15458	16111
Бахчевые продовольственные культуры	1152	1575	1453	1420	1428	1666

Наиболее распространенными овощными культурами в России в открытом грунте в хозяйствах всех категорий в 2015 г. являлись капуста (24,6% в структуре посевов овощных), помидоры (15,6%), лук репчатый (14,3%), морковь (12,1%), огурцы (7,8%), свекла (7,4%).

В хозяйствах населения в 2015 г. производство овощей открытого и защищенного грунта составило 10791 тыс. т, бахчевых продовольственных культур – 984 тыс. т.

В 2015 г. в хозяйствах населения отмечалось увеличение валового сбора огурцов на 86 тыс. т, кабачков – на 11 тыс. т, бахчевых продовольственных культур – на 196 тыс. т (табл. 36).

Таблица 36

Производство овощей в Российской Федерации (хозяйства населения), тыс. т

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Овощи открытого и защищенного грунта	8668	9783	10111	10199	10803	10791
из них: капуста всех видов	2045	2375	2414	2448	2677	2665
огурцы	1059	1119	1172	1190	1174	1260
помидоры	1641	1759	2029	1984	2156	2152
свекла столовая	602	695	698	699	725	709
морковь столовая	887	1063	1028	1046	1094	1069
лук репчатый	874	1018	1001	999	1081	1053
чеснок	212	232	238	231	255	252
кабачки	404	441	401	403	441	452
тыква столовая	465	561	504	556	552	547
прочие овощи	470	484	613	629	633	619
Бахчевые продовольственные культуры	569	850	829	804	788	984

По валовому сбору продукции *капуста* среди овощных культур занимает первое место. Ее выращивают повсеместно – от южных до северных границ России.

Наиболее распространена белокочанная капуста. В северной и средней частях Нечерноземной зоны она занимает до 50% площади всех овощных культур и до 98% всей площади под капустными культурами. Здесь получают высокие урожаи до 100 ц/га.

Все виды и разновидности капусты (белокочанная, краснокочанная, савойская, брюссельская, цветная, брокколи, кольраби, пекинская, китайская) содержат витамины и обладают лечебными свойствами.

Широкое распространение белокочанной капусты обусловлено ее высокими вкусовыми качествами. Ее употребляют в свежем виде, варят, тушат, сушат и заквашивают.

Савойская капуста также формирует кочан; отличается она повышенным содержанием сухих веществ, витаминов, хорошими вкусовыми качествами и находит широкое применение в кулинарии.

У брюссельской капусты в пищу используют кочанчики, развивающиеся на укороченных побегах в пазухах листьев. Употребляют в вареном (главным образом в супах), тушеном и жаренном виде. По содержанию белка, аскорбиновой кислоты и вкусовым свойствам брюссельская капуста относится к наиболее ценным овощным растениям.

У цветной капусты используют головку – укороченный, многократно разветвленный цветочный стебель. Цветная капуста – высококачественный диетический продукт питания, из нее делают консервы, замораживают, употребляют в жареном виде и для приготовления супов.

У кольраби продуктовый орган – утолщенный (шаровидный) стебель. Он содержит в 1,5 раза больше азотистых веществ и больше аскорбиновой кислоты, чем капуста белокочанная.

Капуста пекинская – раннеспелое и холодостойкое растение. Отличается высоким содержанием разнообразных витаминов. Продуктовый орган у нее – листья, рыхлый кочан, из которого готовят горячие блюда, салаты и который заквашивают.

Китайскую капусту выращивают в России в однолетней культуре. Она формирует прямостоячую розетку листьев, готовую к уборке через 40-50 дней после посева. Черешки и листья китайской капусты более грубые, чем пекинской, и потому ее чаще используют в супах и вторых блюдах.

Капуста возделывается повсеместно, высокоурожайна, устойчива к неблагоприятным условиям, транспортабельна, хорошо хранится.

Томат занимает второе место среди овощных культур. Плоды томата богаты витаминами. Применяется в пищевой промышленности и кулинарии. К основным видам томатопродуктов относятся очищенные замороженные томаты, сок, пюре, паста, натуральные и закусочные консервы.

Огурец издавна пользуется большой популярностью у населения в разных регионах. Его используют в пищу в свежем и консервированном виде (соленом и маринованном). Пищевая ценность огурца связана с содержанием щелочных минеральных солей (K, Mg), солей фосфора и железа, а также ферментов, способствующих усвоению витамина B_2 из другой пищи и белков животного происхождения. Огурцы содержат небольшое количество витаминов A и C.

Ценность огурцов определяется вкусовыми качествами, способствующими хорошему усвоению пищи, а также наличием в них явлений пептизации. По энергетической ценности плоды огурца, содержащие 95-96,8% воды, занимают среди овощей последнее место (670 Дж/кг), превосходя лишь салат.

В пищу используют 8-12-дневные плоды (зеленцы), а также консервированные 2-3-дневные (пуплята) и 4-5-дневные завязи. Первые идут для приготовления пикулей, вторые – корнишонов.

Огурец имеет большой удельный вес в овощеводстве, особенно в защищенном грунте. Основное товарное производство огурца в открытом грунте сосредоточено в южных областях России и Центрально-Черноземном районе.

Томаты и огурцы – требовательные к световому и тепловому режиму культуры. Кабачки и тыква выращиваются повсеместно во всех категориях хозяйств.

Перец содержит много витамина С. В фаршированном виде он является одним из лучших блюд. Острый перец используют как пряноострую приправу в свежем виде или в виде сушеного молотого порошка.

Баклажан относится к особо ценным культурам. Благодаря комплексу пектиновых, дубильных веществ и других компонентов он обладает своеобразным терпким вкусом. Из баклажан приготавливают закусочные консервы. Баклажан употребляется только в переработанном виде.

Лук – ценный продукт питания, возделывают его как овощную культуру свыше 4000 лет, с древнейших времен используется в народной медицине. Возделывают: репчатый лук, лук-батун, лук-порей. Целебные свойства лука обусловлены высоким содержанием эфирных масел, в состав которых входит диаллилсульфид и другие сульфидные соединения. Летучая часть их обладает сильными антисептическими (фитонцидными) свойствами, и по содержанию фитонцидов лук и чеснок – наиболее ценные растения. В листьях и луковицах лука содержится каротин, витамины B_1, B_2, PP и С, а также ферменты.

Лук употребляют в свежем и поджаренном виде, в качестве приправ, при консервировании. Добавление лука к пище делает ее вкусной и хорошо усвояемой. В начале роста в пищу употребляют листья, затем используют листья и молодые луковицы, позднее – зрелые луковицы, которые хорошо сохраняются в течение

длительного времени. Лук (на репку, севок) выращивается во всех регионах России во всех категориях хозяйств.

У лука-порея в молодом возрасте используют широкие плоские лентовидные зеленые листья. Во взрослом состоянии они грубеют. В пищу употребляют главным образом отбеленный ложный стебель, состоящий из листовых влагалищ.

Сорта с наружными чешуями, окрашенными в красный и желтый цвета, содержат гликозид кверцетин. Он повышает устойчивость лука к болезням.

У *чеснока* в пищу используют молодые листья и луковицу. Отличается своеобразным запахом. Употребляется как приправа в кулинарии, в консервной и мясной промышленности. Чеснок выращивается повсеместно в основном в хозяйствах населения.

Морковь – холодостойкая овощная культура, среди столовых корнеплодов она занимает первое место. Корнеплоды моркови разнообразны по окраске, форме и вкусовым качествам. Содержание каротина 13,4-27,5%. Употребляют в свежем (сыром) и переработанном виде.

Свекла – ценная овощная культура. Распространены плоские и шаровидные сорта. Столовая морковь и свекла выращиваются во всех регионах России.

Кабачок – высокоурожайная овощная культура, которая может возделываться в качестве сочного корма. Отличается коротким периодом вегетации и быстрым ростом плодов. Хороший медонос. Плоды кабачка используют молодыми с неогрубевшей корой (размер 20-25 см).

Мировым лидером производства овощей является Китай (49%), на втором месте Индия (9,6%), на третьем США (4%). Доля России 1,4%. Потребности населения в овощах и продовольственных бахчевых культурах покрываются за счет импорта (Польша, Нидерланды, Испания, Турция, Китай и др.).

Во многих странах более половины общего потребления составляют переработанные овощи.

В обеспечении населения свежими овощами и плодами бахчевых культур, а также продуктами их переработки большое значение имеет рациональное размещение культур по территории страны, научно обоснованная специализация производства, создание необходимой материально-технической базы для их переработки и хранения.

В Российской Федерации овощи выращиваются во всех федеральных округах, наибольшие площади сосредоточены в Центральном, Южном и Приволжском федеральных округах.

Бахчеводство – отрасль растениеводства, занимающаяся выращиванием бахчевых культур. Арбуз, дыня, тыква – теплолюбивые засухоустойчивые растения семейства тыквенных.

Плоды бахчевых культур являются диетическими и лечебными продуктами. Плоды арбуза и дыни употребляют преимущественно в свежем виде и в консервной промышленности для приготовления арбузного и дынного меда (нардек и бекмес), различных кондитерских изделий, цукатов, мармелада, джема, пастилы и других продуктов. Семена тыквы и арбуза перерабатывают на масло, а жмых, получаемый при этом, является ценным кормом для животных. Все бахчевые культуры представляют большую ценность в кормопроизводстве, так как обладают высокими питательными качествами.

Арбуз столовый – одно из древнейших культур, он был известен в древнем Египте еще 4 тысячи лет назад. В плодах арбуза содержатся легко растворимые усвояемые сахара (до 8%), пектиновые вещества (1-2%), нежная клетчатка (1,5%), каротин, витамин B_9, минеральные соли, а также лимонная, яблочная, янтарная и никотиновые кислоты. Белков в плодах мало, но зато представлены все незаменимые аминокислоты.

Столовый арбуз – ценное лекарственное растение. Благодаря содержанию железа он полезен при малокровии, заболевании печени, гастроэнтероколитах и атеросклерозе, а также при нарушении обмена веществ и недостаточном кровообращении. Он является самым лучшим мочегонным средством, которое хорошо очищает печень, почки и мочевыводящие пути. Врачи рекомендуют его при различных заболеваниях (нефриты, циститы, запоры, избыточный вес и др.). Из семян арбуза получают масло, которое используется для лечения рахита.

Плоды дыни считаются ценным пищевым продуктом. По содержанию сахара она превосходит арбуз. Усвояемого железа в 17 раз больше, чем в молоке и в 2 раза больше, чем в курином мясе. Витамина С в ней в 3 раза больше, чем в арбузе. В семенах дыни содержится много пищевого масла.

Дыня является ценным лекарственным растением. Врачи рекомендуют ее при заболевании различных органов (сердце,

печень, почки, малокровие, нервная система, дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт и др.).

Плоды тыквы считаются ценнейшим продуктом питания. Они состоят из белка 1,0%, углеводов 6,5%, пектиновых веществ 1,0%, клетчатки 0,7%, золы 06%. В тыкве содержится много железа и различных витаминов. Каротина в ней больше, чем в моркови. Она может использоваться сырой, печеной, пареной и жареной, из нее можно делать пюре, варенье и цукаты. Эта культура считается хорошим медоносом.

Целебные свойства тыквы известны с глубокой древности. Она широко используется при многих заболеваниях (повышенная кислотность, катар желудка, воспаление толстого кишечника, запор, ожирение, отеки, гельминты, ожог, сыпь, бессонница и др.). Тыквенные семена (излюбленное народное лакомство) содержат до 52% высококачественного пищевого масла. В сухой и сухостепной зонах она считается лучшим сочным кормом для всех сельскохозяйственных животных. Может легко храниться.

Бахчевые культуры созревают неодновременно, в течение 1-2 месяцев, чтобы не допустить их перезревания их убирают выборочно, в несколько приемов. Спелые плоды можно распознать по плотности, блеску и рисунку кожуры. При уборке на плодах тыквы и арбузов рекомендуется оставлять плодоножки, так как это повышает их лежкость. Транспортировку и складирование плодов проводят осторожно, без повреждения коры, чтобы избежать их порчи. Лидер по производству бахчевых культур – Китай. Крупными регионами выращивания товарных бахчевых культур являются Волгоградская область, Астраханская область, Ростовская область, Оренбургская область, Саратовская область, Алтайский край, республика Дагестан и др.

В специализированных хозяйствах, где бахчевые культуры занимают большие площади, при правильной организации (механизация посева, ухода за растениями, соблюдение технологии возделывания, своевременной реализации плодов, наличия хранилищ) бахчеводство является высокодоходной отраслью.

Кооперация и агропромышленная интеграция в овощеводстве позволяет объединять ресурсы отдельных производителей, обеспечивает концентрацию производства и специфический синергетический эффект, рациональное использование местных условий,

труда, земли, а также развитие предпринимательских способностей участников рынка.

Концентрация производства того или иного вида овощей в определенных регионах предоставляет возможность предусматривать и регулировать экспортные операции, устанавливать долговременные взаимовыгодные связи с зарубежными потребителями продукции.

На основе развития интеграции, различных форм производственно-экономического сотрудничества между овощеводческими хозяйствами, предприятиями сферы производства, переработки и реализации овощей могут образовываться различные формирования по производству плодоовощной продукции, базирующиеся на различных формах собственности.

Необходимым условием формирования рыночных отношений выступает создание системы гарантированного сбыта овощей. Для рынка овощей важно установить эффективную связь «производство-заготовки-хранение-реализация продукции». С целью развития системы сбыта овощной продукции необходимо развивать рыночную инфраструктуру путем создания оптово-распределительных центров.

Овощеводство концентрируется в пригородных зонах крупных городов. Важное условие рационального использования овощной продукции – организация хранения ее в местах производства, т.е. в специализированных овощеводческих хозяйствах.

Снижение количественных и качественных потерь овощей при хранении может обеспечиваться как факторами, действующими непосредственно в процессе хранения, так и факторами профилактического характера, создающими предпосылки для минимальных потерь овощей.

К первой группе факторов относится соблюдение условий хранения, особенно температурно-влажностного режима. К факторам профилактического характера относятся использование для закладки на хранение овощей лежкоспособных сортов и гибридов, хранение овощей в контейнерах.

Овощи скоропортящийся продукт, продлить срок их потребления можно путем консервирования. В зависимости от способов воздействия на сырье и происходящих в нем процессов различают следующие виды переработки: биохимические (квашение, соление, мочение), химические (маринование, консервирование

веществами антисептического действия), физические (термостерилизация (при производстве консервов), сушка, замораживание и др.).

Наличие перерабатывающих подразделений в крупных специализированных овощных хозяйствах позволяет рационально использовать всю выращенную продукцию, в том числе и нестандартную.

Для повышения эффективности овощеводства защищенного грунта необходимо проводить реконструкцию тепличных комбинатов, связанную с переводом их на малообъемные (контейнерные) технологии с капельным поливом. Технологии на малообъемных субстратах (минеральная вата, торф, кора и др.) позволяют исключить ряд энерго- и трудоемких операций: обработку почвы, обеззараживание (пропаривание) грунтов, защиту растений от сорняков и т.п.

Необходимо полнее использовать такие резервы экономии тепловой энергии, как герметизация, теплоизоляция, конструктивное улучшение теплиц. Полнее использовать такие дешевые источники тепла для защищенного грунта, как тепловые отходы промышленных предприятий и электростанций, а также нетрадиционные возобновляемые виды энергии. При утилизации тепловых отходов промышленности себестоимость продукции снижается на 20%, а расход топлива сокращается примерно в 6 раз.

6.2. Пути повышения экономической эффективности производства овощей

Эффективность производства овощей во многом зависит от реализации генетического потенциала продуктивности сорта, от того, в какой степени это возможно в конкретных условиях культуры. На показатели средней урожайности овощей существенное влияние оказывают структура их посевов, а также природно-климатические условия и уровень интенсификации. Удельный вес отдельных овощных культур в посевах овощей по регионам страны различен и средняя урожайность овощей по федеральным округам и областям значительно изменяется. Посевные площади овощных и продовольственных бахчевых культур в открытом грунте в 2015 г. в хозяйствах всех категорий составили 694 тыс. га (табл. 37).

Таблица 37

Посевные площади овощных и продовольственных бахчевых культур в Российской Федерации, тыс. га

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства всех категорий						
Овощи открытого грунта	662	698	681	671	684	694
из них: капуста всех видов	120	128	115	114	113	114
огурцы	67	67	69	68	71	70
помидоры	117	120	120	122	120	119
свекла столовая	46	52	48	47	49	48
морковь столовая	70	78	71	70	71	70
лук репчатый	90	97	93	87	87	89
чеснок	27	27	28	28	29	29
кабачки	25	26	25	22	24	28
тыква столовая	30	33	30	35	39	43
прочие овощи	54	52	60	60	62	64
Бахчевые продовольственные культуры	141	185	143	154	145	167
Сельскохозяйственные организации						
Овощи открытого грунта	90	103	90	82	86	93
из них: капуста всех видов	18	21	16	14	13	14
огурцы	2	2	2	2	2	2
помидоры	5	5	5	5	4	4
свекла столовая	9	12	10	9	9	10
морковь столовая	13	17	13	12	13	13
лук репчатый	14	17	14	11	11	13
кабачки	2	3	2	2	1	3
тыква столовая	3	5	2	3	5	6
прочие овощи	9	8	9	10	11	13
Бахчевые продовольственные культуры	21	26	22	21	19	21

В сельскохозяйственных организациях в 2015 г. овощные культуры в открытом грунте занимали площадь 93 тыс. га, продовольственные бахчевые культуры – 21 тыс. га.

Ассортимент овощей открытого грунта в хозяйствах всех категорий включал: капусту всех видов, огурцы, помидоры, свеклу столовую, морковь столовую, лук репчатый, чеснок, кабачки, тыкву столовую.

В структуре посевных площадей в период с 2010-2015 гг. в хозяйствах всех категорий отмечается постепенное увеличение площадей возделывания продовольственных бахчевых культур. Так, в 2010 г. посевные площади бахчевых продовольственных культур составляли 44 тыс. га, к 2015 г. увеличились до 68 тыс. га.

Основные посевные площади овощных и продовольственных бахчевых культур располагаются в хозяйствах населения. Так, в 2015 г. в хозяйствах населения посевные площади овощных культур составили 505 тыс. га, бахчевых продовольственных культур 68 тыс. га (табл. 38).

Таблица 38

Посевные площади овощных и продовольственных бахчевых культур в Российской Федерации, тыс. га

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства населения						
Овощи	498	502	508	503	514	505
из них: капуста всех видов	90	89	86	84	86	85
огурцы	60	61	62	62	63	63
помидоры	97	98	102	102	104	103
свекла столовая	31	32	32	32	32	31
морковь столовая	48	49	48	48	48	46
лук репчатый	64	64	63	62	64	62
чеснок	27	27	27	27	28	28
кабачки	21	20	20	18	20	19
тыква столовая	25	26	24	26	25	24
прочие овощи	35	35	41	40	41	40
Бахчевые продовольственные культуры	44	56	50	55	57	68

В 2015 г. в структуре посевных площадей овощи открытого грунта в хозяйства населения занимали 72,8%, в сельскохозяйственных организациях – 13,4%, в крестьянских (фермерских) хозяйствах и у индивидуальных предпринимателей – 13,8% посевных площадей хозяйств всех категорий (рис. 8).

В структуре посевных площадей в хозяйствах всех категорий овощи открытого грунта стабильно занимают 0,9%, бахчевые продовольственные культуры – 0,2%. В сельскохозяйственных организациях в структуре посевных площадей овощи открытого грунта занимают 0,2% от всей посевной площади, бахчевые продовольственные культуры – 0,04%. В структуре производства овощи в сельскохозяйственных организациях в 2015 г. занимали 17,9% от общего объема производства, в крестьянских (фермерских) хозяйствах – 15,1%, в хозяйствах населения – 67%. В 2015 г. увеличилась доля производства овощей в сельскохозяйственных организациях и в крестьянских (фермерских) хозяйствах (рис. 9).

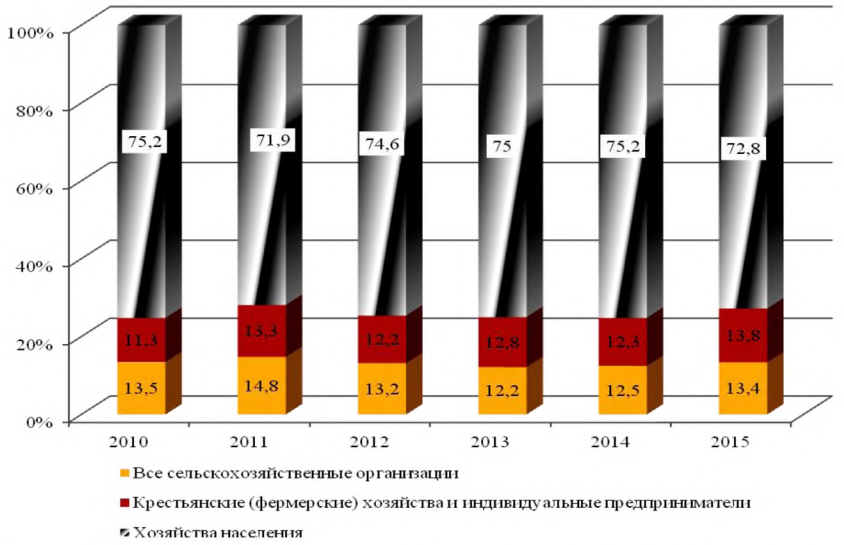


Рис. 8. Структура посевных площадей овощных культур по категориям хозяйств в Российской Федерации

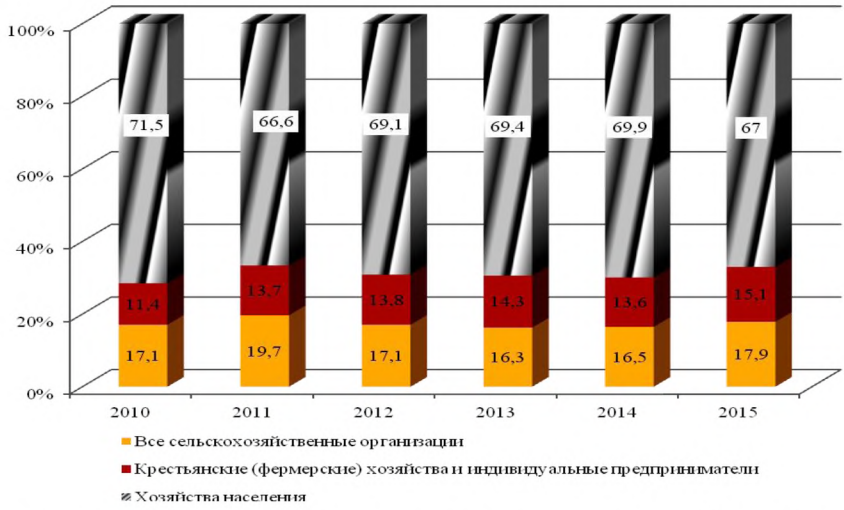


Рис. 9. Структура производства овощей по категориям хозяйств в РФ

Урожайность овощей в открытом грунте зависит от многих факторов. В период 2010-2015 гг. в России отмечалось увеличение урожайности овощных культур открытого грунта. Так, урожайность овощей в открытом грунте в хозяйствах всех категорий в 2015 г. составила 225 ц/га, что на 20% больше, чем в 2010 г. В сельскохозяйственных организациях урожайность овощей открытого грунта в 2015 г. составила 254 ц/га (рис. 10).

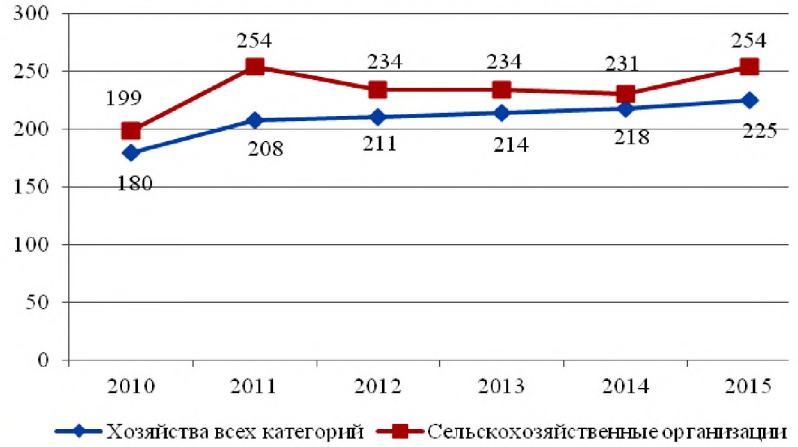


Рис. 10. Урожайность овощных культур по РФ, ц/га с убранной площади

В 2015 г. реализация овощных культур в хозяйствах всех категорий составила 6392 тыс. т, что на 470 тыс. т больше, чем в 2014 г. (рис. 11).

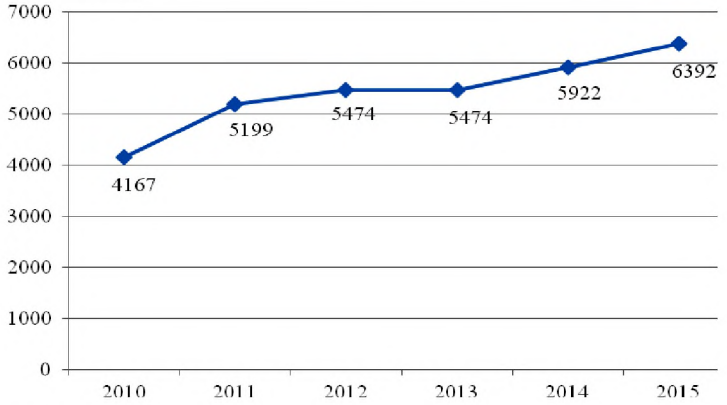


Рис. 11. Реализация овощных культур в хозяйствах всех категорий, тыс. т

Индекс производства овощных культур в 2015 г. увеличился по сравнению с 2014 г. и составил 104,2, что свидетельствует об увеличении производства овощных культур на территории России (рис. 12).

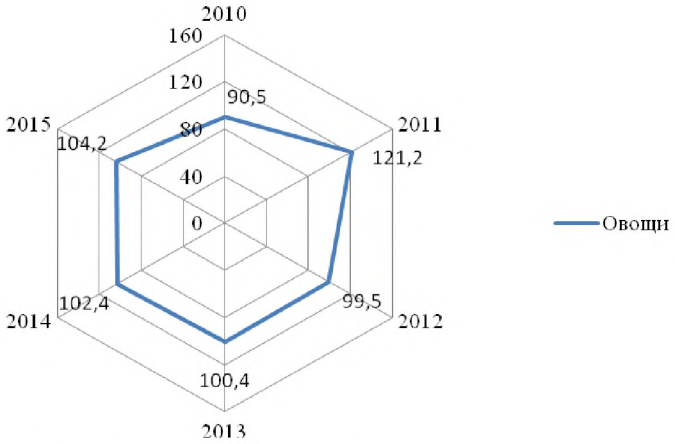


Рис. 12. Индексы производства овощных культур в РФ

Товарность овощных культур в сельскохозяйственных организациях в 2015 г. снизилась, а в хозяйствах всех категорий увеличилась по сравнению с 2014 г. В 2015 г. в сельскохозяйственных организациях было реализовано 78,6% произведенных овощных культур (рис. 13).

Овощеводство – трудоемкая отрасль. Прямые затраты труда значительно дифференцированы по хозяйствам страны, зависят от уровня механизации возделывания культуры и ее урожайности. Особенно трудоемким процессом является уборка, велики затраты ручного труда на их погрузке, разгрузке, сортировке.

Интенсификация овощеводства базируется на применении достижений научно-технического прогресса, использовании специальных сортов, рациональных форм организации и оплаты труда. Интенсивные технологии в овощеводстве имеют общие характерные особенности и тенденции.

1) Общая высокая культура земледелия, предусматривающая возделывание овощей на хорошо окультуренных, высокоплодородных почвах, с рельефом и конфигурацией полей, оптимальными для производительной работы техники.

Предполагается наличие сети дорог, орошения и (при необходимости) дренажной сети.

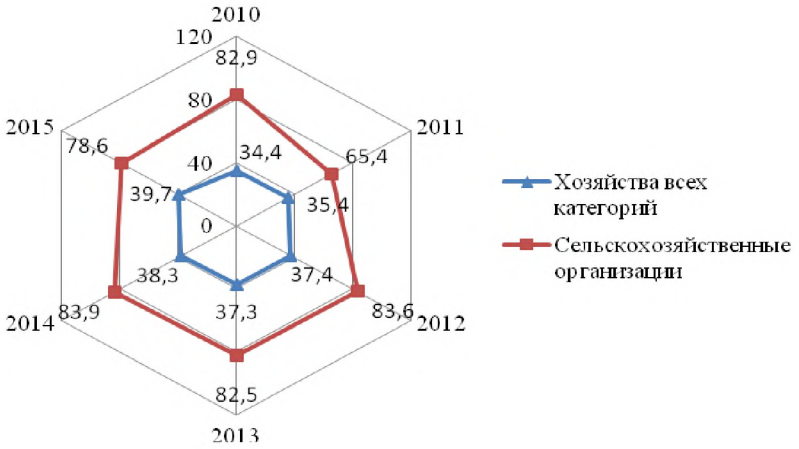


Рис. 13. Товарность овощных культур

2) Относительно жесткая регламентация основных агротехнических приемов (с учетом состояния посевов, фенофаз, почвенных и погодных условий): прогрессивных способов подготовки почвы, орошения, внесения удобрений, гербицидов, приемов борьбы с вредителями и болезнями и др.; применение в повышенных дозах минеральных удобрений и повышенная густота стояния (иногда в 2-3 раза и более по сравнению с обычной технологией), что особенно важно при использовании одноразовой уборки у многосборовых культур.

3) Создание и использование высокоурожайных сортов, обеспечивающих получение высококачественной продукции, пригодной для машинной уборки.

4) Создание предпосылок для максимального исключения из технологий ручных работ в результате механизации и правильной организации труда, замена старых видов тары новыми, использование емкостей для бестарной перевозки (контейнеры, специализированный транспорт и др.).

5) Использование одно- или двухфазной уборки в зависимости от степени зрелости плодов и наличия техники. Однофазную уборку

используют на фасоли, томате, огурце. На горохе, луке, моркови возможно использование одно- и двухфазной уборки.

6) Четкое деление уборочных машин на этапы: уборка и погрузка продукции в транспортные средства; доставка продукции к месту ее обработки (очистка, сортирование, упаковка, утилизация выбракованной части продукции).

7) Формирование комплекса машин для интенсивных технологий с тенденцией использования комбинированных машин типа АПО-5,4, обеспечивающих одновременное выполнение двух-трех операций с меньшими затратами и более высоким качеством.

8) Сочетание прогрессивных технологических приемов с рациональной организацией и оплатой труда по конечному результату.

В овощеводстве выделяют две составляющие эффективности: социальный аспект и экономический аспект.

Социальный аспект заключается главным образом в производстве овощей, которые являются необходимыми и во многом незаменимыми продуктами для сбалансированного питания людей, для поддержания их здоровья и долголетия. Именно эта сторона достоинства овощей выступает главным побудительным мотивом развития овощеводства.

Экономический аспект развития овощеводства связан с положительными показателями выгодности производства овощей, как с позиции народного хозяйства, так и отдельных трудовых коллективов.

Экономическая эффективность производства овощей определяется системой показателей, включающей 3 группы.

1) Показатели, выражающие абсолютные результаты (эффект) производства. Эта группа включает натуральные и стоимостные показатели. К числу основных натуральных показателей относятся урожайность овощных культур и валовой сбор овощей.

2) Показатели, выражающие величину затрат на производство продукции. Главным показателем этой группы является себестоимость продукции.

3) Относительные показатели, выражающие различные соотношения между результатами и связанные с их получением затраты. Эти показатели занимают центральное место в системе показателей экономической эффективности. Они рассчитываются посредством количественного соизмерения эффекта (результатов) и

затрат. Наиболее сложными показателями экономической эффективности являются производительность труда и рентабельность.

В структуре затрат на производство овощей открытого грунта основными статьями являются семена и посадочный материал, удобрения, затраты на содержание основных средств, защиту растений (до 60% затрат).

При определении эффективности овощеводства защищенного грунта необходимо учитывать его специфику. Главная задача овощеводства защищенного грунта заключается в производстве свежих овощей и снабжении ими населения в те периоды года, когда по климатическим условиям выращивание овощных культур в открытом грунте невозможно. Поэтому при определении и анализе экономической эффективности овощеводства защищенного грунта необходимо учитывать фактор времени.

Производство овощей в теплицах, особенно зимних, как правило, всегда обходится дороже по сравнению с открытым грунтом. Но даже минимальные дополнительные затраты труда и средств на производство тепличной продукции могут оказаться малополезными, если она поступит потребителю в период массового сбора овощей в открытом грунте и будет реализована по низким ценам или окажется вовсе невостребованной.

В отличие от сельского хозяйства в целом в овощеводстве защищенного грунта земля не относится к главному средству производства. Она здесь служит пространственным базисом для размещения культивационных сооружений и сопутствующих им построек. Поэтому оценка экономической эффективности производства овощей в защищенном грунте не ориентируется на анализ использования и повышения плодородия.

Для анализа экономической эффективности овощеводства защищенного грунта используют следующие показатели:

- валовая и товарная продукция;
- валовой сбор овощей по видам;
- выход овощей с 1 $м^2$ инвентарной площади теплицы;
- затраты труда на единицу произведенной продукции;
- себестоимость единицы продукции в целом и по элементам затрат (обогрев, освещение, семена и т.д.);
- средняя цена реализации единицы продукции;

- показатель расхода тепла, электроэнергии, удобрений, средств защиты растений и воды на единицу площади и 1 ц продукции в натуральном и стоимостном выражении;
- валовой доход;
- прибыль в расчете на 1 $м^2$ сооружений и 1 ц продукции по видам;
- уровень рентабельности производства в целом и основных видов овощей.

В защищенном грунте как самой энергоемкой отрасли сельскохозяйственного производства наибольший удельный вес занимают расходы на обогрев теплиц, доля которых в структуре эксплуатационных расходов составляет 50%.

Для повышения эффективности бахчеводства большое значение имеет увеличение производства ранней продукции на основе применения рассадного метода. Так, выращивание арбуза, дыни, тыквы рассадой ускоряет выход ранней продукции на 10-14 дней, повышает урожайность на 18-25% и значительно увеличивает прибыль от реализации ранней продукции по более высоким ценам.

Важным направлением повышения экономической эффективности овощеводства и бахчеводства является развитие селекции, расширение сортового состава выращиваемых овощных и бахчевых культур, рациональная организация семеноводства. В последние годы доля иностранных сортов доходит до 50%. В Россию семена завозят из 140 стран мира.

Экономическая эффективность производства овощей во многом определяется ценами реализации. На рентабельность овощей большое влияние оказывает качество продукции. Эффективность овощеводства и бахчеводства гораздо выше в специализированных хозяйствах.

Пути повышения эффективности производства овощных и бахчевых культур связаны, прежде всего, с повышением урожайности (комплексная механизация, внесение минеральных и органических удобрений, применение химических средств защиты растений, внедрение высокоурожайных сортов, рациональная организация труда). Важный резерв повышения урожайности – орошение, сокращение потерь на всех стадиях от производства до потребления.

Важной проблемой является оценка эффективности переработки и хранения овощей, реализации овощной продукции. Их экономическая эффективность определяется на основе сопоставления результатов и затрат. Она отражается показателями прибыли, уровня рентабельности, себестоимости, производительности труда и др.

Главным критерием эффективности хранения овощей может служить сохранность их в соответствии с нормативами товарного вида и полезных питательных свойств. Повышение экономической эффективности хранения обеспечивается за счет применения рациональных способов и режимов хранения.

Контрольные вопросы

1. Современное состояние производства овощей в открытом и защищенном грунте.
2. Основные овощные культуры, возделываемые в Российской Федерации.
3. Размещение овощных и бахчевых культур на территории России.
4. Производство овощей в защищенном грунте.
5. Производство овощных и бахчевых культур в открытом грунте.
6. Показатели экономической эффективности производства овощей.
7. Резервы повышения экономической эффективности производства овощных и бахчевых культур.

7. ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОВ И ЯГОД

7.1. Народнохозяйственное значение и размещение плодовых и ягодных культур

Производство плодов, ягод имеет важное экономическое и социальное значение. Производством плодов и ягод занимается плодоводство. Фрукты – незаменимый продукт питания. Они способствуют профилактике заболеваний, обладают лечебными свойствами.

Питательные и диетические достоинства плодов и ягод во многом определяются их химическим составом. В плодах и ягодах растворимые сухие вещества представлены главным образом сахарами (фруктоза, глюкоза, сахароза), органическими кислотами, водорастворимыми витаминами (аскорбиновая кислота, витамины групп В, Р и др.), дубильными и красящими веществами, пектинами, минеральными солями.

В килограмме плодов и ягод содержится в среднем 440 калорий, что составляет 15% суточной нормы питания человека.

Многие из плодовых и ягодных культур (черная смородина, малина, земляника, абрикос, шиповник, облепиха и др.) обладают лечебными свойствами.

Плоды и ягоды используются как в свежем виде, так и в качестве сырья для консервной, винодельческой и других отраслей промышленности. Современные методы переработки и быстрое замораживание дают возможность практически полностью сохранить питательную ценность продукции и продлить период ее потребления.

Плодовые растения являются хорошими медоносами, многие из них используются в деревообрабатывающей промышленности (грецкий орех, абрикос, груша и др.), из семян некоторых пород получают пищевое и техническое масло (маслина, орехоплодные культуры), растительные краски (фисташка, грецкий орех, шелковица). Их используют для озеленения городов и зон отдыха.

Плодовые растения имеют различную биологию роста, долговечность, урожайность, требования к факторам внешней среды и почвенным условиям. По этим признакам выделяют производственно-биологические группы плодовых растений:

- *семечковые* (яблоня, груша, айва, рябина, арония, ирга, хеномелес, мушмула кавказская);

- *косточковые* (персик, вишня, абрикос, слива, черешня, алыча, терн и др.);

- *ягодные* (земляника, смородина, малина, крыжовник, облепиха, черника, ежевика, калина, жимолость, брусника и др.);

- *орехоплодные* – плодовые породы и дикорастущие растения, формирующие плоды (орехи) (миндаль, лещина (фундук), фисташка, каштан, кария, бук, бразильский орех, макадамия, кедровые сосны, пахира и др.);

- *масличные* – плодовые породы тропической и субтропической зон, дающие жирные масла (масличная пальма, кокосовая пальма, маслина);

- *тонизирующие и пряные* – плодовые культуры и дикорастущие растения, содержащие тонизирующие (кофеин, бромелин и др.) и пряные вещества (чай, кофе, какао, гуарана, арековая пальма, лимонник китайский, гвоздичное дерево мускатное дерево и др.);

- *цитрусовые* – плодовые вечнозеленые культуры (апельсин, мандарин, лимон, лайм, грейпфрут и др.);

- *разноплодные субтропической и умеренной зон* – плодовые листопадные и вечнозеленые культуры (хурма, гранат, фейхоа, инжир, кизил, шелковица и др.);

- *тропические разноплодные* – вечнозеленые теплолюбивые плодовые культуры (банан, ананас, манго, авокадо, папайя, финиковая пальма и др.).

По данным ФАО за последние полтора десятилетия общее производство фруктов возросло более чем на 30%. В настоящее время ассортимент плодовых и ягодных культур в регионах с тропическим и субтропическим климатом доходит до 590 видов.

В мировом производстве плодов первое место занимают бананы, затем цитрусовые, яблоки, тропические фрукты, груша, косточковые, ягоды, финики.

Лидером по площадям фруктовых насаждений и производству фруктов является Китай, затем Индия, США, Испания и Италия.

Цитрусовые выращивают в 75 странах мира. Коммерческие плантации размещены преимущественно в субтропической зоне. Ведущими странами по производству цитрусовых являются Бразилия, США, Испания, Италия, Китай, Мексика, Индия, Япония,

Египет. Крупные промышленные плантации цитрусовых заложены на Кубе и во Вьетнаме.

Российский рынок фруктов характеризуется устойчивой тенденцией к росту. Емкость российского рынка фруктов составляет чуть менее 6 млн. т. Темпы увеличения объема рынка составляют около 15% в год, преимущественно рост рынка осуществляется за счет увеличения импортных поставок фруктов.

В структуре российского импорта фруктов наибольшие объемы приходятся на три вида продукции: цитрусовые, бананы и яблоки. Несмотря на то, что бананы являются абсолютными лидерами продаж, в год на россиянина их приходится до 5 кг.

Рекомендуемая норма потребления плодов, ягод и винограда на человека в год 90-100 кг. Потребление фруктов и ягод в Российской Федерации в 2014 г. составило 64 кг в год на человека, что на 6 кг больше, чем в 2010 г.

Ресурсы и использование фруктов в Российской Федерации в период с 2010-2014 гг. приведены в таблице 39. Запасы на начало 2014 г. составляли 2670 тыс. т, в течение года было произведено 3525 тыс. т, закуплено 6680 тыс. т. Производственное потребление в 2015 г. составило 1058 тыс. т, экспорт 136 тыс. т. (в основном экспортируются ягоды (клюква, брусника, черноплодная рябина), личное потребление 9318 тыс. т.

Таблица 39

Ресурсы и использование фруктов и ягод по РФ, тыс. т

Показатели	Годы				
	2010	2011	2012	2013	2014
Ресурсы					
Запасы на начало года	1618	1753	2133	2448	2670
Производство	2474	2927	2931	3380	3525
Импорт	6780	6971	7084	7201	6680
Итого ресурсов	10872	11651	12148	13029	12875
Использование					
Производственное потребление	728	863	798	975	1058
Потери	93	93	102	103	111
Экспорт	56	43	91	139	136
Личное потребление	8242	8519	8709	9180	9318
Запасы на конец года	1753	2133	2448	2632	2252

В силу климатических особенностей страны Россия всегда будет иметь необходимость импортировать плодово-ягодную продукцию цитрусовых, субтропических, орехоплодных культур.

В структуре российского импорта фруктов наибольшие объемы проходятся на цитрусовые, бананы и яблоки.

Разведением плодовых культур на обособленных земельных массивах и приусадебных участках с целью получения плодов, ягод и орехов занимается плодоводство.

Плодовые культуры относятся к многолетним растениям. Они различаются по долговечности, урожайности, требованиям к факторам окружающей среды, биологическим особенностям роста и развития.

В России среди многочисленных фруктов и ягод наиболее распространенными являются семечковые, косточковые, орехоплодные и ягодные культуры.

Садоводством занимаются во всех регионах Российской Федерации. Основными районами промышленного плодоводства являются Южный (27,2%), Центральный (32,4%) и Приволжский (17,7%) округа РФ. Здесь выращивается более 70% плодов и ягод России, что объясняется как климатическими, так и потребительскими особенностями данных регионов.

Плодово-ягодные насаждения имеют разнообразный породный и сортовой состав. Наибольшее хозяйственное значение из семечковых пород имеют яблоня и груша; из косточковых пород – вишня, слива, абрикос, черешня; из субтропических плодовых культур – апельсин, мандарин, лимон, маслина, инжир; из орехоплодных – грецкий орех, фундук; из ягодников – смородина, земляника, крыжовник, малина.

Яблоня известна человеку с древних времен. В яблоках содержатся сахара (7-15%), органические кислоты (0,26-0,85%), витамин С (4,5-45%), дубильные вещества (0,06-0,11%). Плоды яблони долго хранятся не теряя вкуса. Благодаря наличию летних, осенних и зимних сортов яблоки можно употреблять в пищу в течение всего года. При переработке из плодов яблони получают пюре, сок, уксус, компот, варенье, их можно сушить и мочить. Из яблочного пюре делают мармелад, джем, повидло, пастилу.

В структуре многолетних насаждений в хозяйствах всех категорий собственности яблоня занимает доминирующее положение.

Груша – ценная плодовая порода. Ее плоды обладают диетическими свойствами. В них сочетается маслянистая сочная консистенция с непревзойденной тонкостью вкуса и аромата. В зрелых плодах содержится много сахаров, среди которых основное место занимает фруктоза. В грушах есть органические кислоты, пектиновые, дубильные и ароматические вещества, витамины С, А, В, РР, а также необходимые для человека минеральные вещества. По совокупности вкусовых качеств груши превосходят яблоки, но плоды груши менее транспортабельны, менее лежки, поэтому их употребляют в пищу в основном в свежем виде.

Из плодов груши получают соки, компоты, повидло, варенье, пастилу, мармелад, сухофрукты, сидр, вино. У груши очень ценная древесина (буро-красная), которую используют при изготовлении гравюр, музыкальных инструментов и т.п. В благоприятных условиях груша не менее урожайна, чем яблоня. Кроме того, у нее менее резко выражена периодичность плодоношения.

Вишня – высокозимостойкая косточковая порода. Характеризуется относительной нетребовательностью к условиям произрастания, засухоустойчивостью, скороплодностью. Плоды ее отличаются ранним созреванием, хорошим качеством, обладают целебными и тонизирующими свойствами. Они содержат 6,5-15,5% сахаров, 0,7-3% органических кислот, много биологически активных веществ. Плоды используют в свежем виде, перерабатывают, сушат и замораживают.

Слива – одна из распространенных промышленных плодовых пород. Ее выращивают во всех регионах страны, за исключением северного. В плодах сливы содержится до 6-14% сахаров, 0,5-2,5% органических кислот, пектин, калий и другие элементы и физиологически активные вещества. Плоды используют в свежем виде и для переработки. Из плодов сортов с высоким содержанием сахаров и сухих веществ делают чернослив.

Абрикос – ценная плодовая порода. Он обладает интенсивным ростом, скороплодностью, быстро наращивает урожай. Плоды созревают рано; в них содержится 14% сухих веществ, 0,9% белков, 10% сахаров, 1,3% органических кислот, много минеральных солей, витаминов, а также пектиновых и ароматических веществ.

Абрикос используют в пищу в свежем виде, перерабатывают, сушат (урюк, курага, кайса). Из семян плодов получают масло, а семена сладкоплодных сортов заменяют миндаль.

Черешня – один из видов переднеазиатского происхождения рода вишен, ставший самостоятельной плодовой породой благодаря комплексу хозяйственно ценных признаков. Промышленная культура черешни сосредоточена на юге страны. Незначительное место занимает она и в южных областях Центрально-Черноземной зоны. В плодах черешни содержится до 18% сахаров при незначительном количестве органических кислот, что обуславливает их десертный вкус. Плоды широко используют в свежем виде, делают соки, компоты и др.

Смородина. Ягоды смородины черной богаты витаминами С 80-150 мг/100 г) и Р (1100-1200 мг/100 г), содержат провитамины А, B_9, К, оксикумарины. Смородина белая и красная по содержанию витаминов С и Р в 3-4 раза беднее черной. Ягоды смородины используют для переработки на варенье, соки и вина. Культура смородины черной получила наибольшее распространение в Нечерноземной полосе европейской части России, Центрально-Черноземной зоне, Сибири и Дальнем востоке. Белая смородина распространена на юге России.

Земляника произрастает во всех зонах плодоводства России. Спрос населения на свежие ягоды и продукты переработки обусловлен их высокими вкусовыми качествами. Ягоды земляники содержат сахара (4-10%), органические кислоты (0,8-1,3%), витамины С, Р, B_9, соединения фосфора, железа, кальция, микроэлементы.

Крыжовник выращивают вокруг крупных промышленных центров европейской части России. В ягодах крыжовника содержится 20-30 мг/100 г витамина С. Витамина Р в зеленоплодных и желтоплодных сортах 100-250 мг/100 г, в сортах с вишневой окраской мякоти – до 750-1000 мг/100 г. Ягоды крыжовника используют для переработки на варенье, соки и вина.

Малина – широко распространена в культуре и в естественных условиях. Ягоды ее имеют привлекательную окраску, обладают приятным вкусом, ароматом, благоприятным соотношением сахаров и кислот, хорошо утоляют жажду и тонизирующе действуют на организм. Они содержат 4,5-9,5% сахаров, 1,1-1,9% органических кислот, 30-75 мг витамина С на 100 г. Употребляют их в свежем и переработанном виде (варенье, желе, повидло, соки, вино). Малиновое варенье и сушеные ягоды применяют как потогонное средство.

Ведущей ягодной культурой является земляника. В больших количествах ее производят США, Испания, Япония, Южная Корея, Польша. Россия является лидером по производству малины, смородины и крыжовника.

Цитрусовые культуры (апельсин, мандарин, лимон, грейпфрут) в России имеют ограниченный ареал распространения – Краснодарский край (в основном Черноморское побережье). Продвинуть возделывание цитрусовых в более северные районы Краснодарского края позволило выращивание полукарликовых, карликовых и стелющихся пород в защищенном грунте (прежде всего лимона).

Группа субтропических разноплодных культур по сравнению с цитрусовыми более зимостойкая. Промышленное значение имеют хурма, инжир, гранат и маслина. Для плодоношения разноплодных культур субтропической и умеренной зон требуется почти круглогодичная вегетация. Субтропические культуры выращиваются в основном в Краснодарском крае и республике Дагестан.

Орехоплодные породы из группы садовых культур выделяются типом плодов – орехов. В мире известно около 40 естественно растущих видов орехов. Преимущество орехов заключается в хорошей транспортабельности, длительном хранении без снижения качества продукции.

Крупнейшими странами производителями орехов являются США, Мексика, Чили, Аргентина, Китай, Вьетнам, Индия, Турция, Украина, Румыния, Россия, Италия, Иран, Узбекистан, Грузия. Россия – лидер в производстве кедровых орехов, которые произрастают в Сибири и на Дальнем Востоке.

Высоким спросом на российском рынке пользуются арахис, фисташки, миндаль, кешью, фундук, грецкие орехи. В группу орехоплодных культур, выращиваемых в России, входят орех грецкий, кедровый, миндаль, фундук, фисташка, каштан съедобный. Орехи в основном выращиваются в Южном федеральном округе. Основными регионами, выращивающими орехи, являются Краснодарский край, Республики Дагестан и Чеченская, Ставропольский край, Волгоградская область.

7.2. Пути повышения эффективности производства плодовых и ягодных культур

Одним из условий, побуждающих к производству плодово-ягодной продукции, является рост населения, как производителя, так и потребителя.

Важная особенность садоводства заключается в том, что здесь основными средствами производства выступают многолетние насаждения, одновременно являющиеся предметами труда. То есть, между издержками производства и выходом продукции, кроме земли, находятся живые основные средства и предметы труда, развивающиеся на основе биологических законов. Это должно учитываться при интенсификации отрасли.

В условиях рыночной экономики требуется пересмотреть направление развития отрасли в сторону быстрейшей окупаемости инвестиций за счет применения организационно-экономических мер, обеспечивающих товаропроизводителям наращивание объемов производства плодов и ягод.

Интеграция сельскохозяйственного и промышленного производств экономически выгодна, так как она способствует росту объема производства продукции и повышению ее эффективности. В садоводстве широкое распространение получили агропромышленные предприятия – специализированные предприятия, объединяющее производство, промышленную переработку и хранение сельскохозяйственной продукции. Удельный вес продукции переработки в общей товарной продукции составляет не менее 20-25%.

Наличие перерабатывающих подразделений и плодоовощехранилищ позволяет рационально использовать всю произведенную продукцию, в том числе и нестандартную. В хозяйствах, не имеющих цехов по переработке, нестандартная продукция используется нерационально: ее реализуют по очень низким ценам, не возмещающим затрат на производство; часть ее портится, а нередко ее вообще не убирают, что приводит к убыткам. В агропромышленных предприятиях, где есть перерабатывающие подразделения, такая продукция используется как сырье для производства соков, консервов.

Хранение плодовой продукции в местах ее производства – в охлажденных хранилищах сельскохозяйственных предприятий по сравнению с хранением на городских торговых базах имеет

большие преимущества: уменьшается разрыв между съемом плодов с дерева и охлаждением их в хранилище, лучше сохраняются товарные качества, что позволяет сократить потери продукции на 15-20%, уменьшить расходы на хранение на 20-30%. Правильная организация хранения позволяет продлить сезон потребления свежих плодов в зимне-весенний период, способствует более равномерному поступлению денежных средств в хозяйства.

Наличие хранилищ позволяет также изменить организацию уборочных работ в отрасли, на долю которых приходится до 70% всех затрат. Снятые яблоки зимних и позднеосенних сортов непосредственно из сада, без товарной обработки направляются в хранилища до окончания уборки урожая и других срочных осенних работ в саду. Товарную обработку и реализацию плодов проводят поздней осенью и зимой, поэтому потребность в сезонной и временной рабочей силе в период уборки плодов сокращается в 1,5-2 раза, а в позднеосенний и зимний периоды значительно возрастает занятость постоянных рабочих. Все это уменьшает сезонность труда в садоводстве.

В агропромышленных предприятиях целесообразно иметь сады двух видов, отличающихся один от другого технологией, соотношением пород и сортов, назначением продукции. Первый – промышленный сад для производства высококачественных плодов с преобладанием семечковых пород (87-90%), из которых наибольший удельный вес занимают зимние сорта яблок (75-85%), пригодные для длительного хранения, с хорошими вкусовыми и товарными качествами для потребления в свежем виде в течение года. Второй – сырьевой сад, основная задача которого – производство продукции для переработки. Технология такого сада ориентирована на комплексную механизацию всех производственных процессов, что позволяет сократить затраты труда на единицу продукции в 2-2,5 раза, снизить себестоимость плодовой продукции в 2 раза. Это значительно повышает экономическую эффективность производства фруктовых консервов, так как она главным образом зависит от затрат на производство сырья. Стоимость сырья в общей себестоимости плодоовощных консервов составляет 70-80%.

В агропромышленных предприятиях эффективность производства выше, чем в обычных хозяйствах за счет увеличения

урожайности на 20-25%, снижения себестоимости на 10-15%, увеличения прибыли на 40-60%.

Экономическая эффективность производства обусловлена: рациональным использованием выращенной продукции, реализацией значительной части продукции в зимний и весенний периоды по более высоким ценам, применением новых технологий производства и прогрессивных форм организации труда (поточная технология транспортировки и уборки яблок, индустриальная технология возделывания вишни и черной смородины и т.д.).

Основное количество плодов и ягод производят хозяйства населения. В сельскохозяйственных организациях в 2015 г. отмечалось сокращение посевных площадей семечковых плодовых культур на 1,6 тыс. га, косточковых – на 0,2 тыс. га по сравнению с 2014 г.

Сокращение площадей под плодово-ягодными культурами происходит из-за значительного роста цен на энергоносители и материально-технические средства.

В хозяйствах населения садоводство, как товарная отрасль получила широкое распространение, однако высокая трудоемкость и капиталоемкость, большие сроки окупаемости капиталовложений, отсутствие комплексной механизации сдерживают развитие отрасли в этой категории хозяйств.

Площадь плодово-ягодных насаждений в хозяйствах всех категорий в 2015 г. составила 511,7 тыс. га, из них наибольшую часть площади – 248,7 тыс. га – занимают плодовые семечковые культуры. В хозяйствах населения и сельскохозяйственных организациях данная тенденция сохранятся.

В хозяйствах всех категорий возделывают орехоплодные, субтропические и цитрусовые культуры. В 2015 г. их суммарная площадь составляла 10,13 тыс. га. Отмечалось увеличение площадей орехоплодных культур.

Чай возделывают только в сельскохозяйственных организациях. В период 2010-2015 гг. площади чайных плантаций сократились на 50% с 1,4 тыс. га (2010 г.) до 0,7 тыс. га (2015 г.) (табл. 40).

В 2015 г. валовой сбор плодов и ягод в хозяйствах всех категорий составил 2903,3 тыс. т., в хозяйствах населения – 2215,5 тыс. т (табл. 41).

В 2015 г. в хозяйствах всех категорий основная часть собранной плодово-ягодной продукции приходилась на плоды семечковых культур (55,2%).

В хозяйствах населения в 2015 г. увеличился валовой сбор косточковых (на 34,4 тыс. т) и орехоплодных культур (на 1,5 тыс. т).

Таблица 40

Площади многолетних насаждений в Российской Федерации, тыс. га

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства всех категорий						
Плодово-ягодные насаждения, всего	518,5	514,8	507,4	502,2	513,6	511,7
в том числе: семечковые	252,6	248,6	248,3	244,5	250,3	248,7
косточковые	126,2	125,4	123,4	122,5	127,1	126,9
орехоплодные	7,6	7,8	7,7	7,3	8,5	8,8
субтропические	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3
цитрусовые	0,1	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03
ягодники	132,0	133,0	128,9	128,1	127,9	127,5
Чай	1,4	1,3	1,0	1,3	1,3	0,7
Сельскохозяйственные организации						
Плодово-ягодные насаждения, всего	145,6	143,6	142,7	135,5	140,0	136,3
в том числе: семечковые	116,1	114,3	113,3	107,9	110,8	108,2
косточковые	13,4	13,6	14,5	13,2	15,6	14,7
орехоплодные	3,1	3,2	2,9	2,6	2,8	2,9
субтропические	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
цитрусовые	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	-
ягодники	13,2	12,9	12,7	12,2	11,3	10,9
Чай	1,4	1,3	1,0	1,3	1,3	0,7
Хозяйства населения						
Плодово-ягодные насаждения, всего	357,3	356,5	349,5	350,9	356,1	355,5
в том числе: семечковые	125,4	124,1	124,7	125,6	126,7	126,9
косточковые	109,7	109,3	106,6	106,7	108,9	108,7
орехоплодные	4,4	4,5	4,5	4,5	5,5	5,5
субтропические	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1
цитрусовые	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
ягодники	117,4	118,3	114,0	113,9	114,7	114,2

Таблица 41

Валовые сборы плодов, ягод, чайного листа в Российской Федерации, тыс. т

Культуры	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства всех категорий						
Плодово-ягодные насаждения, всего	2148,9	2514,3	2663,8	2941,5	2995,6	2903,3
в том числе: семечковые	1036,1	1257,6	1469,9	1647,0	1706,7	1602,6
косточковые	430,7	495,7	472,3	515,3	509,6	521,7
орехоплодные	9,4	10,1	10,8	12,8	15,2	16,4
субтропические	2,2	2,1	0,9	1,2	1,2	1,1
цитрусовые	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ягодники	670,3	748,7	709,8	765,1	762,8	761,5
Чай	0,4	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2
Хозяйства населения						
Плодово-ягодные насаждения, всего	1778,4	2079,9	2039,5	2274,8	2297,0	2215,5
в том числе: семечковые	707,2	861,4	898,9	1033,0	1073,2	959,8
косточковые	398,5	470,4	433,3	475,0	457,4	491,8
орехоплодные	9,2	9,8	10,7	12,6	14,5	16,0
субтропические	2,2	2,1	0,9	1,2	1,2	1,1
цитрусовые	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ягодники	661,2	736,1	695,6	752,9	750,6	746,7

Рост объемов производства плодов и приводит к увеличению поступления сырья для перерабатывающей промышленности, выпуску плодово-ягодных консервов.

Организация производства продукции садоводства в рыночных условиях происходит в соответствии с объективными экономическими законами расширенного воспроизводства, главной целью которых является получение прибыли.

В садоводческих агропромышленных предприятиях применяют прогрессивные способы длительного хранения: поверхностную обработку плодов антиоксидантами, что позволяет защитить их от поражения загаром; хранение в полиэтиленовых пакетах с газоселективными мембранами, в которых создается модификационная газовая среда за счет дыхания продукции; хранение в регулируемой газовой среде (РГС) с пониженным содержанием кислорода и повышенным – углекислого газа. Эти способы позволяют

продлить сроки хранения плодов, сократить потери продукции, что позволит получить дополнительный доход.

Задачей предприятий является увеличение производства продукции, улучшение ее качества и снижение затрат на ее производство и реализацию. Это возможно при интенсивном ведении садоводства.

Урожайность плодовых культур отличается довольно резко выраженной периодичностью. Садоводство в специализированных хозяйствах Российской Федерации является высокодоходной отраслью.

К организационно-экономическим элементам систем садоводства следует отнести: организацию использования сельскохозяйственной территории, работу по внедрению культурооборотов, организацию труда, управления, планирования и контроля.

Следует отметить основные принципы организационно-экономического механизма хозяйствования в системе садоводства.

1) Обеспечение экономической эффективности производства.

2) Децентрализация управления – предоставление предприятиям самостоятельности в организации производства.

3) Расширение форм собственности и соблюдение прав и интересов собственника.

4) Материальная заинтересованность и ответственность работников.

5) Плановость организации производства – деятельность предприятия на основе разработанных перспективных, годовых и оперативных планов.

6) Сбалансированность факторов производства – рациональное соотношение основных факторов производства, соблюдение пропорций между отраслями, подразделениями основного и вспомогательного производств.

7) Комплексность и интеграция. Принцип направлен на оценку почвенно-климатических, технико-технологических, социально-экономических факторов и упорядочение внутрихозяйственных связей.

8) Динамичность – этапность и непрерывность осуществления целей и задач производства, последовательность и согласованность действий.

9) Ограничение разнообразия – принцип, учитывающий действие естественных законов природы.

Садоводство трудоемкая отрасль. Повышение промышленной эффективности промышленного садоводства тесно связано с его рациональным размещением по территории страны, закладкой новых садов и ягодников в специализированных хозяйствах с оптимальным уровнем концентрации и специализации производства.

В зависимости от природно-экономических условий ягодными культурами занято от 1 до 80% площади садовых насаждений.

В интенсификации производства ягодных культур большое значение имеют:

- закладка плантаций чистосортным здоровым посадочным материалом;
- тщательная предпосадочная обработка почвы;
- внесение органических и минеральных удобрений в оптимальных дозах;
- своевременная борьба с вредителями, возбудителями болезней и сорными растениями;
- оптимальная плотность растений на единице площади;
- сокращение срока эксплуатации насаждений;
- введение культурооборотов;
- механизация основных работ;
- расширение площади орошаемых плантаций.

Важное место в рациональном использовании выращенных плодов, ягод принадлежит системам их сбыта.

Большое внимание следует уделять правильному подбору породного и сортового состава.

Для высокорентабельного ведения садоводства реконструкцию садовых и ягодных насаждений необходимо осуществлять на основе научно обоснованного севооборота.

Многолетние насаждения относятся к основным производственным фондам, так как они эксплуатируются много лет (виноградники до 40 лет), постепенно изнашиваются и переносят частями свою стоимость на выращиваемую продукцию.

В отличие от других сельскохозяйственных культур, затраты на закладку садов и виноградников и уход за ними до наступления полного плодоношения осуществляется за счет капитальных вложений. В это время производство является незавершенным.

Многолетние насаждения начинают давать продукцию еще до перевода их в основные фонды. Поэтому доход, получаемый от реализации этой продукции, исключают из затрат по уходу за

садами и виноградниками, в связи с чем балансовая стоимость многолетних насаждений обычно бывает меньше капитальных вложений на их закладку и выращивание.

Кроме затрат, непосредственно связанных с закладкой и выращиванием садов и виноградников, в капитальные вложения входят затраты на сооружение оросительных систем, строительство дорог, ограждение многолетних насаждений, строительство производственных помещений и др.

Со вступлением садов, ягодников и виноградников в полное плодоношение в себестоимость продукции включают амортизационные отчисления по ним.

Норма амортизации зависит от вида насаждений и срока плодоношения. Рекомендуемые нормы амортизационных отчислений: земляника – 33,3%, смородина и крыжовник –10%, семечковые на семенных подвоях – 4%.

Для оценки экономической эффективности капиталовложений рассчитывают совокупные капитальные вложения (*Ксов*):

$$Ксов = Кф - Д,$$

где *Кф* – фактические капитальные вложения до вступления насаждений в их полное плодоношение; *Д* – доход от реализации продукции, полученной до вступления насаждений в период их полного плодоношения.

Экономическая эффективность капитальных вложений рассчитывается по следующим показателям: валовая продукция и чистый доход на рубль совокупных капитальных вложений; срок окупаемости капитальных вложений чистым доходом; урожайность плодоносящих насаждений; валовая продукция и чистый доход на гектар плодоносящих насаждений; рентабельность производства продукции.

При расчете показателей валовая продукция оценивается по средним ценам реализации, стоимость молодых (неплодоносящих) насаждений в расчет не принимается, так как они являются незавершенным производством. Учитывая, что плодовые и ягодные культуры отличаются периодичностью плодоношения, экономическую эффективность капитальных вложений следует определять в среднем за 2-4 года.

Срок окупаемости совокупных капитальных вложений определяется с учетом времени выращивания молодых многолетних насаждений и рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{Ксов}{ЧД} + В,$$

где T – срок окупаемости капитальных вложений, лет; *Ксов* – совокупные капитальные вложения на посадку сада и уход за насаждениями до вступления их в полное плодоношение, руб.; *ЧД* – чистый доход (среднем за год), полученный после вступления в полное плодоношение, руб.; $В$ – число лет, в течение которых проводились капитальные вложения до вступления насаждений в полное плодоношение, лет.

Сроки окупаемости капитальных вложений зависят от природно-климатических условий, породного и сортового состава, уровня специализации и концентрации производства, плотности растений на единицу площади и ряда других факторов.

Негативное влияние на экономическую эффективность производства оказывает отсутствие современной базы длительного хранения плодов и ягод.

Контрольные вопросы

1. Народнохозяйственное значение плодовых семечковых и косточковых культур.
2. Народнохозяйственное значение ягодных культур.
3. Основные пути интенсификации садоводства.
4. Современное состояние и размещение производства плодов и ягод.
5. Пути повышения эффективности производства плодов и ягод.
6. Оценка эффективности и срока окупаемости капитальных вложений в многолетние культуры.
7. Принципы организационно-экономического механизма хозяйствования в системе садоводства.

8. ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА ВИНОГРАДА

8.1. Современное состояние и размещение производства винограда

Виноградарство является основой виноградовинодельческого подкомплекса России, призванного обеспечить производство винограда для его потребления в свежем и сушеном виде, а виноделье и консервную промышленность – сырьем.

Виноград – одно из древнейших культурных растений. Свежий виноград – питательный продукт, имеющий диетическое и лечебное значение.

Культура винограда имеет хорошо развитую корневую систему, способную извлекать воду с глубины 7 м, приспособлена к условиям умеренно теплого и субтропического климата, возделывается на легких, прогреваемых почвах по склонам гор и холмов.

Под виноградники обычно используют земли, малопригодные для возделывания других плодовых культур (каменистые почвы, известняки, песчаные, слабозасоленные почвы, крутые склоны).

В ягодах винограда ассимилируется большой состав витаминов, микроэлементов, органических кислот, дубильных веществ и других компонентов, жизненно необходимых для питания человека. Из семян винограда получают ценное масло для пищевых и технических целей.

Виноградарство имеет четыре производственных направления.

- Столовое – производство свежего винограда для местного потребления, вывоза и хранения. Виноград представлен столовыми и столово-техническими сортами.
- Как сырьевая база производства сушеного винограда – выращивание кишмишно-изюмных сортов. Сушеный виноград является концентрированным продуктом питания, обладающим высокой калорийностью. Сушеный виноград представлен тремя видами: изюм (из ягод, имеющих семена), киш-миш и коринка (из бессемянных сортов винограда).
- Как сырьевая база винодельческой промышленности – выращивание винных сортов винограда для обеспечения сырьем заводов, специализированных на производстве разных типов вина, шампанских и коньячных виноматериалов.

- Как сырьевая база консервной промышленности – производство сырья для соков, компотов, варенья, маринада и других безалкогольных продуктов.

Вторичные продукты, получаемые из отходов переработки винограда, также находят широкое применение. Из виноградных выжимок и гущевых осадков сока и вина вырабатывают винную кислоту, из выжимок окрашенных сортов винограда – пищевой краситель (энокраситель), из виноградных семян – виноградное масло и кормовой жмых.

Из отходов переработки винограда получают спирт, кормовую муку и дрожжевые добавки к кормам. Выжимки, оставшиеся после комплексной переработки винограда, используют в качестве органического удобрения.

Из общего количества производимого в мире винограда 80-90% используется для переработки на вина, соки и другие продукты, до 10% потребляется в свежем виде, 5-6% идет на сушку.

Крупнейшими производителями винограда являются Италия, Франция, Испания, США и Китай.

В России площадь под виноградниками в хозяйствах всех категорий в 2015 г. составила 85,1 тыс. га, в сельскохозяйственных организациях – 71,8 тыс. га, в хозяйствах населения – 9,4 тыс. га.

В период 2010-2015 гг. наблюдается увеличение площадей виноградников как в сельскохозяйственных организациях, так и в хозяйствах населения.

Валовой сбор винограда в хозяйствах всех категорий составил 175,2 тыс. т, в хозяйствах населения – 113,2 тыс. т (табл. 42).

Таблица 42

Площадь и валовой сбор винограда в Российской Федерации

Показатели	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Площадь виноградников, тыс. га						
Хозяйства всех категорий	62,2	63,0	61,5	62,4	86,5	85,1
Сельскохозяйственные организации	51,9	52,7	50,9	50,4	73,8	71,8
Хозяйства населения	7,8	7,9	8,3	8,7	9,3	9,4
Валовой сбор, тыс. т						
Хозяйства всех категорий	324,3	412,4	266,8	439,1	528,5	475,2
Хозяйства населения	85,8	93,6	65,8	96,6	115,1	113,2

Для потребления свежего винограда на месте, а также для хранения его в течение зимы и транспортировки на большие расстояния культивируют столовые сорта.

Стакан виноградного сока обеспечивает суточную потребность организма в витаминах группы В, которые отвечают за слаженную работу нервной системы, борются с усталостью и депрессией. Кроме того, биофлавоноиды предотвращают преждевременное старение, защищают клетки от рака и снижают вероятность появления проблем с сердцем и сосудами.

По калорийности виноград превосходит сливы, яблоки, не уступает картофелю и молоку при одной и той же массе продуктов. В мякоти и соке плодов винограда содержится 55-87% воды, до 30% сахара, около 2,5% органических кислот (преимущественно яблочной и винной), пектиновые (0,2%) и дубильные (3,4%) вещества, ферменты, аминокислоты, флавоноиды, антоцианы, калий, кальций, фосфор, медь, магний, железо, марганец, кобальт, небольшое количество витаминов С, B_1, B_2, B_3, B_{12}, К, Р, РР, фолиевой кислоты, а также каротина.

По научно обоснованным нормам питания на каждого человека должно выращиваться 65-70 кг винограда в год, в т. ч. непосредственно для потребления в свежем виде – до 15 кг.

Виноградное вино относится к высококалорийным пищевым продуктам. В нем содержится более 500 различных органических и минеральных веществ. Оно также обладает лечебными свойствами. Умеренное потребление вина рекомендуется для профилактики сердечных заболеваний, для лечения желудочно-кишеч-ных инфекций и т.п.

Ежегодная обрезка винограда является источником лозы, которая широко используется для производства корзин и декоративных изделий.

Виноградники имеют ограниченный ареал распространения. Промышленное виноградарство сосредоточено в Южном Федеральном округе (98%), в основном в Краснодарском крае, Республике Дагестан, Ставропольском крае, Ростовской области. Здесь климатические условия позволяют возделывать виноград без укрытия.

В настоящее время выращиванием товарного винограда в России занимаются 195 специализированных предприятий, в 97 из них имеется первичная переработка винограда.

Небольшие посадки винограда в сельскохозяйственных организациях имеются в Чеченской и Кабардино-Балкарской республиках, Астраханской и Оренбургской областях.

В хозяйствах населения виноград возделывается практически во всех регионах, благодаря новым сортам, внесенным в Государственный реестр, которые вызревают и хорошо переносят зимы.

8.2. Эффективность производства винограда

Виноградарство является капиталоемкой отраслью, закладка виноградников и затраты на их возделывание в непродуктивный период требуют значительных инвестиций.

Оценку экономической эффективности производства винограда проводят с помощью системы натуральных и стоимостных показателей. Натуральные показатели характеризуют уровень производства в целом. Для этого используют такие показатели:

- урожайность, ц/га;
- выход валовой продукции, ц;
- производство на единицу площади, т/га.

Стоимостные показатели дают более точное представление об эффективности производства, окупаемости затрат в виноградарстве, возможности расширенного воспроизводства в отрасли. При анализе экономической эффективности производства винограда применяют следующие стоимостные показатели:

- выход валовой продукции на единицу площади, руб./га;
- производство валовой продукции в денежном выражении на среднегодового работник и на 1 чел.-час, затраченный в отрасли, руб./чел.-час, руб./работника;
- окупаемость производственных затрат, руб./руб.;
- размер валового дохода, чистого дохода и прибыли на 1 га посадок, руб./га;
- сумма производственных затрат на единицу продукции в отрасли, руб./ц;
- уровень рентабельности, %.

Одной из важных составляющих экономической эффективности является эффективность капитальных вложений в производство винограда. Она выражается отношением полученного эффекта к капитальным вложениям, вызвавшим этот эффект.

Эффективность капитальных вложений измеряется набором показателей, в который входит общий эффект капитальных

вложений, норма их доходности, срок окупаемости, сравнительная эффективность и др.

Большое влияние на повышение экономической эффективности виноградарства оказывает интенсификация производства, в частности такие организационно-экономические мероприятия, как специализация и кооперация.

Контрольные вопросы

1. Народнохозяйственное значение винограда.
2. Современное состояние отрасли виноградарства.
3. Проблемы и перспективы развития отрасли.
4. Площади и валовой сбор винограда в Российской Федерации.
5. Производственные направления виноградарства.
6. Показатели, характеризующие экономическую эффективность отрасли.
7. Пути повышения эффективности производства винограда.

9. ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА ГРИБОВ

9.1. Современное состояние отрасли грибоводства

Грибоводство – перспективное направление сельскохозяйственного бизнеса. Это уникальная отрасль, позволяющая повышать отдачу защищенного грунта, более равномерно использовать рабочую силу, технику, электроэнергию, утилизировать отходы сельскохозяйственных культур, использовать в качестве субстрата навоз и бытовые отходы. Субстрат после выращивания грибов является ценным органическим удобрением, а после выращивания вешенки и кольцевика его можно использовать в виде добавок к рациону молодняка крупного рогатого скота, свиней и птицы.

О росте рынка культивируемых грибов свидетельствует статистика потребления грибов на человека в год: в России потребляется 1,2 кг грибов, в Украине – 1,5 кг, в Канаде – более 2,2 кг, в США – 2,5 кг, в Великобритании – 2,7 кг, во Франции – свыше 3,1 кг, в Корее – 4 кг, в Китае – 5 кг.

По данным Всемирной организации по продовольствию ООН Россия занимает приблизительно 25-26 место в структуре мирового производства грибной продукции, а по нормам потребления на душу населения – 46 место.

Культура потребления грибной продукции в России находится на стадии формирования. Спрос российских потребителей на грибную продукцию продолжает расти.

Промышленное грибоводство в России – относительно молодая отрасль сельскохозяйственного производства. Промышленные грибоводческие комплексы представляют собой полный состав технологических объектов производства. В структуру предприятий входят цеха приготовления субстрата и покровного материала, цеха выращивания грибов, подсобные и вспомогательные помещения и сооружения, объекты энергетического обеспечения предприятия.

За период с 1975 по 1995 гг. на основе использований целевых государственных инвестиций в России были введены в эксплуатацию 8 грибоводческих комплексов на отечественном и импортном оборудовании, которые были размещены вокруг крупных столичных городов и промышленных центров: Москва, Санкт-Петербург, Новочебоксарск, Набережные Челны. Основной продукцией,

выпускаемой этими предприятиями, являлись шампиньоны свежие и продукты их переработки.

Промышленное производство грибов осуществляется при помощи специализированных технических средств, технологического оборудования, системы машин.

Промышленный грибоводческий комплекс обеспечен специализированными культивационными сооружениями, предназначенными для проведения конкретного технологического процесса, оборудован системами вентиляции и кондиционирования воздуха, водоснабжения и теплообеспечения, автоматизированного регулирования параметров микроклимата и т.д.

Организация культивирования грибов на промышленной основе обеспечивает экономическую целесообразность товарного производства, полностью исключает сезонность работ, присущую большинству отраслей сельскохозяйственного производства в открытом грунте. По сравнению с тепличными хозяйствами, также имеет ряд преимуществ, заключающихся в том, что обеспечивает непрерывный круглогодичный выход товарной продукции.

Грибы являются высококачественным диетическим продуктом питания, содержат в своем составе белки, комплекс витаминов и высокоактивных ферментов, широко используются в свежем виде и консервной промышленности, а также при производстве антибиотиков. По содержанию белков грибы превосходят все овощи.

Наибольшее распространение среди культивируемых грибов в промышленных масштабах в России и в мире получили шампиньоны (37,2%). На втором месте располагаются вешенки (21,5%), далее шиитаке (12,3%), аурикулярия (10,9%), другие грибы (18,1%).

Шампиньон культивируется более чем в 70 странах мира, главный производитель – США, на втором месте – Франция. Также в больших масштабах шампиньоны искусственно культивируются в Великобритании, Нидерландах, Франции, Польше, Южной Корее и Тайвани.

Популярность шампиньонов обусловлена ценными качествами гриба, высокой урожайностью и тем, что он может выращиваться на смеси самых разнообразных органических отходов с незначительными добавками других веществ – компосте.

Шампиньон обладает высокими вкусовыми и пищевыми свойствами. Его ценность определяется содержанием белков

и витаминов. Белковые вещества составляют треть сухого вещества грибов, белок шампиньона содержит все незаменимые аминокислоты, что приближает его к белку животного происхождения.

Урожайность шампиньонов даже в неприспособленных помещениях составляет 5-9 кг с 1 $м^2$, а в специализированных – около 20-30 кг с 1 $м^2$ за 2-2,5 месяца.

Вешенка не менее полезна по сравнению с шампиньоном, она богата белками и витаминами, а также понижает уровень холестерина в крови. Вешенка имеет очень хорошие перспективы развития. Технология производства вешенок гораздо проще, и себестоимость конечного продукта ниже.

Плодовые тела вешенки содержат до 6,5% белка, около 3,8% жиров, больше 20% углеводов, незаменимые аминокислоты, микроэлементы, комплекс витаминов (A, B, B_1, C, D, PP). Гриб обладает бактерицидными и радиопротекторными свойства.

В последнее время за счет популярности ресторанов азиатской кухни растет спрос и на грибы *шиитаке*. Основное производство шиитаке сосредоточено в странах Юго-Восточной Азии. Лидером в производстве шиитаке на протяжении ряда лет остается Япония. За ней следуют Китай и Корея. Мировой объем производства шиитаке за последние 40 лет вырос более чем в 30 раз и достиг 450 тыс. т в год.

Аурикулярия относится к числу искусственно выращиваемых грибов, его ежегодное производство достигает 120 тыс. т.

Мировое производство культивируемых грибов ежегодно увеличивается на 12-20%.

Главный мировой производитель грибов – Китай. В 2013 г., по данным ФАО, им было произведено более 7 млн. т, 71% мирового объема производства. На втором месте Италия – более 790 тыс. т, на третьем месте США – 406 тыс. т. Далее идут Нидерланды (323 тыс. т), Польша (220 тыс. т), Испания (около 154 тыс. т) и Франция (104 тыс. т).

Соединенные Штаты Америки на протяжении последних 40 лет входят в тройку мировых лидеров по производству грибов. В настоящее время в США насчитывается около 300 крупных производителей грибов, среди которых выделяются такие крупные компании как Giorgio, Monterey Mushrooms, Phillips Mushroom Farms и Slyvan Foods.

В 2012-2013 гг. в США было произведено 896 млн. фунтов грибов общей стоимостью 1110 млн. долл. США и средней ценой 1,24 долл. США/фунт. Согласно данным Всемирной системы торговли сельскохозяйственной продукцией США ежегодно экспортируют свежие грибы на сумму около 40 млн. долл., из которых 2/3 приходится на Канаду и около 1/3 – на Японию. В последние годы наращивается экспорт грибов в Мексику. В тоже время Соединенные Штаты ежегодно импортируют грибы на сумму свыше 110 млн. долл., из которых Канада выступает основным импортером свежих грибов, а Китай – всех видов сушеных грибов.

Всего в 2013 г. объем производства грибов и трюфелей в странах ЕС составил 1,9 млн. т, что на 204 тыс. т меньше, чем в 2012 г. Согласно статистике ФАО в 2013 г. Италия являлась главным производителем грибов в странах Европейского Союза – 792 тыс. т.

Рынок грибов Германии стабильно растет на 3-4% в год. Как отмечают эксперты, рост потребления грибной продукции стимулирует увеличение внутреннего производства в стране, хотя темпы роста валового сбора заметно уступают темпам роста внутреннего спроса. Так, в 2013 г. общий урожай культивируемых грибов в Германии достиг 64 тыс. т, что превысило показатели предыдущего сезона всего на 3%.

В Испании выращивается и собирается около 150 тыс. т грибов в год, среди которых ведущее производство занимают шампиньоны (около 135 тыс. т).

Польша является крупнейшим экспортером шампиньонов на рынок ЕС. Грибы, выращенные в Польше, покупает Германия, Нидерланды, Франция, Великобритания и балканские страны.

Польша является одним из крупнейших производителей шампиньонов в Европе и крупнейшим экспортером этих грибов в мире. Доходы от экспорта шампиньонов в 2013 г. составили около 60% всех поступлений от экспорта овощей и их консервации. Крупнейшими импортерами польских шампиньонов являются Германия (38,1 тыс. т, что составляет 20,8% от общего экспорта) и Великобритания, большой объем шампиньонов поставляется в Белоруссию.

Производство культивируемых грибов в России растет небольшими темпами так в 2013 г. было произведено 8,35 тыс. т грибов, тогда как в 2011 г. 11,55 тыс. т (табл. 43), это соответствовало

29-му месту в мире, в Украине производство определялось в 14 тыс. т, а в Белоруссии – в 7 тыс. т.

Таблица 43

Производство свежих грибов в Российской Федерации

Виды грибов	2011 г.		2012 г.	
	объем производства, т	число ферм, ед.	объем производства, т	число ферм, ед.
Шампиньон	8752	27	8074	
Вешенка	2738	69	3101	59
Фламмулина	50	1	50	1
Шиитаке	12	2	3	1
Всего	11552	99	11228	61

Наибольшее распространение среди культивируемых грибов в России получили шампиньоны и вешенки, имеющие способность обеспечивать урожайность в любых погодных условиях (при условии наличия высокотехнологичного производственного оборудования).

Основное российское производство шампиньонов сосредоточено на грибоводческих комплексах в Московской (ООО «Национальная грибная компания Кашира», ООО «Агротехмаркет» грибной комплекс «Подмосковье» и ООО «Можайский шампиньон»), Ленинградской (ЗАО «Приневское»), Самарской (ООО «Орикс»), Пензенской (ООО «Ботаник – Грибы», «Кондольские грибы и блоки», МУП «Зеленое хозяйство»), Липецкой, Ростовской областях.

Грибные комплексы, наряду с тепличными, вполне способны конкурировать с импортным производством. По данным «Школы грибоводства», сейчас в стране всего 22 компании с производством более 50 т шампиньонов в год, а с мощностью свыше 1000 т – лишь три: национальная грибная компания «Кашира» в Московской области, ЗАО «Племенной завод «Приневское» под Санкт-Петербургом и ООО «Орикс» в Самаре.

Основной объем производства приходится на Центральный регион – около 2,9 тыс. т в год, Северо-Западный – 1,6 тыс. т и Южный – 0,6 тыс. т. За Уралом производство шампиньонов практически не развито.

9.2. Эффективность производства грибов

Грибоводство является одним из перспективных направлений сельскохозяйственного бизнеса в России. Среди овощной и грибной категорий грибы составляют 43% от общего объема отраслевого рынка.

Грибы можно выращивать круглый год в условиях защищенного грунта. Короткий биологический цикл роста и развития грибов позволяет иметь за год не менее трех оборотов культуры, а при применении многозональной технологии выращивания с функциональной специализацией и новых штаммов сортов интенсивного типа – до 7 оборотов.

Грибоводство занимает в мире одно из ведущих мест в производстве белоксодержащих продуктов питания. Современное промышленное культивирование грибов – это мощная индустрия, соединяющая черты сельского хозяйства и биотехнологии.

Наблюдается интенсивный рост мирового промышленного выращивания грибов. В промышленных масштабах грибы культивируются в 70 странах.

Основной проблемой при организации производства грибов является обеспечение окупаемости капиталовложений и правильный выбор технологической системы.

Создаваемые в разных районах страны грибоводческие комплексы включают лаборатории по производству мицелия, цеха приготовления компоста и покровной смеси, шампиньонницы. Наиболее трудоемким в грибоводстве является приготовление компостов и покровных смесей.

В условиях рыночных отношений создание крупномасшабного промышленного производства грибов обеспечивает эффективное использование дорогостоящих культивационных грибоводческих сооружений и технологического оборудования.

Для оценки экономической эффективности грибоводства применяют общеэкономические показатели:

- урожайность, кг с 1 $м^2$ оборотной площади;
- валовой сбор, т;
- произведено грибов на 1 работника, т;
- реализовано свежих грибов, т;
- выручка от реализации свежих грибов, руб.;
- прибыль от реализации свежих грибов, руб.;

- себестоимость свежих грибов, руб./кг;
- уровень рентабельности свежих грибов, %.

Показатели экономической эффективности следует рассматривать в динамике с учетом факторов, влияющих на уровень показателя. В зависимости от условий производства в структуре себестоимости затраты на оплату труда с отчислениями составляют 14-16%, стоимость посадочного материала – 3-5%, грунтов и затрат на их внесение – 25% и более. Рентабельность грибоводства зависит от стоимости исходного сырья и материалов, технологии производства.

Контрольные вопросы

1. Народнохозяйственное значение отрасли грибоводства.
2. Состояние промышленного культивирования грибов в России и Самарской области.
3. Объем экспорта и импорта грибов в Российской Федерации.
4. Перспективы развития отрасли грибоводства.
5. Ассортимент грибов культивируемых в России.
6. Показатели экономической эффективности производства грибов.
7. Пути повышения экономической эффективности грибоводства.

10. ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТОВ

10.1. Современное состояние отрасли цветоводства

Цветоводство в мировом хозяйстве развивается как самостоятельная отрасль растениеводства. Она занимается выращиванием цветочно-декоративных растений для получения цветов на срезку, высадки их в садах, парках, скверах, для внутреннего украшения помещений.

Цветы – необходимый элемент эстетического воспитания. Под благотворным влиянием красоты цветов человек шире и глубже воспринимает и красоту самой природы, становится более чутким и внимательным к окружающему миру.

Цветочные растения используются для создания хорошего настроения и озеленения городов, как лекарственные растения и вкусовые добавки и специи, а также в эфиромасличной промышленности.

До 70% мировых объемов производства тепличных цветов сосредоточено в странах Западной Европы.

Одна из основных тенденций развития мирового цветоводства – специализация и концентрация производства. Цветоводческие хозяйства Европы, как правило, специализируются на производстве нескольких культур.

В мире появились крупнейшие производители и экспортеры цветов, семян, рассады. В настоящее время наиболее сильно развито цветоводство в таких странах, как Голландия, Колумбия, Эквадор, Кения, Израиль. Занимаются цветоводством страны Западной Европы, Юго-Восточной Азии, в том числе в России. В настоящее время промышленное цветоводство в России развито довольно слабо.

Мировым лидером в производстве луковиц лилий, нарциссов, тюльпанов и гиацинтов (до 80% от мирового производства) является Голландия.

За последние годы значительная часть цветочной продукции на мировой рынок стала поступать из Китая, Японии, Центральной и Южной Америки, Африки, где выращивание цветов возможно в открытом грунте или под легкими укрытиями, что снижает затраты на производство и делает продукцию более конкурентоспособной.

Новая Зеландия, Таиланд, Филиппины и Австралия являются основными поставщиками на мировой рынок экзотических растений.

Развитие отрасли цветоводства зависит в стране всегда от ряда факторов: природных условий (температуры и влажности воздуха, типа почвы), спроса на рынке, национальных и религиозных обычаев, возможностей транспортировки, наличия трудовых ресурсов в данной стране.

В отрасли цветоводства важное значение имеет производство посадочного материала. Во многих странах существуют специализированные предприятия по производству посадочного материала, где растения размножаются методом in vitro (технология микроклонального размножения), позволяющим увеличить в несколько раз скорость размножения и получать безвирусный материал с минимальными затратами.

В настоящее время большинство цветочно-декоративного ассортимента массового производства выпускается с применением метода in vitro. Широкое распространение этой технологии интенсивного размножения позволило Голландии стать крупнейшим производителем цветочного посадочного материала.

В России также накоплен значительный опыт по клональному микроразмножению растений, в большинстве научно-исследовательских институтов и селекционных центров созданы лаборатории биотехнологии, занимающиеся оздоровлением и микроклональным размножением ценного селекционного материала.

Цветы выращиваются как в открытом, так и в защищенном грунте (теплицах, оранжереях, парниках).

В открытом грунте возделывают приспособленные к местным условиям многолетние, двулетние и однолетние цветочные культуры (ирисы, пионы, шалфей, петунью и др.).

Промышленное цветоводство защищенного грунта выпускает три вида продукции – срезку, горшечные растения и растения для цветочного оформления.

В защищенном грунте выращивают теплолюбивые растения (розы, гвоздики, цикломены), комнатные растения (пальмы, кактусы, алоэ), проводят зимнюю выгонку тюльпанов, гиацинтов.

В настоящее время в Российской Федерации под цветами занято около 200 га теплиц, из них 100 га – это новые современные энергосберегающие теплицы.

По используемой площади защищенного грунта цветоводческие хозяйства делят на мелкие (1 тыс. $м^2$), средние (1-5 тыс. $м^2$), крупные (более 5 тыс. $м^2$).

Специализация цветоводческих хозяйств в России выражена слабо. В современных условиях для выживания хозяйства стараются иметь широкий ассортимент продукции с тем, чтобы удовлетворить потребности предприятий и населения как в цветах, идущих на срезку, так и в посадочном материале и декоративнолиственных культурах.

Крупными специализированными хозяйствами в России являются АО «Оранжерейный комплекс», АО «Победа» (Московская область), СХПК «Цветы» (Ленинградская область).

10.2. Пути повышения экономической эффективности отрасли

Цветоводство – одна из наиболее надежных и высокодоходных отраслей сельского хозяйства во многих странах мира.

В настоящее время промышленное цветоводство России развито довольно слабо. Наблюдается дисбаланс потребности и обеспеченности посадочным материалом цветоводческих хозяйств.

При подборе и разработке ассортимента выращиваемых культур следует придерживаться следующих принципов: подбирать наиболее декоративные виды и сорта; обеспечивать непрерывный выпуск продукции в течение года и оптимальную круглогодичную загрузку оранжерей.

Рациональная организация производства цветочной продукции предусматривает разработку культурооборотов в оранжереях, теплицах, севооборотах открытого грунта. Правильно разработанные культурообороты позволяют максимально использовать производственные площади, обеспечить выпуск стандартной продукции.

Для повышения экономической эффективности цветоводства необходимо:

- расширять видовой и сортовой ассортимент цветочной продукции;
- внедрять прогрессивные технологии выращивания (энергосберегающие);
- рационально сочетать цветоводство открытого и защищенного грунта;

- совершенствовать реализацию цветочной продукции;
- изучать спрос и конъюнктуру рынка;
- создавать базу для хранения цветочной продукции;
- обеспечить отрасль рабочей силой и квалифицированными специалистами.

Цветочное производство отличается не только большим разнообразием выпускаемой продукции, но и различными сроками выращивания и затратами труда на ее производство.

В структуре себестоимости продукции цветоводства значительный удельный вес занимают затраты на оплату труда (до 30%), так как цветоводство имеет достаточно низкий уровень механизации и трудоемкость выращивания цветочных культур очень высокая.

Продукция отрасли цветоводства имеет очень небольшие сроки хранения даже при пониженных температурах (тюльпаны – 2 недели, розы – около недели, гвоздика ремонтантная – 4 недели), поэтому для снижения потерь цветочной продукции в хозяйствах организуется ее реализация по прямым связям.

При организации реализации цветочной продукции необходимо учитывать то, что до 70% продукции цветоводства реализуется в предпраздничные, праздничные и выходные дни.

Каналы реализации могут быть различными: собственные магазины, ларьки, палатки, заказы по озеленению городов, продажа частным предприятиям-оптовикам и др.

Контрольные вопросы

1. Состояние отрасли цветоводства в России.
2. Состояние отрасли цветоводства в мире.
3. Тенденции развития производства цветов.
4. Народнохозяйственное значение цветоводства.
5. Значение специализации в цветоводстве.
6. Структура себестоимости продукции цветоводства.
7. Факторы повышения экономической эффективности цветоводства.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ

База кормовая – часть кормовых ресурсов, которая может использоваться данным потребителем; количество растительных и животных организмов, которое имелось на данной территории в определенный промежуток времени и могло быть использовано в качестве пищи.

Баланс ресурсов и использования продуктов в живом весе представляет собой систему сбалансированных данных по источникам поступления ресурсов продукции, продуктов ее переработки и направлениям использования. Показатели баланса позволяют прогнозировать добычу, выращивание и экспорт продукции, а также оценивать ситуацию на рынке, потребности в импорте этой продукции, определять фонд личного потребления и рассчитывать среднедушевой уровень потребления продуктов в живом весе. Баланс продукции содержит информацию, как по сырью, так и по продуктам переработки.

Биоэтанол – этанол, изготовляемый из биомассы и/или биологически разлагаемых компонентов отходов и используемый в качестве биотоплива.

Валовая продукция – это исчисленный в денежном выражении суммарный объем продукции, произведенной в определенной отрасли. Валовая продукция охватывает как конечную, завершенную, так и промежуточную, незавершенную продукцию, включая комплектующие изделия, полуфабрикаты, продукцию, изготовление которой только начато.

Валовой доход – это исчисленный в денежном выражении суммарный годовой доход предприятия, фирмы, полученный в результате производства и продажи продукции, товаров, услуг. Валовой доход определяется как разность между суммой денежной выручки от продажи товара и суммой материальных затрат на его производство. Валовой доход равен сумме заработной платы и чистого дохода (прибыли).

Валовой сбор – объем фактически произведенной (собранной) продукции сельскохозяйственных культур; учитывается по отдельным культурам либо по некоторым группам культур со всей площади посева. Для определения объема валового сбора сельскохозяйственных культур вся произведенная сельскохозяйственная продукция исчисляется в натуральных единицах.

Залежь – сельскохозяйственные угодья, ранее использовавшиеся как пашня, но не используемые больше года, начиная с осени, под посев сельскохозяйственных культур и под пар. Залежь представляет собой пример вторичной (восстановительной) сукцессии.

Затраты труда прямые – затраты рабочего времени работников идущие на изготовление единицы объема выпуска продукции (объема продаж). Используются для расчета оплаты труда и составления калькуляции на продукцию.

Землеобеспеченность – показатель, который характеризует площадь сельскохозяйственных земель в расчете на душу населения.

Индекс производства – индекс объема производства, охватывающий производственные сектора экономики. Он базируется преимущественно на показателях физического объема и исключает частные и государственные услуги.

Концентрация производства – это экономический процесс, характеризующийся увеличением количества крупных предприятий, в которых постепенно сосредотачивается значительная часть рабочей силы и средств производства. Результатом концентрации производства может стать такое нежелательное явление, как монополизация.

Корма растительные – продукты растительного происхождения, используемые для кормления сельскохозяйственных животных.

Кормопроизводство – научно обоснованная система организационно-хозяйственных и технологических мероприятий по производству, переработке и хранению кормов.

Культуры кормовые – травянистые растения, используемые на корм животным.

Культуры масличные – растения, возделываемые для получения жирных масел. Объединяют однолетние и многолетние растения различных семейств: сложноцветных – подсолнечник, сафлор; бобовых – соя, арахис; губоцветных – перилла, ляллеманция; маслинных – маслина; крестоцветных – рапс, горчица, рыжик и др. Некоторые из них тропические деревья (кокосовая, масличная пальмы, какао, тунг); другие – травянистые растения, выращиваемые в странах с умеренным климатом (соя, подсолнечник, рапс, лён масличный и другие). Большинство масличных культур

накапливает масло жирное в семенах и плодах, а некоторые, например чуфа – в клубнях. Среди них есть растения, дающие твердые масла (пальмы, какао, восковое дерево) и жидкие масла (маслина, тунг, травянистые растения).

Культуры прядильные – группа текстильных растений, культивируемых из-за волокна, содержащегося в лубе (лен, конопля, кендырь, рами и др.), в плодах (хлопчатник) и листьях (новозеландский лен) и используемого в основном для изготовления пряжи и всевозможных тканей. Прядильные растения относятся к группе тонковолокнистых растений, в то время как более широкое понятие – текстильные растения – включает в себя и все грубоволокнистые, дающие сырье для приготовления веревок, шпагата, канатов, мешковины и пр.

Культуры технические возделываемые растения, дающие сырье для различных отраслей промышленности. Основные виды технических культур: лубяные (дающие сырье для текстильной промышленности: лен, хлопок, джут, конопля и др.); применяемые в химической промышленности (каучуконосы, красильные, дубильные, лекарственные растения); сырье для пищевой промышленности (масличные культуры, крахмалоносы, сахароносы, пряности, чай, кофе); табак.

Культуры эфиромасличные – растения, содержащие в особых клетках (эфиромасличных ходах) или в железистых волосках пахучие эфирные масла – летучие соединения практически не растворимые в воде. Они представляют собой сложные смеси различных органических соединений: терпенов, спиртов, альдегидов, кетонов.

Мелиорация химическая состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по улучшению химических и физических свойств почв. Химическая мелиорация земель включает в себя известкование почв, фосфоритование почв и гипсование почв.

Механизация – замена ручных средств труда машинами и механизмами; одно из главных направлений научно-технического прогресса. Различают частичную и комплексную механизацию.

Насаждения многолетние. К ним относятся все виды искусственных многолетних насаждений независимо от их возраста, включая: плодово-ягодные насаждения всех видов (деревья и кустарники); озеленительные и декоративные насаждения на улицах, площадях, в парках, садах, скверах, на территории предприятий,

во дворах жилых домов; живые изгороди, снего- и полезащитные полосы, насаждения, предназначенные для укрепления песков и берегов рек, овражно-балочные насаждения и т.п.; искусственные насаждения ботанических садов, других научно-исследовательских учреждений и учебных заведений для научно-исследовательских целей.

Овощеводство защищенного грунта выращивание овощных культур; отрасль растениеводства. Овощи, выращенные в защищенном грунте (в парниках и теплицах) – получают во внесезонное (ранней весной, поздней осенью, зимой). Сочетание овощеводства открытого и закрытого грунта даёт возможность получать овощную продукцию круглый год. Наиболее распространенные овощные культуры защищенного грунта – огурец, томат, лук, цветная капуста, салат, редис, баклажан, перец.

Овощеводство открытого грунта выращивание овощных культур; отрасль растениеводства. К овощеводству открытого грунта относят также бахчеводство (выращивание арбуза, дыни, тыквы). Овощи, выращенные в открытом грунте, получают в сезонное время (летом, ранней осенью). Наиболее распространенные овощные культуры открытого грунта – капуста, томат, свекла, морковь, лук, огурец.

Окупаемость кормов техническая – производство продукции животноводства в физическом объеме на одну затраченную кормовую единицу.

Окупаемость кормов экономическая – стоимость валовой продукции животноводства на единицу стоимости объема кормов.

Оценка экономическая – расчет стоимости, основанный на экономическом потенциале.

Пастбище – сельскохозяйственное угодье с травянистой растительностью, систематически используемое для выпаса травоядных животных. Пастбища бывают естественные, с природным травостоем и искусственные, культурные. Продуктивность и долговечность многолетних пастбищ определяются правильным использованием и уходом.

Пашня – сельскохозяйственные угодья, систематически обрабатываемые и используемые под посевы сельскохозяйственных культур, включая посевы многолетних трав, а также чистые пары. К пашне также относятся огороды, парники и теплицы. В пашню не включаются земельные участки сенокосов и пастбищ, занятые

посевами предварительных культур (в течение не более двух – трех лет), распаханные с целью коренного улучшения, а также междурядья садов, используемые под посевы.

Показатели экономической эффективности – это группа показателей, характеризующая уровень экономического развития в наибольшей степени, так как прямо или косвенно показывает качество, состояние и уровень использования основного и оборотного капиталов, трудовых ресурсов.

Район сельскохозяйственный – экономический район с сельскохозяйственным производством в качестве важнейшей отрасли производственной специализации.

Растениеводство – это одна из основных отраслей сельского хозяйства, занимающаяся выращиванием культурных растений и использованием дикорастущей растительности для получения продуктов питания для населения, кормов, для животноводства и сырья для отраслей промышленности.

Рациональный тип кормопроизводства – это система организационно-экономических мероприятий, которая обеспечивает хорошо организованную и стабильную кормовую базу. Критерием рациональной организации производства кормов являются следующие принципы: соблюдение зональных экономических и природных условий; сбалансированные диеты и однородность кормов на основе сочетания использования естественных пастбищ и соблюдение культуры использования пастбищ для производства корма; максимальная экономическая эффективность, при оптимальном удовлетворении потребностей животных и птицы кормами при минимальных затратах всех ресурсов.

Резерв производства – внутренние возможности лучшего использования ресурсов предприятий, позволяющие увеличивать объем производства продукций, повышать ее качество без привлечения значительных дополнительных средств из внешних источников и собственного резервного фонда.

Рентабельность – относительный показатель экономической эффективности. Рентабельность предприятия комплексно отражает степень эффективности использования материальных, трудовых и денежных и др. ресурсов. Коэффициент рентабельности рассчитывается как отношение прибыли к активам или потокам, ее формирующим.

Себестоимость продукции – текущие издержки производства и обращения, реализации продукции, исчисленные в денежном выражении. Включают материальные затраты, амортизацию основных средств, заработную плату основного и вспомогательного персонала, дополнительные (накладные) расходы, непосредственно связанные, обусловленные производством и реализацией данного вида и объема продукции.

Севооборот – научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур (и пара) по полям и во времени; основная часть системы земледелия. Севообороты подразделяют на полевые (возделывание зерновых, картофеля и технических культур); кормовые (трав, кукурузы и др.); специальные (овощей, табака, риса и др.).

Сенокос – сельскохозяйственное угодье, систематически используемое под сенокошение.

Система залежная – система земледелия, при которой после снятия нескольких урожаев (6-10 лет) землю оставляли на долгое время без обработки (под залежь) для восстановления плодородия почвы.

Система земледелия – комплекс взаимосвязанных технологических, мелиоративных и организационно-экономических мероприятий, направленный на эффективное использование земли, восстановление и повышение плодородия почвы, получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Система земледелия является составной частью системы ведения хозяйства и включает ряд взаимосвязанных элементов (звеньев): организацию земельной территории и севооборотов; технологию возделывания культур; систему обработки почвы; систему удобрений; мероприятия по борьбе с сорняками, болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур; семеноводство; мероприятия по защите почвы от водной и ветровой эрозии; в отдельных районах регулирование водного режима (орошение, осушение, создание полезащитных лесных насаждений), а также известкование, гипсование почв.

Система паровая (зернопаровая система земледелия) – система земледелия, в севообороте которой главную роль играют чистые пары. Воспроизводство почвенного плодородия обеспечивается внесением органических и минеральных удобрений, благодаря накоплению влаги, очищению полей от сорняков и др.

Система плодосменная – интенсивная система земледелия – основная площадь севооборота занята зерновыми, техническими (сахарная свекла, картофель и др.) и кормовыми культурами. Плодородие почвы восстанавливается благодаря удобрениям и тщательной обработке.

Система травопольная – система земледелия, при которой часть пашни в полевых и кормовых севооборотах занята многолетними бобовыми и мятликовыми травами, являющимися кормовой базой и естественным средством восстановления и повышения плодородия почвы.

Срок окупаемости – показатель эффективности использования капиталовложений в строительство производственных объектов, реализацию целевых программ и т.п.; представляет собой период времени, в течение которого произведенные затраты окупаются полученным эффектом (в форме прибыли или снижения себестоимости, прироста национального дохода). При расчете срока окупаемости учитывается лаг между временем осуществления капитальных вложений и получением эффекта, а также изменения цен и другие факторы.

Товарность – отношение той части продукции, которая идет на рынок как товар, к общему объему продукции.

Угодья сельскохозяйственные – земельные участки (пашня, многолетние насаждения, сенокосы и пастбища), используемые для производства сельскохозяйственной продукции.

Удобрения минеральные – минеральные соединения, главным образом соли, содержащие элементы питания растений и используемые для повышения плодородия почвы. Минеральные удобрения бывают простыми (азотные, фосфорные, калийные, микроудобрения) и комплексными. Обогащают почву питательными элементами, изменяют реакцию почвенного раствора, влияют на микробиологические процессы.

Удобрения органические – удобрения, содержащие питательные вещества в виде органических соединений (навоз, торф, компосты, навозная жижа, птичий помет, зеленое удобрение, отходы сахарного, кожевенного, рыбного производства, городской мусор).

Уровень рентабельности – показатель, характеризующийся отношением суммы прибыли к сумме полной себестоимости всей реализованной продукции.

Урожайность – количество растениеводческой продукции, получаемой с единицы площади – 1 га или 1 м² (в теплицах, парниках) в тоннах, центнерах.

Фонд земельный – общая площадь земель в границах отдельных землепользователей или административно-территориальных единиц. При государственном учете земель в состав земельного фонда включают: сушу, внутренние воды, острова, а также окраинные внутренние воды. По целевому назначению и хозяйственному использованию земельный фонд подразделяется на земли сельскохозяйственного назначения, земли населенных пунктов, земли промышленности и транспорта; земли, предоставленные организациям, предприятиям и учреждениям; земли государственного лесного фонда; земли государственного водного фонда.

Цена закупочная – цена сельскохозяйственной продукции, закупаемой заготовителями у производителей по договорам контрактации.

Цена реализации – цена, по которой продается или реализуется товар.

Чистый доход – прибыль за вычетом налогов, полученная предприятием за определенный период.

Экономическая эффективность капитальных вложений – показатель, отражающий целесообразность осуществления единовременных затрат, которая основывается на соизмерении полученного эффекта (экономия, прибыль и т.п.) и капитальных вложений, обеспечивших этот результат. Различают абсолютную и сравнительную экономическую эффективность капитальных вложений.

Эффект экономический – полезный результат экономической деятельности, измеряемый обычно разностью между денежным доходом от деятельности и денежными расходами на ее осуществление.

Эффективность экономическая – результативность экономической деятельности, экономических программ и мероприятий, характеризуемая отношением полученного экономического эффекта, результата к затратам факторов, ресурсов, обусловившим получение этого результата, достижение наибольшего объема производства с применением ресурсов определенной стоимости.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Баймишев, Х. Б. Программно-целевой метод планирования в молочном скотоводстве (на материалах Самарской области) : монография / Х. Б. Баймишев, А. А. Пенкин, К. А. Жичкин. – Самара : РИЦ ГСХА, 2010. – 192 с.

2. Декоративное садоводство : учебник / под ред. Н. В. Агафонова. – М. : КолосС, 2003. – 320 с.

3. Жичкин, К. А. Государственное регулирование деятельности личных подсобных хозяйств (на материалах Самарской области) : монография / К. А. Жичкин, Н. Н. Липатова. – Самара, 2008. – 195 с.

4. Жичкин, К. А. Информационное обеспечение кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения (на материалах Самарской области) : монография / К. А. Жичкин, А. А. Пенкин, А. В. Гурьянов, Л. Н. Жичкина. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2015. – 159 с.

5. Жичкин, К. А. Личные подсобные хозяйства Самарской области и возможные направления их развития : монография / К. А. Жичкин, А. А. Пенкин. – Самара : СамВен-Кинель, 2004. – 182 с.

6. Жичкин, К. А. Оценка современных технологий в сельском хозяйстве / К. А. Жичкин, Л. Н. Жичкина // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. – Соленое Займище : ПНИИАЗ, 2016. – С. 3830-3838.

7. Жичкин, К. А. Совершенствование системы показателей оценки деятельности ЛПХ / К. А. Жичкин, Ф. М. Гусеинов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №2. – С. 19-23.

8. Жичкин, К. А. Состояние овощеводства в Самарской области / К. А. Жичкин, Л. Н. Жичкина // Овощеводство и бахчеводство открытого грунта. Проблемы и перспективы развития : сборник научных статей. – Соленое Займище : ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2016. – С. 251-255.

9. Жичкин, К. А. Стратегическое планирование в организации АПК : учебное пособие / К. А. Жичкин, А. А. Пенкин, В. Б. Перунов. – Самара : РИЦ СГСХА, 2005. – 141 с.

10. Жичкин, К. А. Страхование в сельском хозяйстве : учебное пособие. – Самара : ООО Типография «Книга», 2007. – 232 с.

11. Жичкин, К. А. Страхование рисков сельскохозяйственных организаций в условиях государственной поддержки : монография / К. А. Жичкин, Т. В. Шумилина. – Самара : РИЦ СГСХА, 2013. – 191 с.

12. Жичкин, К. А. Экономический механизм деятельности личных подсобных хозяйств (на примере Самарской области) / К. А. Жичкин, Ф. М. Гусеинов // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2014. – №2 (26). – С. 157-163.

13. Каратаев, Е. С. Овощеводство : учебник / Е. С. Каратаев, В. Е. Светкина. – М., 1984. – 272 с.

14. Коваленко, Н. Я. Экономика сельского хозяйства с основами аграрных рынков : курс лекций. – М. : ЭКМОС, 1998. – 448 с.

15. Коломейченко, В. В. Растениеводство : учебник. – М. : Агробизнес-центр, 2007. – 600 с.

16. Макарец, Л. И. Экономика отраслей растениеводства : учебное пособие / Л. И. Макарец, М. Н. Макарец. – СПб. : Лань, 2012. – 368 с.

17. Макарец, Л. И. Экономика производства сельскохозяйственной продукции : учебное пособие / Л. И. Макарец, М. Н. Макарец. – СПб. : Лань, 2002. – 224 с.

18. Носов, В. В. Организационно-экономический механизм устойчивого развития сельскохозяйственного производства (теория и практика). – Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2005. – 236 с.

19. Носов, В. В. Статистическое изучение рынка субсидированного мультирискового сельскохозяйственного страхования : монография / В. В. Носов, О. К. Котар, М. М. Кошелева. – Саратов : СГСЭУ, 2014. – 132 с.

20. Носов, В. В. Экономическая устойчивость сельскохозяйственных предприятий в современных условиях : монография. – Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2004. – 110 с.

21. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреест) [Электронный ресурс] // Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации. – URL : https:// rosreestr.ru/site/activity/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsi-onalnyy-do klad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/.

22. Перунов, В. Б. Прикладное программное обеспечение управления инвестиционными проектами : учебное пособие / В. Б. Перунов, А. А. Пенкин, К. А. Жичкин. – Самара : Самвен-Кинель, 2005. – 143 с.

23. Перунов, В. Б. Оценка обеспеченности финансовыми ресурсами сельскохозяйственных предприятий в условиях природных чрезвычайных ситуаций (на материалах Самарской области) : монография / В. Б. Перунов, К. А. Жичкин, А. А. Пенкин. – Самара : Книга, 2008. – 160 с.

24. Петренко, И. Я. Экономика сельскохозяйственного производства : учебник / И. Я. Петренко, П. И. Чужинов. – Алма-Ата : Кайнар, 1992. – 560 с.

25. Попов, Н. А. Экономика отраслей АПК : учебник. – М. : ИКФ «ЭКМОС», 2002. – 368 с.

26. Потапов, В.А. Плодоводство : учебник / В. А. Потапов, В. В. Фаустов, Ф. Н. Пилильщиков [и др.]. – М. : Колос, 2000. – 432 с.

27. Тараканов, Г. И. Овощеводство : учебник / Г. И. Тараканов, В. Д. Мухин, К. А. Шуин [и др.]. – М. : Колос, 2002. – 472 с.

28. Толмачев, М. Н. Статистическое изучение концентрации сельскохозяйственного производства в субъектах Российской Федерации : монография / М. Н. Толмачев, В. В. Носов. – Саратов : СГСЭУ, 2011. – 148 с.

29. Уколова, Н. В. Государственно-частное партнерство в АПК : монография / Н. В. Уколова, О. К. Котар, В. В. Носов [и др.]. – Саратов : ООО Издат. центр «Наука», 2013. – 210 с.

30. Экономика предприятий и отраслей АПК : учебник / под ред. П. В. Лещиловского, Л. Ф. Догиля, В. С. Тонковича. – Минск, 2001. – 575 с.

АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Б

База кормовая 41

Баланс ресурсов и использования 23, 84, 105

Биоэтанол 24

В

Валовая продукция 21, 101

Валовой доход 21, 101

Валовой сбор 34, 54, 70, 86, 112

Выход валовой продукции 19

З

Залежь 9

Затраты труда прямые 77

Землеобеспеченность 5

И

Индекс производства 11, 36, 70, 78

К

Концентрация производства 14, 81

Корма растительные 42

Кормопроизводство 41

Культуры кормовые 43

Культуры масличные 60

Культуры прядильные 58

Культуры технические 57

Культуры эфиромасличные 62

М

Мелиорация химическая 16

Механизация 18

Н

Насаждения многолетние 8

О

Овощеводство защищенного грунта 98

Овощеводство открытого грунта 93

Овощеводство 93

Окупаемость кормов техническая 48

Окупаемость кормов экономическая 48

Оценка экономическая 19

П

Пастбище 8

Пашня 8

Показатели экономической эффективности 37

Р

Размещение зернового производства 28, 33

Район сельскохозяйственный 11

Растениеводство 5

Рациональный тип кормопроизводства 45

Резерв производства 39

Рентабельность 22

Рынок зерна 24

С

Себестоимость 21, 99

Севооборот 14

Сенокос 8

Система залежная 13

Система земледелия 13

Система паровая 13

Система плодосменная 13

Система травопольная 13

Срок окупаемости 118

Т

Товарность 36, 73, 78

У
Угодья сельскохозяйственные 5, 6
Удобрения минеральные 15
Удобрения органические 15
Уровень рентабельности 19, 101
Урожайность 19, 34, 51, 69, 76, 78, 95, 113
Ф
Фонд земельный 5, 6
Ц
Цена закупочная 40
Цена реализации 101
Ч
Чистый доход 20
Э
Экономическая эффективность капитальных вложений 117
Энергоресурсосбережение 36
Эффект экономический 14
Эффективность кормопроизводства 48
Эффективность производства зерна 23
Эффективность производства овощей 102
Эффективность производства плодов и ягод 110
Эффективность производства технических культур 66
Эффективность экономическая 19

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие..... 3
1. Народнохозяйственное значение растениеводства и основные факторы его развития..... 5
1.1. Значение растениеводства в экономике страны и факторы его развития..... 5
1.2. Основные показатели экономической эффективности растениеводства..... 19
2. Экономика производства зерна..... 22
2.1. Народнохозяйственное значение и развитие производства зерновых культур..... 22
2.2. Размещение и экономическая эффективность производства зерна..... 28
3. Экономика производства и использования кормов..... 41
3.1. Значение кормовой базы в развитии животноводства..... 41
3.2. Экономическая эффективность кормопроизводства..... 48
4. Экономика производства технических культур..... 57
4.1. Народнохозяйственное значение и размещение технических культур..... 57
4.2. Эффективность производства технических культур..... 66
5. Экономика производства картофеля 74
5.1. Народнохозяйственное значение и размещение производства картофеля..... 74
5.2. Эффективность производства картофеля 77
6. Экономика производства овощных и бахчевых культур..... 81
6.1. Уровень, структура и размещение овощных и бахчевых культур..... 81
6.2. Пути повышения экономической эффективности производства овощей..... 92
7. Экономика производства плодов и ягод 103
7.1. Народнохозяйственное значение и размещение плодовых и ягодных культур..... 103
7.2. Пути повышения эффективности производства плодовых и ягодных культур..... 110
8. Экономика производства винограда..... 119
8.1. Современное состояние и размещение производства винограда..... 119
8.2. Эффективность производства винограда..... 122
9. Экономика производства грибов..... 124
9.1. Современное состояние отрасли грибоводства..... 124

9.2. Эффективность производства грибов..... 129
10. Экономика производства цветов..... 131
10.1. Современное состояние отрасли цветоводства..... 131
10.2. Пути повышения экономической эффективности отрасли..... 133
Краткий словарь терминов и определений 135
Рекомендуемая литература..... 143
Алфавитно-предметный указатель 145

Учебное издание

Жичкина Людмила Николаевна
Жичкин Кирилл Александрович

ЭКОНОМИКА ОТРАСЛЕЙ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Учебное пособие

Подписано в печать 6.02.2018. Формат 60×841/16
Усл. печ. л. 8,66, печ. л. 9,31.
Тираж 500. Заказ №23.
Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru
Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО»
443086, г. Самара, ул. Песчаная, 1
Тел.: (846) 267-36-82



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

В. Г. Кутилкин

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Методические указания для выполнения лабораторных работ

Кинель
РИО СамГАУ
2019

УДК 631.6 (07)
ББК 40.6
К95

Кутилкин, В. Г.

К95 Рекультивация, мелиорация и охрана земель : методические указания. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – 63 с.

Методические указания содержат теоретический материал, задания для выполнения лабораторных работ, список рекомендованной учебной литературы, контрольные вопросы. Учебное издание предназначено для обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, программе магистратуры «Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов».

© Кутилкин В.Г. 2019
© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания для лабораторных занятий по дисциплине «Рекультивация, мелиорация и охрана земель» составлены в соответствии с требованиями Федерального образовательного стандарта профессионального образования, предназначены для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 «Агрономия».

Учебное издание освещает теоретические вопросы нарушенных земель, деградированных агрогеосистем, очистки загрязненных земель; оросительной мелиорации земель, улучшения засоленных и кислых почв; охране и рациональному использованию земель. В методических указаниях изложены методики и техника проведения лабораторных работ, дан перечень необходимых для их проведения материалов. Каждая работа завершается контрольными вопросами для оценки знаний.

Выполнение лабораторных работ направлено на формирование компетенций, связанных с готовностью действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения; готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала; способностью понимать сущность современных проблем агрономии, научно-техническую политику в области производства безопасной растениеводческой продукции; владением методами оценки состояния агрофитоценозов и приёмами коррекции технологии возделывания сельскохозяйственных культур в различных погодных условиях; - способностью использовать инновационные процессы в агропромышленном комплексе при проектировании и реализации экологически безопасных и экономически эффективных технологий производства продукции растениеводства и воспроизводства плодородия почв различных агроландшафтов; способностью обеспечить экологическую безопасность агроландшафтов при возделывании сельскохозяйственных культур и экономическую эффективность производства продукции.

РАЗДЕЛ I. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

Лабораторная работа 1. Рекультивация загрязненных земель

Цель занятия. Ознакомиться с источниками загрязнения почв, ПДК, экологическими нормативами и изучить мероприятия по рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами, радионуклидами и другими токсикантами.

Химическое загрязнение геосистем. *Загрязнение* – это природное или антропогенное привнесение (внедрение) различных веществ в абиотические и биотические компоненты геосистемы, обуславливающее негативные токсико-экологические последствия для биоты.

Антропогенное загрязнение почв можно разделить на коммунальное, сельскохозяйственное, промышленное и военное.

Для оценки загрязненности почв в качестве критериев используют соотношение содержания химического вещества с его предельно допустимым (ПДК) или фоновым значение в почве и суммарный показатель химического загрязнения.

Рекультивация земель, загрязненных тяжелыми металлами. К тяжелым металлам относится более 40 химических элементов, масса атомов которых превышает 50 а.е. м. При повышенном содержании этих элементов возникает угроза загрязнения, приводящего к токсичным условиям.

Тяжелыми металлами почвы загрязняются главным образом в результате газопылевых выбросов металлургическими предприятиями, особенно предприятиями цветной металлургии. Другие источники загрязнения – рудники, обогатительные фабрики.

Рекультивация земель, загрязненных тяжелыми металлами, осуществляются следующими способами:

- *культивирование устойчивых к загрязнению культурных и дикорастущих растений.*

- *рекультивация почв с помощью растений (фиторекультивация), способных накапливать тяжелые металлы в вегетативных органах;*

- *регулирование подвижности тяжелых металлов*;

- *регулирование соотношения химических элементов в почве*;

- *создание рекультивационного слоя, замена или разбавление загрязненного слоя почвы*;

- *использование активных биологических средств.*

Рекультивация земель, загрязненных радионуклидами. Источником радиоактивного загрязнения почвы, также как и растительности, являются радиоактивные выпадения из атмосферы.

На загрязненных землях основной способ рекультивации – *фитомелиорация,* которая включает также проведение агротехнических мероприятий, как глубокая вспашка, известкование, внесение минеральных удобрений. Убранную биомассу компостируют в специальных траншеях до тех пор, пока уровень радиации культивируемых растений не достигнет ПДК.

Рекультивация земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Земли и воды загрязняются при добыче нефти, транспортировке ее и ее продуктов, переработке, хранении, заправке машин топливом результате аварий, утечек, протечек, испарений.

Состав работ первого уровня рекультивации направлен на активизацию почвенных микроорганизмов по деструкции углеводородов. Сюда входят рыхление почвы, внесение извести, гипса, высоких доз органических и минеральных удобрений с последующей запашкой, создание мульчирующей поверхности из высокопитательных смесей, посев нефтетолерантных растений повышенными нормами, применение составных мелиорантов: NPK + навоз; NPK + известь; NPK + известь + навоз.

Большое внимание уделяют использованию растений для очистки почв, загрязненных углеводородами с помощью растений: фитодеградация, фитоиспарение, ризодеградация.

Фитодеградация – «внутреннее» разрушение углеводородов растением – после поглощения разложение их в ходе метаболических процессов либо «внешнее», когда нефтепродукты разлагаются под действием корневых выделений.

Фитоиспарение – способность растения поглощать нефть или нефтепродукты в процессе поддержания своего водного баланса, т.е. вместе с водой «выкачивать» из почвы загрязняющее вещество.

Ризодеградация – усиленная микроорганизмами биодеградация. Принцип этого механизма заключается в том, что загрязняющие углеводороды разлагаются не непосредственно самим растением, а микроорганизмами, обитающими около его корней, т. е. в ризосфере.

В рекультивационные работы второго уровня входят замена загрязненного слоя путем удаления последнего, создание рекультивационного слоя способом смешивания замазученных и чистых слове почвы; внесение органоминеральных и бактериальных активаторов (керамзитовые окатыши, навоз, биодеструктуоры); устройство под загрязненным слоем поглотительно-экранирующих слоев из минеральных грунтов и извести.

Задание. Описать наиболее опасные виды загрязнений земель; описать почвы сельскохозяйственных земель по степени загрязнения химическими веществами; описать рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтью и нефтепродуктами.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под термином «загрязненные земли»?
2. Назовите наиболее опасные виды загрязнений.
3. Как количественно оценивают химическое загрязнение почв? Что такое ПДК?
4. Какие элементы относят к тяжелым металлам?
5. Опишите основные пути рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами.
6. Какими способами восстанавливают земли, загрязненные радионуклидами?
7. Охарактеризуйте современные способы очистки земель от нефтепродуктов.

Лабораторная работа 2. Общие сведения о противоэрозионных мероприятиях, проводимых при рекультивации земель

Цель занятия. Ознакомиться с основными видами эрозии почв и изучить почвозащитные комплексы в борьбе с водной и ветровой эрозией.

Под *эрозией* понимается совокупность взаимосвязанных процессов отрыва, переноса и отложения почвы (иногда материнской и подстилающей пород) поверхностным стоком временных водных потоков или ветром. В соответствии с этим эрозию подразделяют на **водную** и **ветровую (дефляцию)**.

По характеру нарушения поверхности почвы эрозионными процессами различают: 1) **поверхностную** эрозию или смыв

почвы; 2) **линейную** эрозию или размыв почвы. **Поверхностная** эрозия делится на *плоскостную* и *струйчатую*. Различие достаточно условное. Считается, что плоскостная эрозия вызывается движением сплошного потока воды. Практически условия для ее образования создаются редко, и смыв в основном осуществляется струйчатыми потоками.

О степени опасности эрозии можно судить, сопоставив интенсивность смыва (или сдувания) почвы со скоростью почвообразовательного процесса. Если интенсивность эрозии меньше скорости почвообразования, то предположить, что она не представляет опасности для данной почвы. Такую эрозию принято считать **нормальной**. Если интенсивность потерь почвы больше скорости почвообразования, то её считают **ускоренной**.

Почвозащитный комплекс – это система мероприятий организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий с целью защиты почв от водной и ветровой эрозии.

Почвозащитный комплекс в борьбе с водной эрозией. **Организационно-хозяйственные мероприятия** направлены на противоэрозионную организацию территории с учетом эродированности и опасности почв, которые обеспечивают правильное сочетание, и размещение всех мер защиты почв от эрозии на водосборной площади. Она включает правильное размещение севооборотов (полевых, кормовых, почвозащитных) с расположением полей, обеспечивающим проведение всех видов обработок почвы в направлении, близком к горизонталям. Правильная противоэрозионная организация территории должна способствовать эффективному регулированию стока талых вод и сокращению эрозии, а также повышению продуктивности эродированных пахотных земель.

Все земли сельскохозяйственного назначения делят на 4 категории:

- земли интенсивного использования (не смытые и слабосмытые с крутизной склонов не более 3°) – для размещения полевых и кормовых севооборотов;

- земли ограниченного использования (средне- и сильносмытые, с крутизной 3-5°) – для размещения почвозащитных севооборотов, насыщенных многолетними травами и свободных от пропашных культур и чистых паров;

- земли очень ограниченного использования (сильно- и очень сильно смытые, с крутизной склонов 5-7°) – выводятся м из пашни под сплошное залужение многолетними травосмесями;

- гидрографический фонд (очень сильно смытые земли с выходом на поверхность коренных пород) – предназначены для лугопастбищных угодий, с установлением щадящего режима или сплошного облесения.

Агротехнические меры борьбы с эрозией почв являются весьма доступными и требуют мало дополнительных затрат. Они затрагивают несколько элементов системы земледелия, в первую очередь порядок использования земли в севообороте и систему механической обработки. К агротехническим мероприятиям относятся:

- использование почвозащитных свойств растительности: *занятых паров*, *промежуточные* и *совместные посевы*, *перекрестный* и *узкорядный посев*; *буферные полосы*, *собственно полосное размещение культур*, *почвозащитные севообороты; улучшение естественных кормовых угодий*, *мульчирование*;

- почвозащитная обработка почвы: *обработка* и *посев поперек склона*, *ступенчатая вспашка*, *вспашка* и *вспашка с почвоуглублением*, *бороздование* и *обвалование зяби*, *глубокое рыхление* почвы, *полосное рыхление*, *кротование*, *щелевание*, *регулирование снеготаяния*.

Агротехнические приемы защиты почв от дефляции:

- *почвозащитные севообороты*;

- *полосное размещение посевов*;

- *сохранение на поверхности почвы растительных остатков* и *мульчирование поверхности почвы*;

- *почвозащитная обработка почвы*.

Агролесомелиорация – это коренное улучшение почвы и климата и средство регулирования стока с помощью выращивания деревьев и кустарников. Системы защитных лесных насаждений разнообразны:

- *полезащитные полосы*;

- *гидролесомелиоративные насаждения*;

- *противоэрозионные защитные лесные полосы*;

- *санитарно-гигиенические насаждения*;

- *зоолесомелиративные насаждения*;

- *виалесомелиоративные насаждения*;

- *пескоукрепительные насаждения.*

Гидротехнические мероприятия. Гидротехнические мероприятия применяют в том случае, когда необходимо быстро ликвидировать разрушительное действие водной эрозии. Для этого строят *пруды*, *водоемы*, *лиманы*, *валы* с широким основанием и другие сооружения, которые проектируют с учетом полного задержания стока талых и ливневых вод. Закрепление оврагов и промоин осуществляется путём строительства простейших гидротехнических сооружений: *распылителей поверхностного стока*, *водозадерживающих валов* и *канав*, *водосбросных вершинных устройств* и *донных запруд*.

Почвозащитная бесплужная система земледелия представляет собой обработку почвы без оборота пласта с накоплением на поверхности почвы мульчи из растительных остатков, защищающих почву от разрушительного действия дождевых капель, эрозии и дефляции, непродуктивного испарения почвенной влаги. Эта система способствует охране почв, повышению их плодородия, позволяет резко увеличить валовые сборы сельскохозяйственной продукции, снижает энергетические затраты на обработку почв, увеличивает производительность труда, уменьшает расход топлива.

Задание. Описать основные виды эрозии почв, организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятии по защите почв от водной и ветровой эрозии.

Контрольные вопросы

1. Что такое эрозия почвы? Назовите основные виды эрозии.
2. В чём проявляется вред от эрозионных процессов? Ущерб от водной и ветровой эрозии.
3. Расскажите об особенностях почвозащитной организации территории.
4. Назовите агротехнические приёмы борьбы с водной и ветровой эрозией.
5. Какова роль агролесомелиорации в защите почв от эрозии?
6. Расскажите о гидротехнических мероприятиях.
7. Расскажите о роли почвозащитного земледелия в сохранении и повышении плодородия почв.

Лабораторная работа 3. Сельскохозяйственная и лесохозяйственная рекультивация нарушенных земель

Цель занятия. Ознакомиться с объектами сельскохозяйственной и лесохозяйственной рекультивации земель и изучить технические и биологические этапы их рекультивации.

Сельскохозяйственная рекультивация земель. При сельскохозяйственном направлении рекультивации рекультивированные земли используются под пашню, сенокосы, пастбища и многолетние насаждения.

Объекты сельскохозяйственной рекультивации. Для создания сельскохозяйственных угодий в основном используются выработанные торфяники низинного типа, внутренние отвалы, отсыпаемые в отработанное пространство карьеров при добыче угля, железной руды, фосфоритов, строительных материалов (песка, гравия, глин), дражные отвалы, образующиеся при разработке россыпных месторождений, рекультивируемые мелконарушенные земли (процессе строительства трубопроводов, подземных коммуникаций, строительства ирригационных систем, нефтедобычи и др.)

Технический этап сельскохозяйственной рекультивации. Нарушенные земли при их использовании в сельскохозяйственных целях должны быть соответствующим образом подготовлены на данном этапе рекультивации: обеспечена оптимальная стратиграфия пород, ликвидированы их неблагоприятные физические, химические, а также токсические свойства, проведена тщательная планировка поверхности и создан на поверхности плодородный слой из почв.

Наиболее распространенный метод подготовки нарушенных земель под пашню – нанесение на спланированную поверхность отвалов гумусированного почвенного слоя 30-50 см.

Отвалы, сложенные потенциально-плодородными породами без нанесения гумусированного почвенного слоя часто отводятся для сенокосно-пастбищного использования.

Биологический этап сельскохозяйственной рекультивации. На этом этапе в первые годы освоения в большинстве случаев выращивают растения из группы **эвритрофов** – многолетние бобовые (люцерну, донник, люпин, эспарцет и др.), которые дают

высокие урожаи и способствуют более быстрому восстановлению плодородия почвы.

При создании после трав пахотных угодий выращивают зерновые и кормовые культуры, нередко овощи.

При сенокосно-пастбищном использовании рекультивируемых почв после трав возделывают бобовые и бобово-злаковые травосмеси. Пастьбу скота можно начинать только после 4-5, в отдельных случаях 10-летнего использования их для сенокошения и при условии строго соблюдения пастбищного режима.

Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур на рекультивируемых землях имеет свои особенности.

Помимо применения повышенных доз органических и минеральных удобрений эти отличия касаются системы обработки почвы и посева культур. Для уменьшения плотности и увеличения скважности, водопроницаемости вначале освоения нередко применяется система обработки техногенного субстрата по типу чёрного пара, в дальнейшем используется глубокая основная обработка почвы.

На рекультивируемых землях рекомендуется увеличивать нормы высева семян в среднем на 20-30% против принятых в зоне.

Лесохозяйственная рекультивация земель. Объектами лесохозяйственной рекультивации земель являются в основном внешние отвалы при открытой добыче полезных ископаемых; провалы и отвалы, образующиеся при подземных горных работах; отвалы, возникшие в результате складирования промышленных, строительных и коммунально-бытовых отходов, а также выработанные торфяники. В большинстве случаев лесонасаждения создаются на нарушенных землях с почвенно-грунтовыми условиями, неблагоприятными для выращивания сельскохозяйственных культур или требующими определенных природоохранных мероприятий.

Технический этап лесохозяйственной рекультивации. Сплошное выравнивание поверхности почвы выполняют только при создании массивных лесонасаждений. В большинстве случаев проводится частичное разравнивание, террасирование или выполаживание откосов.

Для создания плодородного слоя используют потенциально плодородные породы.

Биологический этап лесохозяйственной рекультивации. Подбор древесных и кустарниковых растений и типов лесокультур

проводится на основании свойств горных пород и гидрологического режима рекультивируемой территории.

При разведении лесонасаждений на отвалах, сложенных горными породами, отнесенными по классификации к группе пригодных, в качестве главных пород в лесокультурах следует использовать лесообразующие виды, характерные для данной почвенно-климатической зоны.

На участках, сложенных грунтосмесями с преобладанием малопригодных и непригодных пород, необходимо применять мелиоративные лесонасаждения в сочетании с необходимыми мерами химической мелиорации.

Особое место в этом отношении на отвалах большинства районов России должна занять ольха серая. Мелиоративная роль этой породы обусловлена ее способностью фиксировать атмосферный азот и обобщать им грунтовсмеси. Ольха имеет богатый легко минерализующийся листовой опад, и развитую корневую систему. Это позволяет ей легко приживаться на грунтах разного гранулометрического состава, относительно легко переносить избыточные концентрации растворимых солей и другие неблагоприятные условия.

На участках, отводимых под облесение, целесообразно проводить безотвальное рыхление, а в ряде случаев предпосадочную обработку грунта по системе чёрного пара.

В первый период развития лесокультур на отвалах они испытывают острый недостаток азота. Поэтому для всех типов культур, выращиваемых на отвалах, рекомендуется подготовка поверхностного слоя по системе сидерального пара с люпином или донником. Впервые 3-4 года роста лесокультур, особенно сосновых, следует сеять в междурядья донник.

Предпосадочная обработка и уход за лесокультурами проводятся в соответствии с существующими региональными лесомелиоративными инструкциями.

Задание 1. Ознакомиться с объектами сельскохозяйственной рекультивации земель и описать технический и биологический этапы сельскохозяйственной рекультивации земель.

Задание 2. Ознакомиться с объектами лесохозяйственной рекультивации земель и описать технический и биологический этапы лесохозяйственной рекультивации земель.

Контрольные вопросы

1. Объекты сельскохозяйственной рекультивации земель.
2. Особенности технического этапа сельскохозяйственной рекультивации.
3. Биологический этап сельскохозяйственной рекультивации.
4. Объекты лесохозяйственной рекультивации.
5. Особенности технического этапа лесохозяйственной рекультивации.
6. Биологический этап лесохозяйственной рекультивации.

Лабораторная работа 4.
Восстановление нарушенных агрогеосистем

Цель занятия. Изучить этапы и приемы рекультивации земель, образовавшихся в результате опустынивания, засоленных земель и роль почвозащитной системы земледелия в восстановлении плодородия нарушенных почв.

Нарушенные агрогеосистемы могут иметь следующие последствия антропогенной деятельности: опустынивание, дегумификацию, переувлажнение, закисление, засоление, осолонцевание, загрязнение остаточным количеством пестицидов, нефтью, нефтепродуктами и другими токсичными веществами.

Рекультивация земель, образовавшихся в результате опустынивания. Опустынивание почв приводит к развитию сбитости пастбищ, выпадению ценных кормовых растений, увеличению доли рудеральных растений (живущих на замусоренных местах), эфемеров и однолетников, к полной или частичной потере сельскохозяйственных угодий, наступлению песков на объекты гражданского, промышленного и транспортного назначения.

На **подготовительном этапе** эффективности рекультивации нарушенных земель достигают в результате проведения организационно-хозяйственных мероприятий:

- изменения структуры сельскохозяйственных угодий за счет перевода низкопродуктивной пашни в лугопастбищные и лесные угодья;
- создания в структуре пастбищных угодий охраняемых участков, занимающих 7-10% общей площади пашни;
- внедрение адаптивно-ландшафтных систем;

- организации сети особо охраняемых природных территорий по изучению степного разнообразия, научных полигонов и научно-производственных хозяйств по разработке и систем природопользования;

- организации экологического мониторинга и развития методов экологического контроля за использованием земель на основе разрабатываемой системы экологических ограничений землепользования;

- окультуривания степных растений, обладающих повышенными кормовыми качествами;

- использование территории с её детализацией под конкретных землепользователей;

- оценки продуктивности пастбищ и приведение в соответствие нормы выпаса с имеющейся продуктивностью.

На этапе **технической рекультивации** проводят инженерно-технические мероприятия, позволяющие снизить и прекратить развевание песков, создать устойчивую от разрушения структуру верхних горизонтов, обеспечить благоприятный водно-воздушный и водно-солевой режим рекультивируемых почв.

При борьбе с эрозией уменьшают зону развевания песков за счет создания на пути полезащитных древесно-кустарниковых полос в сочетании с искусственными заграждениями.

Для снижения подвижности, рыхлости, уменьшения фильтрационных потерь влаги, уменьшения выщелачивания питательных элементов и потерь удобрения, повышения сорбционной способности почвы проводят землевание (глинование), торфование, вносят органические удобрения, создают сплошные или полосные прослойки из торфа или смеси глины, суглинка и песка на глубине 25-40 см, обрабатывают почву структурообразующими полимерными материалами.

Для управления водно-солевым режимом создают инженерные мелиоративные системы, инженерные природоохранные системы, инженерные системы регулирования водными ресурсами, инженерные системы обводнения, вносят мелиоранты (известь и гипс), проводят промывки засоленных земель.

На этапе **биологической рекультивации** проводят мероприятия по восстановлению растительного покрова и плодородия разрушенных почв. Для предупреждения появления и развития процессов дефляции на естественных песчаных пастбищах необходимо:

- подкашивать нестравленные травы, чередовать пастбищное использование с сенокосным, менять грубые растения на более ценные кормовые культуры и др.;

- своевременно выполнять боронование для разрыхления почвенной корки, препятствующей закреплению и их прорастанию;

- проводить подсев кормовых растений, вносить органические и минеральные удобрения;

- проводить чередование пахотных и целинных участков, обработку почвы поперек направления господствующих ветров и др.;

- применять аэросев травянистых растений и кустарников на бугристых территориях;

- создавать полезащитные полосы в целях снегонакопления и защиты от суховеев и выдувания почвы;

- создавать полезащитные лесные полосы с буферными кустарниковыми полосами, в которых основные лесные полосы чередуют с кулисами из высокостебельных культур;

- восстанавливать травостой на деградированных пастбищах (путем подсева трав, рыхления, мульчирования, внесения структурообразователей и т. д.) с полным прекращением выпаса на срок ремонта пастбищ.

Биологическая рекультивация засоленных земель с помощью галофитов. **Галофиты** – это растения (солодка голая, полынь солончаковая, солерос и др.), способные нормально функционировать и продуцировать в условиях засоленной среды.

Период рассоления почв в мелиоративном севообороте, включающем разные экологические группы галофитов, для условий средней степени засоления составляет 4-5 лет, сильной степени засоления – 6-7 лет.

Восстановление плодородия почв с применением почвозащитной системы земледелия. Для восстановления плодородия деградированных почв используют следующие мероприятия почвозащитной системы земледелия: почвозащитную обработку, фитомелиоративные, в том числе агролесомелиоративные приемы, агрохимические приемы, мелиорацию, землевание.

Почвозащитная обработка представляет обработку почвы без оборота пласта с помощью плоскорезов, комбинированных агрегатов, чизелей, глубокорыхлителей, щелевателей и других орудий с оставление на поверхности растительных остатков. Достоинства такой обработки почвы в регулировании дефляционно-эрозионных потерь почвы и продуктивности земель.

Фитомелиоративные приемы основаны на динамике учета поступления органического вещества с растительными остатками в балансе гумуса.

Поступление гумуса за счет растительных остатков однолетних трав сельскохозяйственных культур составляет лишь 17-53% оптимального его поступления. В почвозащитных севооборотах при доле многолетних трав 40 % и более бездефицитный баланс гумуса создается за счет гумификации пожнивно-корневых остатков без дополнительного внесения органических удобрений.

Наиболее благоприятные условия для гумификации поступающих растительных остатков и удобрений создаются при периодическом чередовании мелкой и глубокой обработок.

Агролесомелиорация – система мероприятий по борьбе с эрозией почвы, засухой и суховеями. Она включает создание защитных лесонасаждений на оврагах, балках, мелиорируемых и рекультивируемых землях.

Агрохимические мероприятия включают расчет и внесение доз удобрений на создание необходимого запаса питательных веществ в почве. Высокая эффективность органоминеральной системы, при которой сочетают медленнодействующие органические удобрения с оптимальными дозами быстродействующих минеральных.

Мелиорация земель позволяет регулировать водно-воздушный режим, тепловой и химический режимы нарушенных земель.

Землевание позволяет создать почвенный слой. Оптимальная мощность почвенного слоя на эродированные почвы под зерновые культуры составляет 30-40 см. Его используют ограниченно на небольших площадях.

Задание 1. Ознакомиться с основными негативными последствиями атропогенной деятельности для геосистем и этапы рекультивации земель, образовавшихся при опустынивании.

Задание 2. Описать биологическую рекультивацию засоленных земель с помощью галофитов и восстановление плодородия почв с применением почвозащитной системы земледелия.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные негативные последствия антропогенной деятельности для геосистем.
2. Охарактеризуйте основные признаки опустынивания.

3. Какие растения называют галофитами? Какова их роль в восстановлении засоленных земель?

4. Какие мероприятия проводят на техническом этапе рекультивации для снижения подвижности, рыхлости, уменьшения фильтрационных потерь влаги, уменьшения выщелачивания питательных элементов и потерь удобрения?

5. Назовите мероприятия на биологическом этапе по восстановлению растительного покрова и плодородия разрушенных почв.

6. Какие мероприятия используют для восстановления плодородия деградированных почв с применением почвозащитной системы земледелия?

Лабораторная работа 5. Рекультивация и обустройство нарушенных земель свалками и полигонами

Цель занятия. Изучить этапы рекультивации нарушенных земель свалками и полигонами твердых бытовых отходов.

Рекультивация нарушенных земель свалками. В толще свалки формируется техногенный водоносный горизонт. Инфильтрационное питание является основной статьей баланса техногенного горизонта, достигающей 60% суммы атмосферных осадков. Фильтрат образуется в результате протекания процессов деполимеризации, сбраживания, гумификации, органического вещества, сульфатредукции и других процессов. В итоге получается уникальный по своей токсичности раствор с минерализацией до нескольких десятков граммов на 1 л, содержанием ионов аммония и хлора, других макрокомпонентов до нескольких граммов на 1 л, высокими концентрациями тяжелых металлов. Основные органические соединения фильтрата – это соединения смешанных рядов, ароматические, ациклические карбонильные соединения всех классов опасности.

Биогаз образуется в результате жизнедеятельности метанобразующих бактерий, что увеличивает проницаемость подстилающих свалку глинистых пород. Свалочный газ (биогаз) представляет собой экологически опасную смесь метана, диоксида углерода, сероводорода, окислов азота, водорода, метилмеркаптана и др. При выходе биогаза на поверхность он часто возгорается, вызывая крупные пожары на свалках, сопровождающиеся образованием других отравляющих химических веществ.

Тип загрязнений подземных вод характеризуется присутствием в этих водах неорганических ингредиентов в концентрациях, превышающих ПДК и относящихся к различным классам опасности.

Серьезный экологический ущерб окружающей среде наносят несанкционированные свалки – стихийно образовавшиеся или возникшие из-за непродуманной деятельности человека искусственные геологические образования (площадью не менее 0,5 га при мощности отложений не менее 1 м).

Одним из многих методов локализации и предотвращения распространения загрязняющих веществ считают капсуляцию, позволяющую устранить такие опасности, исходящие от свалок, как загрязнение прилегающих территорий, грунтовых вод, загазованность атмосферного воздуха и др.

Важнейшие составные элементы капсуляции – герметично основание, устройство герметичных стен и плотная заделка поверхности свалки. Метод капсуляции наиболее эффективен при неглубоком залегании водоупора в основании свалки.

При отсутствии водоупора в основании или глубоком его залегании локализацию и предотвращение распространения загрязняющих веществ часто выполняют методом экранирования. Конструкция защитных экранов представляет собой комбинацию изоляционных и фильтрующих элементов, позволяющих собирать и отводить просачивающиеся поверхностные воды, атмосферные осадки и биогаз.

На **стадии технического этапа рекультивации** проводят следующие работы. Вначале планировочные работы на площади нарушенного участка с использованием части менее загрязненного сверху лежачим свалочным грунтом. Среднюю абсолютную отметку устанавливают с учетом технико-экономического обоснования. Планировку проводят с преданием поверхности незначительного уклона. С целью консервации загрязнителей в верхних слоях свалочного грунта на спланированную поверхность отсыпают слой естественных сорбирующих материалов в виде сапропелей или цеолитов мощностью до 0,1-0,2 м.

Важнейший элемент технического этапа рекультивации – это устройство противофильтрационного экрана. При устройстве глиняного экрана (замка) отсыпают два слоя из привозной глины толщиной не менее 0,25 м каждый, уплотняя поочередно укаткой грунтоуплотняющими машинами при оптимальной влажности уплотняемого грунта.

Для отвода просачивающихся поверхностных и талых вод по верху глиняного экрана укладывают дренирующий слой из песчано-гравийного грунта толщиной 0,2-0,3 м. По верху дренирующего слоя отсыпают слой из потенциально плодородного грунта толщиной не 0,3 м, в зависимости от вида последующего использования реабилитируемой территории. Далее по верху потенциально плодородного слоя наносят слой почвы толщиной не менее 0,15 м.

Также в стадию технического этапа рекультивации включают мероприятия по отводу грунтового и поверхностного стока, поступающего свыше расположенных участков. Стоки отводятся по нагорно-ловчим и водоотводным каналам в водопоглощающие колодцы.

Технический этап рекультивации несанкционированных свалок завершается созданием рекультивационного слоя.

Рекультивация полигонов захоронения отходов потребления. Полигоны захоронения ТБО – инженерно-экологическое сооружения, предназначенные для централизованного приема ТБО, их обезвреживания и захоронения, предотвращающие неорганизованное распространение загрязняющих веществ в компоненты природной среды.

Главным принципом, положенным в основу проектирования полигонов, является охрана окружающей среды; атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и грунтовых вод.

В связи с этим полигоны по обезвреживанию и захоронению ТБО нельзя располагать ближе 500 м от жилой застройки. Не следует отводить участки, представляющие ценность для ландшафта, сельского хозяйства и окружающей среды; участки, находящиеся в зоне паводкового затопления и где не исключена опасность загрязнения грунтовых вод.

Защитные экраны выполняют из комбинации природных материалов (песка, гравия, щебня, глины, бентонита и их смесей) в сочетании с геосинтетическими материалами (синтетической рулонной изоляцией, геотекстилями, бентонитовыми матами и другими геокомпозитами).

При заглублении днища полигона ниже естественной поверхности земли основание его располагают на 0,5-1,0 м выше уровня грунтовых вод.

После завершения строительства полигона наступает период его эксплуатации, заключающийся в производстве работ по его заполнению отходами, которые отсыпают в организованном порядке послойно. Толщину их принимают от 2 до 2,5 м каждый. Отсыпаемые слои отходов максимально уплотняют грунтоуплотняющими катками, а в конце рабочего дня их изолируют слоем минерального грунта.

Охрану атмосферы на полигонах в процессе их эксплуатации обеспечивается за счет регулярной промежуточной изоляции каждого слоя отходов грунтом толщиной 0,15-0,25 м.

Полигон формируют в форме отвала с крутизной внешних откосов не менее m = 2-4 м и устройством на них берм шириной не менее 3 м через каждые 5-10 м по высоте полигона.

Биологический этап рекультивации свалок и ТБО. Чтобы предотвратить смыв почвы, улучшить условия освоения, украсить внешний вид формируемого ландшафта и уменьшить просачивание воды в тело свалки или полигона, их поверхность озеленяют.

При рекультивации и озеленении необходимо подбирать наиболее толерантные к конкретному загрязнению виды декоративных растений, а также растения, способные очищать почв от загрязняющих веществ, как фитомелиоранты.

После нанесения поверхностного слоя и проведения комплекса агротехнических мероприятий сеют фитомелиоранты в несколько этапов: первый – посев растений (тимофеевка луговая, пырей бескорневищный, мятлик луговой, костер безостый, клевер белый, лядвенец рогатый и др.), способных выносить из почвы загрязняющие вещества; второй – посев дернообразующих трав; третий – подбор, трав, древесных и кустарниковых пород, способных расти на загрязненных почвах; четвертый – подбор ассортимента древесных и кустарниковых пород.

Озеленение подобных территорий не завершается посадкой растений, а представляет собой длительный (2-5 лет) и трудоемкий процесс, требующий регулярного ухода за растительностью.

При формировании парковых насаждений рекомендуют высаживать следующие породы деревьев и кустарников:

- на потенциально плодородных почвах реабилитируемого участка: древесные культуры – береза бородавчатая, сосна обыкновенная, тополь, клен ясенелистный, татарский и полевой, ива козья, липа мелколистная, рябина и др.; кустарники – смородина

золотистая, шиповник, ольха серая, акация желтая, лох узколистный, жимолость татарская, облепиха обыкновенная и др.;

- на почвах со значительной остаточной токсичностью: древесные культуры – береза бородавчатая, тополь, клен татарский; кустарники – смородина золотистая, вишня степная, ольха серая, акация желтая, лох узколистный, жимолость татарская и др.;

- на слаботоксичных, но сильнокислотных почвах: древесные культуры – сосна обыкновенная, береза бородавчатая, тополь, клен ясенелистный; кустарники – смородина золотистая, ольха серая, акация желтая, лох узколистный, жимолость татарская и др.

В междурядьях рекомендуют проводить ленточный посев бобовых, например люпина и донника.

При формировании экологически устойчивых зеленых насаждений рекомендуют создавать смешанные парковые культуры в следующем соотношении: главные породы – 60%, сопутствующие – до 20, кустарники – до 20%.

Категорически запрещается употреблять в пищевых и кормовых целях продукцию, выращиваемую на загрязненной почве, до окончания рекультивации.

Территории, занятые несанкционированными свалками, после их рекультивации могут быть использованы под жилую застройку, для создания коммунальной или промышленной зоны, а также дорог, площадок и рекреационных целей.

Задание. Ознакомиться с рекультивацией нарушенных земель свалками и полигонами захоронения твёрдыми бытовыми отходами и описать технический и биологический этапы рекультивации земель нарушенных свалками и ТБО.

Контрольные вопросы

1. Какие работы включает технический этап рекультивации земель, нарушенных свалками?
2. Что такое фитомелиоранты и почему их посев проводят в несколько этапов?
3. Из каких материалов выполняют защитные экраны при рекультивации полигонов захоронения отходов потребления?
4. Какие работы включает биологический этап рекультивации свалок и ТБО?
5. Какие породы деревьев и кустарников рекомендуют высаживать при озеленении парковых территорий на потенциально плодородных почвах, почвах с высокой остаточной токсичностью, на слаботоксичных, но высококислотных почвах?

Лабораторная работа 6. Эффективность рекультивации земель

Цель занятия. Изучить методику оценки ущерба определения эффективности рекультивации земель.

Под **эффективностью природопользования** понимают эколого-экономическую результативность использования природных ресурсов и эксплуатации природной среды. Эколого-экономическое воздействие – это денежная оценка изменений экологических параметров, происходящих под влиянием производства. В качестве положительной величины выступает эколого-экономический эффект, в качестве отрицательной – эколого-экономический ущерб.

Эколого-экономический эффект – это стоимостной прирост выгод в результате реализации природоохранных мероприятий. Основой для его расчета могут выступать снижение уровня загрязнения почв, воды, воздуха, повышение почвенного плодородия, увеличение выхода экологически чистой продукции и т.д.

Эколого-экономический ущерб – это выращенные в стоимостной форме фактические или возможные убытки производства в результате ухудшения состояния окружающей среды или дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

При рекультивации важно определить наиболее эффективное использование нарушенных земель, обеспечивающее возврат инвестиций и устойчивое функционирование техноприродных геосистем.

Экономическая эффективность инвестиций проекта рекультивации нарушенных земель оценивают по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^{\text{Т}} \cdot \sum_{k=1}^{K} (\text{В}_{tk} - C_{tk} - \text{Ущ}_{tk} - K_{tk} + \text{Лс}_{tk})(1 + \text{Е}_{\text{нт}})^{-1} > 0,$$

где ЧДД – чистый дисконтированный доход за период жизни проекта Т лет, руб.;

В_{tk} – выручка от реализации *i-го* вида мероприятия в году t, руб.;

С_{tk} – ежегодные издержки при осуществлении *i-го* вида мероприятия в году t (без учета амортизации), руб.;

$Ущ_{tk}$ – ущерб, нанесенный окружающей среде при осуществлении *i-го* вида мероприятия в году t, руб.;

$К_{tk}$ – капитальные вложения *i-го* вида мероприятия в году t, руб.;

$Лс_{tk}$ – ликвидационная стоимость основных фондов по *i-му* виду мероприятий, выбывших в году t;

$Е_{нt}$ – норма дисконта в году t (относительная единица).

В соответствии с методическими рекомендациями чистый дисконтированный доход вычисляют для двух условий: «без проекта» и с «с проектом». Целесообразность инвестирования проекта рекультивации определяют по максимальному значению, полученному для двух расчетных условий.

Размер ущерба от загрязнения зе6мель определяют исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель. Если оценить указанные затраты невозможно, то размер ущерба от загрязнения земель вычисляют согласно Порядку определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами по формуле:

$$П = \sum_{i=1}^{n} (Н_с \cdot S_i \cdot К_в \cdot К_{зi} \cdot К_э \cdot К_г),$$

где *П* – размер платы за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими (от 1 до n) химическими веществами, руб.;

$Н_с$ – норматив стоимости сельскохозяйственных земель, руб./га;

S_i – площадь земель, загрязненных химическим веществом, га;

$К_в$ – коэффициент пересчета в зависимости от времени очистки загрязненных земель;

$К_{зi}$ – коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическим веществом;

$К_э$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории;

$К_г$ – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель.

Степень загрязнения земель характеризуют пятью уровнями: допустимым, низким, средним, сильным и очень сильным. При допустимом уровне загрязнения коэффициент $К_{зi}$ приравнивают к нулю, тогда П=0, следовательно плату не взимают.

Размер ущерба на восстановление загрязненных земель с полной заменой почвенно-грунтового слоя и подготовки почвы для устройства газона рассчитывают согласно Методике исчисления размера ущерба, вызванного захламлением, загрязнением и деградацией земель:

$$ЗВ_{загр} = З_{зам} + З_{подг} + З_{утил},$$

Затраты на полную замену загрязненного почвенно-грунтового слоя, руб.:

$$З_{зам} = \left(НЗ_{срез} \cdot К_1 + НЗ_{погр} \cdot К_2 + НЗ_{выв} \cdot К_3 + НЗ_{зас} \cdot К_4\right) \cdot S \cdot Н,$$

где $НЗ_{срез}$, $НЗ_{погр}$, $НЗ_{выв}$ – нормативы затрат на срезку, погрузку и вывоз загрязненного грунта, руб./м^3;

$К_1$, $К_2$, $К_3$, $К_4$ – действующие на момент установления загрязнения коэффициенты индексации цен для нормативов затрат на соответствующие работы по ликвидации загрязненных земель;

S – площадь загрязненного контура, м^2;

Н – глубина загрязнения почвенно-грунтового слоя выше нормативной, м.

Затраты на подготовку почвы под газон, руб.:

$$З_{подг} = НЗ_{подг} \cdot К_5 \cdot S,$$

где $НЗ_{подг.}$ – норматив затрат на подготовку 20-сантиметрового слоя почвы под газон, руб./м^2;

$К_5$ – действующий момент установления загрязнения коэффициент индексации цен для нормативов на подготовку территории под газон;

S – площадь загрязненного контура, м^2.

Затраты на утилизацию загрязненного почвенно-грунтового слоя, руб. определяют по формуле:

$$З_{утил} = Н \cdot З_{утил} \cdot S \cdot Н_d,$$

где $З_{утил.}$ – норматив затрат на утилизацию (расценки утилизацию промышленных отходов), руб./т;

S – площадь загрязненного контура, м^2;

H_d – глубина загрязнения почвенно-грунтового слоя выше нормативной, м.

Задание. Нарушенные земли предприятия представлены карьерными выемками, общая площадь которых составляет 80 га. Тип нарушенных земель № 6, т.е. отвалы платообразные и дражные к уровню естественной поверхности высотой до 5 м, сложенные пригодными и малопригодными для биологического освоения породами. Проектом предусмотрена рекультивация нарушенных земель. Рекультивированные земли подлежат сельскохозяйственному и лесохозяйственному освоению. Затраты на технический и биологический этапы рекультивации определены проектом, исходя из объемов земляных работ и принятой расчетно-технологической карты и они выдаются преподавателем. Провести оценку эколого-экономической эффективности затрат на рекультивацию земель.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под эффективностью проектов рекультивации земель?
2. Какие частные эффективности образуют полную эффективность проекта?
3. Назовите основные принципы оценки инвестиционных проектов.
4. Как количественно определить ущерб, нанесенный землям?

РАЗДЕЛ II. МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

Лабораторная работа 7. Определение влажности почвы, расчет запасов влаги в почве и величины поливных норм

Цель занятия. Научиться определять влажность почвы, расчёт запасов влаги в ней и рассчитывать величину поливной нормы.

Режим орошения – это научно-обоснованный план поливов, который включает установление норм, сроков и числа поливов сельскохозяйственных культур.

Влажностью почвы называется содержание в ней воды, выраженное в процентах к массе абсолютно сухой почвы. Фактическую влажность почвы ($\beta_ф$, %) определяют по формуле:

$$\beta_ф = \frac{b - b_1}{b_1} \cdot 100\ \%,$$

где b – масса образца почвы до высушивания, г;

b_1 – масса образца почвы после высушивания, г.

Общие запасы влаги ($W_{\text{общ.}}$, м^3/га) в почве определяют по формуле:

$$W_{\text{общ.}} = 100 \cdot h \cdot d \cdot \beta_{\text{ф}},$$

где h – расчётный слой почвы, м;

d – плотность срачетного слоя почвы, т/м^3.

Значение плотности почвы определяют экспериментальным путем или берут из справочника для конкретного слоя почвы.

Принимая во внимание, что слой воды толщиной 1 мм на одном гектаре площади соответствует объему воды равном 10 м^3, запасы влаги в миллиметрах будут равны:

$$W_1 = \frac{W}{10},$$

где W_1 – запасы влаги в почве, мм;

W – запасы влаги в почве, м^3/га.

Диапазон эффективной влажности почвы для большинства сельскохозяйственных культур находится между наименьшей влагоёмкости и влажностью разрыва капиллярных связей.

Поливная норма – это количество воды, которое необходимо подать на один гектар для поднятия фактической влажности почвы до влажности наименьшей влагоемкости (до верхней границы оптимальной влажности).

Математически поливная норма выражается формулой:

$$m = 100 \cdot h \cdot d \cdot \left(\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{ф}}\right),$$

где m – поливная норма, м^3/га;

h – корнеактивный слой почвы для культуры, м;

d – плотность почвы (объемная масса), г/см^3 или т/м^3;

$\beta_{\text{нв}}$ – влажность почвы при наименьшей влагоемкости, %;

$\beta_{\text{ф}}$ – фактическая влажность почвы перед поливом, %.

В процессе полива от 10 до 30% подаваемой воды в виде дождя испаряется в атмосферу. Поэтому для оптимального увлажнения почвы поливную норму необходимо увеличить, т.е. умножить

поливную норму на коэффициент испарения (1,1-1,3). В этом случае формула поливной нормы принимает следующий вид:

$$m = (1{,}1) \cdot 100 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{ф}}).$$

Задание. Рассчитать по заданию преподавателя влажность почвы, запасы влаги в ней и определить поливную норму для различных сельскохозяйственных культур. Для расчётов использовать приложения 1 и 2.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под влажностью почвы? Как её определить?
2. Как рассчитать общие запасы влаги и продуктивную влагу в почве?
3. Назовите верхний и нижний предел оптимального увлажнения почвы.
4. Что понимают под наименьшей влагоемкостью, влажностью разрыва капиллярных связей?
5. Что понимают под поливной нормой. По каким формулам можно рассчитать поливную норму?

Лабораторная работа 8. Расчет величины поливных норм осенних влагозарядковых поливов, весенних предпосевных и оросительных норм. Определение водопотребления культур

Цель занятия. Научиться определять величины поливных норм влагозарядковых поливов, весенних предпосевных и оросительных норм. Ознакомиться с различными методами определения водопотребления сельскохозяйственных культур.

Расчёт величины поливных норм влагозарядковых поливов. Важным условием высокой эффективности орошения являются влагозарядковые поливы, которые в нашей зоне чаще всего проводятся осенью (после уборки культуры-предшественника до наступления заморозков).

Цель влагозарядки – создать запас почвенной влаги в глубоких слоях для последующего ее использования сельскохозяйственными культурами на начальном этапе их роста и развития.

Поливную норму влагозарядкового полива определяют по формуле:

$$M_{\text{вл.}} = 100 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{ф}}) - 10 \cdot A \cdot \mu + 10 \cdot E - M_{\text{гр.}},$$

где $М_{вл.}$ – величина влагозарядковой нормы полива, м^3/га;

h – глубина промачивания почвы, м. Для яровых зерновых культур, многолетних трав принимается за 1,5 м, для озимых культур, ранних овощей и корнеплодов – 1,0 м;

d – плотность почвы (объемная масса) промачиваемого слоя, т/м^3;

$\beta_{нв}$ – влажность почвы при наименьшей влагоемкости, %;

$\beta_ф$ – фактическая влажность почвы перед поливом, %. Условно её можно принять 60% от влажности наименьшей влагоемкости почвы, $\beta_ф = 0{,}6\beta_{нв}$;

$А$ – количество осадков в виде дождя и снега, выпадающих за период от начала осенней влагозарядки до дня весеннего отрастания озимых культур и многолетних трав или до дня посева яровых культур;

μ – коэффициент использования осадков. В зависимости от гранулометрического состава почвы, уклона поверхности поля, интенсивности таяния снега и др. В среднем впитывается в почву и становится доступной для растений только 30-40% осеннее-зимних осадков, т.е. μ = 0,3-0,4;

$Е$ – количество испарившейся воды за период от начала влагозарядки до начала весеннего отрастания озимых культур и многолетних трав или до дня посева яровых культур, мм. Пренебрегая незначительным количеством испарения в зимний и ранневесенний период, возможно, принять испарение до наступления устойчивых заморозков или до выпадения снежного покрова (ориентировочно – до 1 ноября);

$М_{гр.}$ – возможное подпитывание грунтовых вод, м^3/га.

Расчёт величины поливных весенних предпосевных поливов. *Под поздновысеваемые культуры (кукуруза, просо и др.) с целью получения дружных всходов и для лучшего начального их развития проводят предпосевные или предпосадочные поливы. При этом увлажняют слой почвы до 0,5 м.*

Норма предпосевного или предпосадочного полива определяют по формуле:

$$m = 100 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{нв} - \beta_ф),$$

где m – поливная норма, м^3/га;

h – корнеактивный слой почвы для культуры, м;

d – плотность почвы (объемная масса), г/см^3 или т/м^3;

$\beta_{нв}$ – влажность почвы при наименьшей влагоемкости, %;

$\beta_ф$ – фактическая влажность почвы перед поливом, %.

При этом фактическая влажность почвы перед поливом ($\beta_ф$) как правило, несколько выше, чем осенью. Её можно принять равной 70% от влажности наименьшей влагоемкости.

Определение водопотребления культур. В результате жизнедеятельности растения потребляют из почвы воду. Поглощенная вода испаряется с поверхности листьев (транспирация). Одновременно с транспирацией вода испаряется с поверхности почвы.

Суммарным водопотреблением называется расход воды с единицы площади (с 1 га) на биологическое испарение (транспирация растений) и физическое испарение с поверхности почвы.

В практике орошаемого земледелия водопотребление определяется различными методами: теоретическими, эмпирическими, метеорологическими.

Среди *теоретических методов* испарения со свободной водной поверхности наиболее распространен метод Н.Н. Иванова. При этом установлено, что за вегетационный период при оптимальной влажности почвы испарение со свободной водной поверхности близко к испарению с поверхности почвы, занятой растениями, что делает формулу Н.Н. Иванова вполне применимой для определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур в условиях орошения:

$$E = 0{,}0018 \cdot (25 + t) \cdot (100 - \alpha) \cdot K,$$

где E – испаряемость, мм/месяц;

t – среднемесячная температура воздуха, °С;

α – среднемесячная относительная влажность воздуха, %;

К – коэффициент, характеризующий культуру, можно принять 0,8.

Среди *эмпирических методов* наиболее распространен метод А.Н. Костякова, согласно которому требуемое количество воды пропорционально сформированному урожаю. Величину суммарного водопотребления устанавливают, как сумму влаги израсходованной из имеющихся в почве на день посева, количества выпавших за вегетацию осадков и количества воды поданной с поливами. Суммарное водопотребление рассчитывают по формуле:

$$E = 100 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{нв} - \beta_к) + 10 \cdot A \cdot \mu + M_{ор.} + M_{гр.},$$

где Е – суммарное водопотребление за период вегетации культуры, м^3/га;

h – корнеактивный слой почвы для культуры, м;

d – плотность почвы (объемная масса), т/м^3;

$\beta_н$ – влажность почвы в день посева, %;

$\beta_к$ – влажность почвы в день уборки, %;

A – количество выпавших осадков за период вегетации культуры, мм;

μ – коэффициент впитывания осадков в почву, т.е. μ = 0,6-0,8;

$M_{ор.}$ – оросительная норма, м^3/га;

$M_{гр.}$ – количество воды поступающее в корнеактивный слой почвы из грунтовых вод (грунтовое подпитывание), м^3/га.

На основе многолетних опытов, зная коэффициент водопотребления культуры и ее урожайность, можно также определить суммарное водопотребление культуры по формуле:

$$E = K \cdot У,$$

где E – суммарное водопотребление за период вегетации культуры, м^3/га;

K – коэффициент водопотребления, м^3/т;

$У$ – урожайность хозяйственно-ценной части (зерно, клубни, зеленая масса и др.), т/га.

Метеорологические методы. Зная биоклиматические коэффициенты расходы воды на 10С температуры или на 1 мб дефицита влажности воздуха, можно определить водопотребление за месяц, декаду, сутки, вегетационный период по формулам:

$$E = K_t \cdot \sum t \text{ или } E = K_d \cdot \sum d,$$

где E – суммарное водопотребление за период (за пятидневку, декаду, месяц), м^3/га;

K_t – коэффициент расхода воды, м^3/га/1°С;

$\sum t$ – сумма среднесуточных температур воздуха за период (за пятидневку, декаду, месяц), ^{0}С;

K_d – коэффициент расхода воды, м^3/га/1 мб;

$\sum d$ – сумма среднесуточных дефицитов воздуха за период (за пятидневку, декаду, месяц), мб.

Расчёт величины оросительных норм. Водопотребление сельскохозяйственных культур в естественных условиях может быть удовлетворено за счет имеющейся влаги в почве (от осенне-зимних осадков) и осадков вегетационного периода, а также за счёт подпитывания грунтовых вод.

Оросительная норма или дефицит водопотребления – это количество воды, которое нужно подать на 1 га орошаемого поля в течение вегетационного периода для поддержания оптимальной влажности почвы и получения запланированной урожайности:

$$M_{\text{ор.}} = E - 10 \cdot A \cdot \mu - 10 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{\text{н}} - \beta_{k)} - W_{\text{гр.}},$$

где $M_{\text{ор.}}$ – оросительная норма, м^3/га;

E – суммарное водопотребление культуры, м^3/га;

A – количество осадков за вегетационный период (от дня посева до дня уборки), мм;

μ – коэффициент полезного использования осадков (для весенне-летних осадков μ = 0,6-0,8);

$100 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_н - \beta_к)$ – количество воды, израсходованное для формирования урожая из имеющихся запасов продуктивной влаги на день посева, м^3/га;

h – глубина расчетного (корнеактивного слоя) слоя почвы, м;

d – плотность почвы (объемная масса), г/см^3, т/м^3;

$\beta_н$ – влажность почвы в день посева культуры %, в зависимости от сроков посева и количества осенне-зимних осадков составляет 80-90 % наименьшей влагоемкости;

$\beta_к$ – влажность почвы в день уборки культуры, %. Ориентировочно составляет 60-70% от наименьшей влагоемкости;

$W_{\text{гр.}}$ – величина возможного подпитывания корнеактивного слоя почвы грунтовыми водами изменяется в зависимости от глубины их залегания, степени минерализации и типа почвогрунтов. При глубине залегания грунтовых вод более 3 м, их участием в водоснабжении растений можно пренебречь).

Задание 1. По заданию преподавателя рассчитать величины влагозарядковых и весенних предпосевных поливных норм для культур севооборота.

Задание 2. По заданию преподавателя рассчитать величины оросительной нормы для культур севооборота.

Для выполнения заданий обучающиеся используют приложения 1-7.

Контрольные вопросы

1. По какой формуле рассчитывают величину поливной нормы осеннего влагозарядкового полива? Какова цель влагозарядки?
2. По какой формуле можно рассчитать величину поливной нормы предпосевного (предпосадочного) полива?
3. Что называют суммарным водопотреблением культуры?
4. Какими методами определяют суммарное водопотребление культур?
5. Что понимают под оросительной нормой? Как её рассчитать?

Лабораторная работа 9.
Построение и укомплектование графиков поливов

Цель занятия. Научиться строить графики неукомплектованного и укомплектованного поливов культур севооборота.

Расход воды – это её объем, протекающий через живое сечение канала или трубопровода в единицу времени. Зная максимальные расходы воды, можно путем гидравлических расчетов установить потребные поперечные сечения элементов системы, их конструктивные особенности и стоимость.

Расход воды (нетто) на каждую культуру севооборота для обеспечения заданного полива определяют по формуле:

$$Q = \frac{F \cdot m}{3{,}6 \cdot t \cdot T},$$

где Q – расход воды (нетто), л/с;

F – площадь поля, га;

m – поливная норма, м^3/га;

T – количество дней полива (продолжительность полива);

t – число часов полива в течение суток.

Так, как один и тот же расчетный режим орошения может быть на разных площадях, для его оценки вводят понятие удельного расхода, отнесенного к одному осредненному гектару севооборота, и называемого *гидромодулем (q)*.

Гидромодуль *(q)* выражает потребный расход воды в литрах в секунду на 1 га посева сельскохозяйственных культур орошаемого севооборота. Он необходим для определения расчётного расхода ($Q_{нт}$), гидравлического расчёта оросительной сети и является

связующим звеном водопотребления сельскохозяйственных культур севооборота с оросительной сетью, каналами и сооружениями на ней.

Гидромодуль рассчитывается для каждой культуры и на все поливы. Вычисляется ордината гидромодуля по формуле:

а) при круглосуточных поливах: $q_{\frac{л}{с}/га} = \frac{\alpha \cdot m}{86{,}4 \cdot T}$,

б) при поливах менее суток: $q_{\frac{л}{с}/га} = \frac{\alpha \cdot m}{3{,}6 \cdot T \cdot t}$,

где α – доля площади, занятая данной культурой в севообороте;

m – поливная норма, м^3/га;

T – продолжительность полива, дней;

t – продолжительность полива часов в сутки.

Расчетный расход оросительной системы равен:

$$Q_{нт} = q \cdot F,$$

где F – площадь орошаемого участка, га;

q – ордината гидромодуля, л/с/га.

Режим орошения в севообороте изображают в виде графика гидромодуля. На этом графике (рис. 1) по горизонтальной оси откладывают время (начало и конец) поливов (Т), по вертикальной – значение гидромодулей (или расходов) (q).

Таким образом, для каждого полива получают прямоугольник, основание которого соответствует числу дней полива, а высота – значению гидромодуля, или расхода. Если при нанесении на график поливов второй, третьей и т.д. культуры время поливов отдельных культур совпадают, то гидромодуль последующей культуры откладывают от верхнего конца предыдущей ординаты (т. е. для совпадающих дней полива ординаты складывают, а прямоугольники надстраивают).

На таком графике расходы воды обычно не равномерны по времени: в отдельные дни требуется полив одновременно 2-3 культу, а в другие дни необходимости в поливах нет. Такие графики называются неукомплектованными.

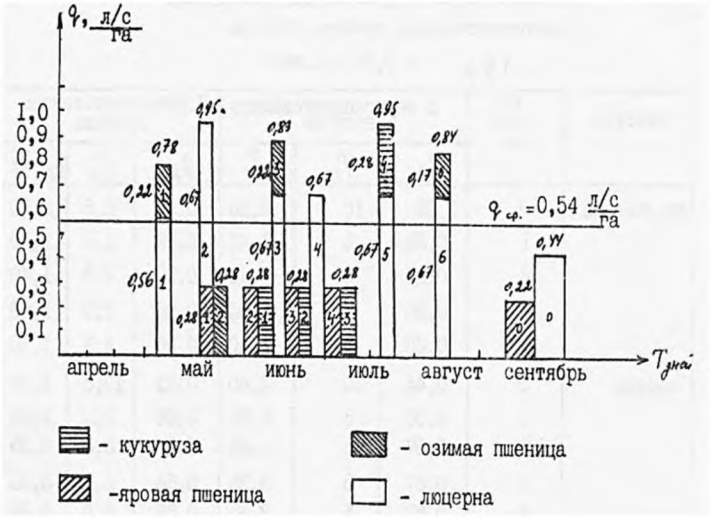


Рис. 1. Неукомплектованный график гидромодуля

Чтобы устранить резкие колебания ординат гидромодуля и обеспечить равномерную работу оросительной системы, полученный график гидромодуля укомплектовывают (выравнивают). Укомплектование графика достигается частичным изменением сроков и продолжительности поливов с соответствующим изменением значения гидромодуля. При этом соблюдают следующие условия (требования): количество воды, назначенное для данного полива, не изменяется.

Практические советы. После определения режима орошения каждой культуры приступают к составлению ведомости графика гидромодуля (табл. 3) и вспомогательной ведомости (табл. 4). При этом цифрой «0» обозначают влагозарядковый или предпосевной поливы, продолжительность поливов в неукомплектованном графике можно принять за 10 дней для осенних влагозарядковых и 5 дней для весенних предпосевных и вегетационных поливов. При этом желательно брать целые пятидневки с 1-го по 5-е; с 5-го по 10-е; и т. д.

Доля культуры в севообороте (α) находят по формуле:

$$\alpha = \frac{S}{F},$$

где S – площадь культуры, га;

F – площадь севооборота.

Заполнив левую половину таблицы (для неукомплектованного графика) приступают к построению неукомплектованного графика гидромодуля, нанося ординаты гидромодуля и сроки поливов на график (1 см на миллиметровой бумаги по вертикали равен 0,1 л/с/га, 1 мм по горизонтали равен 0,5 суток).

Продолжительность работы в сутки принять две смены по 10 часов, т. е. t = 20 часов.

Построив график определяют ординату всего оросительного периода.

Средняя ордината ($q_{ср}$) определяется сложением ординат по пятидневкам и делением их суммы на число поливных пятидневок, исключая дни свободные от поливов и не учитывая влагозарядковые поливы.

Затем заполняется правая часть вспомогательной для укомплектованного графика полива. При этом исходят из равенства: $q_1 \cdot T_1 = q_2 \cdot T_2$ переносят объемы воды на 1 га из неукомплектованного графика (левая часть) в график укомплектованный (правая часть). Разделив этот объем воды на среднюю ординату гидромодуля, получают число дней полива в укомплектованном графике (при этом это число округляют до полвины или целого дня).

В связи с округлением числа дней полива, уточняют величину гидромодуля (q_2) в укомплектованном графике:

$$q_{2ут} = \frac{q_1 \cdot T_1}{T_2}$$

Затем вычерчивают укомплектованный график гидромодуля (рис. 2).

При укомплектовании графика выполняют следующие требования: величину поливных норм не изменяют; смещают сроки поливов влево до 2-5 дней и как исключение до 1-3 в право, если поливная норма принята меньше расчетной на 10-20%; продолжительность полива принимают для многолетних трав не 7 дней, зерновых – 5 дней, овощных – 7 дней; межполивные периоды изменяют не более, чем на 3 дня; целесообразно заполнить все свободные от полива дни.

Таким образом, максимальный расход (гидромодуль) на укомплектованном графике является расчётным расходом (ординатой гидромодуля) для оросительных каналов и труб.

Таблица 3

Ведомость режима орошения культур севооборота

Культура	Доля культуры в севообороте	№ полива	Поливная норма, м³/га	Неукомплектованный график					Укомплектованный график				
				Поливной период				гидромодуль, л/с га	Поливной период				гидромодуль, л/с га
				продолжительность суток	начало	конец	средняя дата		продолжительность суток	начало	конец	средняя дата	
Яровая пшеница	0,2	0	800	10	10.09	20.09	15.09	0,22	6,5	10.09	17.09	14.09	0,34
		1	500	5	20.05	25.05	23.05	0,28	2,5	19.05	22.05	21.05	0,56
		2	500	5	05.06	10.06	07.06	0,28	2,5	04.06	07.06	05.06	0,56
		3	500	5	20.06	25.06	23.06	0,28	2,5	16.06	19.06	18.06	0,56
		4	500	5	05.07	10.07	07.07	0,28	2,5	28.06	01.07	30.06	0,56
Люцерна	0,4	0	800	10	20.09	30.09	25.09	0,44	13,5	17.09	30.09	23.09	0,33
		1	500	5	05.05	10.05	07.05	0,56	5,0	05.05	10.05	07.05	0,56
		2	600	5	20.05	25.05	23.05	0,67	6,0	22.05	28.05	25.05	0,56
		3	600	5	15.06	20.06	17.06	0,67	6,0	10.06	16.06	13.06	0,56
		4	600	5	01.07	05.07	03.07	0,67	6,0	22.06	28.06	25.06	0,56
		5	600	5	25.07	30.07	27.07	0,67	6,0	26.07	03.08	30.07	0,56
		6	600	5	15.08	20.08	17.08	0,67	6,0	16.08	22.08	19.08	0,56
Озимая пшеница	0,2	0	300	5	15.08	20.08	17.08	0,17	1,5	14.08	16.08	15.08	0,57
		1	400	5	05.05	10.05	07.05	0,22	2,0	03.05	05.05	04.05	0,55
		2	500	5	25.05	30.05	27.05	0,28	2,5	28.05	01.06	29.05	0,56
		3	400	5	15.06	20.06	17.06	0,22	2,0	10.08	12.06	11.06	0,55
Кукуруза	0,2	1	500	5	10.06	15.06	12.06	0,28	2,5	07.06	10.06	09.06	0,56
		2	500	5	25.06	30.06	27.06	0,28	2,5	19.06	22.06	21.06	0,56
		3	500	5	10.07	15.07	17.07	0,28	2,5	01.07	04.07	03.07	0,56
		4	500	5	25.07	30.07	27.07	0,28	2,5	23.07	26.07	24.07	0,56

Таблица 4

Вспомогательная ведомость для построения графика поливов ($q_{ср}$ =0/54 л/с/га)

Культуры	№ поливов	В неукомплектованном графике			В укомплектованном графике		
		g_1	T_1	$g_1 \cdot T_1$	g_2	T_2	$g_2 \cdot T_2$
Яровая пшеница	0	0,22	10	2,20	0,34	6,5	2,20
	1	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	2	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	3	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	4	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
Люцерна	0	0,44	10	4,40	0,33	13,5	4,40
	1	0,56	5	2,80	0,56	5,0	2,80
	2	0,67	5	3,35	0,56	6,0	3,35
	3	0,67	5	3,35	0,56	6,0	3,35
	4	0,67	5	3,35	0,56	6,0	3,35
	5	0,67	5	3,35	0,56	6,0	3,35
	6	0,67	5	3,35	0,56	6,0	3,35
Озимая пшеница	0	0,17	5	0,85	0,57	1,5	0,85
	1	0,22	5	1,10	0,55	2,0	1,10
	2	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	3	0,22	5	1,10	0,55	2,0	1,10
Кукуруза	1	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	2	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	3	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	4	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40

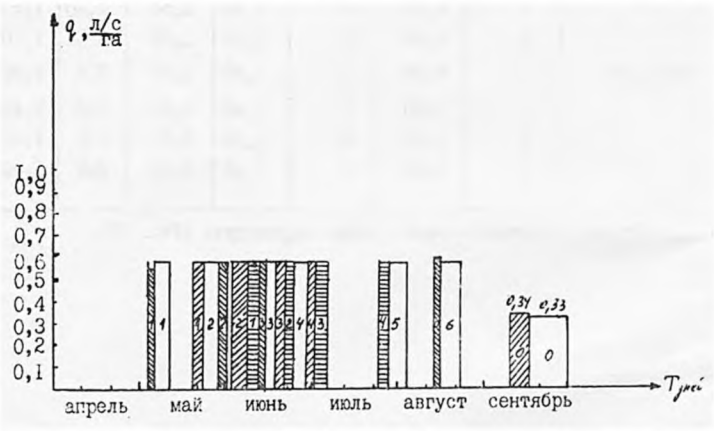


Рис. 2. Укомплектованный график гидромодуля

После выбора типа дождевальных машин и их количества расчётный гидромодуль (л/с/га) уточняют:

$$q = \frac{K_{\text{и}} \cdot \sum Q}{F},$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент потерь воды во время полива 1,05-1,30;
$\sum Q$ – суммарный расход воды дождевальных машин, л/с;
F – площадь севооборота, га.

Задание. В период с 11 по 25 мая самый напряженный, с максимальной ординатой 180 л/с на 1 га. Общая продолжительность этого периода 15 суток. Суммарная потребность в воде за рассматриваемое время полива, равная 1600 м^3/га, приведена в таблице 5.

Таблица 5

Определение средней ординаты укомплектованного графика полива

Культура	Номер полива	В неукомплектованном графике			В укомплектованном графике		
		q_1	T_1	q_1T_1	q_2	T_2	q_2T_2
Люцерна	1	102	7	714	119	6	714
Яровая пшеница + люцерна	1	70	5	350	87	4	350
Томаты	1	35	7	245	122,5	2	245
Томаты	2	35	7	245	122,5	2	245
Огурцы	1	30	7	210	105	2	210
Корнеплоды	1	48	5	240	120	2	240
				2004		24	2004

Построить график неукомплектованного поливов культур и затем укомплектованного, т.е. провести укомплектование неукомплектованного графика полива культур овощного севооборота.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под поливным и межполивным периодами?
2. Объясните, как Вы строили неукомплектованный график?
3. Расскажите о недостатках неукомплектованного графика.
4. Какие условия должны учитываться при укомплектовании графика?
5. Расскажите о приёмах укомплектования графика полива.
6. Что понимают под гидромодулем? Средний показатель гидромодуля?

Лабораторная работа 10. Расчет техники полива дождеванием

Цель занятия. Ознакомиться с классификацией дождевальных систем, машин и установок и изучить технику полива дождеванием различными дождевальными устройствами.

Способ полива – это распределение оросительной воды по полю и превращение из состояния тока в состояние почвенной влаги через элементы регулирующей сети посредством впитывания.

Выделяют следующие способа орошения: поверхностное, внутрипочвенное, капельное, мелкодисперсное дождевание, полив дождеванием. Одним из основных способов применяемого полива является дождевание. Для чего используют ряд дождевальных машин и агрегатов.

Каждому способу полива соответствует набор технических средств для его осуществления, т. е. техника полива.

Принятый способ и техника полива должны обеспечивать достаточно равномерное по площади увлажнение почвы, в требуемые сроки, при минимальных затратах труда и средств. Создание условий для высокопроизводительного использования сельскохозяйственных машин. Поливы не должны ухудшать плодородия почв орошаемого участка и его мелиоративного состояния.

При выборе способа полива учитывают совокупность природно-хозяйственных факторов: климат, рельеф участка и его размеры, водопроницаемость почвы, гидрогеологические условия, вид орошаемой культуры, наличие трудовых ресурсов и др.

Качество дождя характеризуется его интенсивностью, диаметром капель и силой удара их о почву и растения, равномерностью распределения дождя по площади.

Под средней интенсивностью дождя (P, мм/мин.) понимают отношение среднего слоя осадков ($h_{ср}$, мм), выпадающих на определенной площади (F), к продолжительности их выпадения (t, мин):

$$P = \frac{h_p}{t}$$

Для полива сельскохозяйственных культур используются дальнеструйные агрегаты (ДДН-70; ДДН-100), среднеструйные (Фрегат; ДФ-120 Днепр; ДКШ-64 Волжанка), короткоструйные установки и машины (Кубань; ДДА-100М; ДДА-100 МА).

Технические характеристики дождевальных машин изложены в приложениях 8, 9.

Дождевальные машины (ДДА-100М; ДДА-100 МА; Кубань) на заданную норму полива устанавливают по числу проходов вдоль оросителя. Для этого определяют:

- *слой дождя* (*P, мм/мин*) за один проход машины, мм:

$$P = \frac{Q \cdot 3600}{b \cdot v},$$

где Q – расход дождевальной машины, л/с;

b – ширина захвата дождевальной машиной, м;

v – рабочая скорость движения машины при поливе, м/ч;

- *необходимое число проходов агрегата* при заданной поливной норме определяется по формуле:

$$n = \frac{m}{10 \cdot P \cdot К_{исп.}},$$

где *m* – поливная норма, м^3/га;

$К_{исп.}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

P – слой выливаемый дождевальной машиной за один проход, мм;

- *время, необходимое для работы на одном канале (оросителе)* (*t*, час.):

$$t = \frac{L \cdot n}{v \cdot К_{вр.}},$$

где *L* – длина канала, м;

n – число проходов;

v – средняя рабочая скорость агрегата, час.;

$К_{вр.}$ – коэффициент полезного использования рабочего времени на поливе, 0,80-0,80;

- *производительность дождевальной машины за один час работы* ($F_{час.}$, *ч*) равна:

$$F_{час.} = \frac{3{,}6 \cdot Q \cdot К_{исп.}}{m},$$

где *Q* – расход дождевальной машины, л/с;

m – поливная норма, м^3/га;

$K_{исп.}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

- *производительность дождевальной машины за смену* ($F_{см.}$, га) определяется по формуле:

$$F_{см.} = F_{час.} \cdot T_{см.} \cdot K_{см.},$$

где $F_{час.}$ – часовая производительность дождевальной машины, га;

$T_{см.}$ – продолжительность, час.;

$K_{см}$ – коэффициент полезного использования сменного времени, 0,6-0,8.

Дождевальные машины работающие позиционно (ДДН-70; ДДН-100; ДКШ-64 «Волжанка»; ДФ-120 «Днепр»), устанавливают на норму полива по времени (продолжительности) полива (стоянки) машины на одной позиции (стоянке). При этом определяют:

- *интенсивность дождя* ($P_{ср.}$, *мм/мин*):

$$P_{ср.} = \frac{60 \cdot Q}{F_{поз.}},$$

где Q – расход дождевальной машины, л/с;

m – поливная норма, м^3/га;

$F_{поз.}$ – площадь поливаемая с одной позиции, м^2;

- *продолжительность полива на одной позиции* (t, *мин.*):

$$t = \frac{m}{10 \cdot P \cdot К_{исп.}},$$

где m – поливная норма, м^3/га;

P – интенсивность дождя, мм/мин;

$K_{исп.}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

- *число позиций на поле* ($n_{поз.}$, шт.):

$$n_{поз.} = \frac{S}{F_{поз.}},$$

где S – площадь поля брутто, га;

$F_{поз.}$ – площадь, поливаемая с одной позиции, га;

- *время полива всего поля* ($T_{час.}$, час):

$$T_{час.} = \frac{t \cdot n}{60 \cdot K_{вр.}},$$

где t – продолжительность полива на одной машине, мин.;

n – число позиций;

$K_{вр.}$ – коэффициент полезного использования рабочего времени 0,6-0,8 (остальное время идет на переезды, вынужденные остановки);

- производительность дождевальной машины за один час работы:

$$F_{час.} = \frac{3{,}6 \cdot Q \cdot K_{исп.}}{m},$$

где Q – расход дождевальной машины, л/с;

m – поливная норма, м^3/га;

$K_{исп.}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

- *производительность дождевальной машины за смену* ($F_{см.}$, *га*) определяется по формуле:

$$F_{см.} = F_{час.} \cdot T_{см.} \cdot K_{см.},$$

где $F_{час.}$ – часовая производительность дождевальной машины, га; $T_{см.}$ – продолжительность, час.;

$K_{см}$ – коэффициент полезного использования сменного времени, 0,6-0,8.

Дождевальная машина «Фрегат» представляет собой движущийся по кругу водопроводящий трубопровод, установленный на А-образных тележках.

Поливную норму (100-1200м^3/га) регулируют изменением скорости движения последней опоры дождевальной машины. При этом определяют по формулам:

- объем воды (W, м^3), подаваемый машиной «Фрегат» за один час работы:

$$W = \frac{Q \cdot 3600}{1000},$$

где Q – расход дождевальной машины, л/с;

- *объем воды, который необходимо подать на поле* данной площади при заданной поливной норме ($W_{з.н.}$, м^3):

$$W_{з.н.} = \frac{F \cdot m}{К_{исп.}},$$

где F – площадь круга, поливаемая с одной позиции, га;

m – поливная норма, м^3/га;

$K_{исп.}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

- *время, необходимое для полива площади поля* (время полного оборота), (*T, час*.):

$$T = \frac{W_{\text{з.н.}}}{W} = \frac{F \cdot m}{W \cdot \text{К}_{\text{исп.}}},$$

- *скорость движения последней опоры ДМ «Фрегат»* (*v, м/час*.):

$$v = \frac{2\pi \cdot R}{T},$$

где $2\pi \cdot R$ – длина окружности описываемой последней опорой, м;

R – радиус круга, м;

T – время полного оборота, час;

- *производительность ДМ «Фрегат» за один час работы*, ($F_{час.}$, *га*):

$$F_{\text{час.}} = \frac{3{,}6 \cdot Q \cdot \text{К}_{\text{исп.}}}{m},$$

где Q – расход дождевальной машины, л/с;

m – поливная норма, м^3/га;

$K_{\text{исп.}}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

- *производительность дождевальной машины за смену* ($F_{см.}$, *га*):

$$F_{\text{см.}} = F_{\text{час.}} \cdot T_{\text{см.}} \cdot K_{\text{см.}},$$

где $F_{\text{час.}}$ – часовая производительность дождевальной машины, га;

$T_{\text{см.}}$ – продолжительность, час.;

$K_{\text{см}}$ – коэффициент полезного использования сменного времени, 0,6-0,8.

Задание 1. Для агрегата ДДА-100М рассчитать средний слой дождя за один проход машины. Необходимое число проходов агрегата при поливной норме 400 м^3/га и площадь полива за одну смену. Исходные данные: Q =100 л/сек, l =120 м, v = 0,11 м/сек, $t_{\text{см.}}$= 7 часов, $\text{К}_{\text{исп.}}$ = 0,67.

Задание 2. Для агрегата ДМ «Фрегат» рассчитать объём воды, который необходимо подать на поле данной площади при заданной норме полива; время, необходимое для полива площади поля, скорость движения последней опоры, производительность ДМ «Фрегат» за один час работы и производительность дождевальной машины за смену. Исходные данные: Q = 100 л/сек, F = 72 га, m = 500 м^3/га, $K_{\text{исп.}}$= 0,90, R = 480 м, $K_{\text{см.}}$= 0,7.

Контрольные вопросы

1. В каких природно-хозяйственных зонах эффективен полив дождеванием?
2. Перечислите достоинства и недостатки орошения дождеванием.
3. Типы дождевальных машин и агрегатов. Их техническая характеристика.
4. По какой формуле определяется суточная производительность дождевальной машин?
5. Влияние орошения на почву, растения и микроклимат.

Лабораторная работа 11.
Расчёт показателей экономической эффективности орошения

Цель занятия. Освоить методику расчёта экономической эффективности применяемого орошения.

Основные положения методики определения эффективности мелиорации. Экономическую эффективность мелиорации сельскохозяйственных земель оценивают по результатам сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях. За конечный результат принимают общие итоги сельскохозяйственного производства, если мелиорируемые площади ранее не использовались, или дополнительные по сравнению с показателями до мелиорации, если площади уже использовались в сельскохозяйственном обороте.

Экономическую эффективность в целом подразделяют на хозяйственную и экономическую. Под *хозяйственной эффективностью* принимается степень решения хозяйственных задач (рост урожайности, достижение определённых валовых сборов зерна, овощей, сена и другой продукции), под экономической эффективностью в узком смысле – соизмерение затрат эффекта в денежном выражении.

При определении экономической эффективности орошения, прежде всего, учитывают, в какой степени мелиорация помогает решению хозяйственных задач. Однако далеко не безразлично, какой ценой достигается решение той или иной задачи.

Важно при наименьших затратах добиться наибольшего эффекта. Это достигается определением в процессе планирования и проектирования общей (абсолютной) экономической эффективности и сравнительной экономической эффективности.

Общая экономическая эффективность – это отношение эффекта ко всей сумме капитальных вложений. Сравнительная экономическая эффективность показывает, насколько один вариант эффективнее другого. Применительно к мелиорации сначала устанавливают общую экономическую эффективность, а затем сравнительную эффективность отдельных технических решений мелиорации.

Определение экономической эффективности орошения. Расчеты выполняются для севооборотного участка, предусмотренного заданием. Вычисление дополнительного чистого дохода (ДЧД, тыс. руб.) производится по формуле:

$$ДЧД = ЧД_2 - ЧД_1,$$

где $ЧД_2$ – чистый доход, получаемый хозяйством после мелиорации, тыс. руб.;

$ЧД_1$ – тоже самое до мелиорации.

Чистый доход до мелиорации определяется по формуле:

$$ЧД_1 = ВП_1 - И_1,$$

где $ВП_1$ – стоимость валовой продукции, полученной с площади брутто, тыс. руб.;

$И_1$ – издержки производства, тыс. руб.

Издержки производства определяется по формуле:

$$И = З_{сх} + З_м,$$

где $З_{сх}$ – затраты на сельскохозяйственное производство, тыс. руб.;

$З_м$ – мелиоративные затраты, тыс. руб.

В состав валовой продукции следует включить основную продукцию: зерно, клубни картофеля и т.д. и сопряженную (солому, ботву и т.д.). Зеленые корма и сопряженная продукция определяется по местным ценам (стоимость 1 ц овса – кормовой единицы).

Размер издержек производства определяется только затратами на сельскохозяйственное производство.

Мелиоративные затраты складываются из затрат на содержание оросительной системы и амортизационных отчислений по ней. Сельскохозяйственные затраты на производство сельскохозяйственной продукции вычисляют согласно технологической карте.

В данной работе расчетные нормативы по основным сельскохозяйственным культурам и мелиоративные затраты выдаются преподавателем.

Если до орошения на участке выращивались другие сельскохозяйственные культуры, то вычисляются соответственно и стоимость валовой продукции, и сельскохозяйственные издержки на её производство, и дополнительный чистый доход от выращиваемых культур до орошения. В этом случае составляют две таблицы расчета экономической эффективности. Сельскохозяйственные затраты по технологическим картам на возделывание и уборку сельскохозяйственных культур в условиях богарного земледелия.

Капитальные затраты определяются сметами на строительство оросительных систем и их освоение. При выполнении данного упражнения эти затраты выдаются преподавателем.

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле:

$$О = К : ДЧД,$$

где О – срок окупаемости, лет;

К – размер совокупных капитальных вложений в рублях.

Сроки окупаемости в зависимости от состава культур ориентировочно могут быть в пределах 5-10 лет.

Задание. Рассчитать дополнительный чистый доход, получаемый от орошения сельскохозяйственных культур, и рентабельность, себестоимость продукции, срок окупаемости и фактический коэффициент капитальных вложений на строительство, и освоение оросительных систем.

Расчеты выполняются для севооборотного участка, предусмотренного заданием, выдаваемым преподавателем.

Расчёты сводятся в таблицу 2.

Таблица 2

Расчет экономической эффективности орошения сельскохозяйственных культур

№	Показатели	Пшеница		Пшеница+ люцерна		Люцерна	
		до мел	после нее	до мел	после нее	до мел	после нее
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Площадь, га						
2	Урожай, т/га						
3	Валовая продукция, т корм. ед. всего т корм. ед.						

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Закупочная цена, тыс. руб./т						
5	Стоимость валовой продукции, тыс. руб.						
6	Ежегодные затраты на 1 га, тыс. руб.: а) мелиоративные б) сельскохозяйственные						
7	Суммарные общие затраты, тыс., руб.						
8	Себестоимость, руб./т						
9	Чистый доход, тыс. руб.						
10	Дополнительный чистый доход, тыс. руб.						
11	Суммарный дополнительный чистый доход, тыс. руб						
12	объем капитальных вложений, тыс. руб.						
13	Окупаемость, лет						

Контрольные вопросы

1. Зачем необходимо проводить экономическую оценку орошения?
2. Что такое хозяйственная и экономическая эффективность?
3. Как вы понимаете сущность общей и сравнительной экономической эффективности мелиорации?
4. Какие показатели необходимо знать для расчёта экономической эффективности орошения.
5. Как рассчитать чистый и дополнительный чистый доход?

Лабораторная работа 12. Расчет доз внесения извести и гипса. Расчет промывных норм

Цель занятия. Научиться рассчитывать дозы внесения извести гипса и определять величину промывочных поливов.

Для коренного улучшения кислых и солонцовых почв необходимо проводить химическую мелиорацию в сочетании с другими агротехническими приемами.

Расчёт дозы извести. Нуждаемость почвы в известковании определяют, учитывая следующие показатели: pH солевой вытяжки, степень насыщенности основаниями, гранулометрический состав, чувствительность растений к кислотности.

Потребность почв в известковании можно установить по pH солевой вытяжки (*KCl*), руководствуясь следующими данными:

- почва сильно нуждается в известковании, pH < 4,5;
- почва средне нуждается в известковании, pH < 4,5-5,0;
- почва слабо нуждается в известковании, pH < 5,1-5,5;
- почва не нуждается в известковании, pH > 5,5.

Для суждения о необходимости известкования минеральных и торфяных почв с учетом их pH, степени насыщенности основаниями и гранулометрического состава можно руководствоваться следующими нормативами (табл. 3)

С учетом вышесказанного формула для расчета дозы извести будет иметь следующий вид:

$$Д = \frac{H_г \cdot d_v \cdot h \cdot 50}{(100 - W) \cdot DB},$$

где *Д* – доза извести, кг/га;

$H_г$ – величина гидролитической кислотности, мг-экв / 100 г почвы;

d_v – плотность почвы, г/см^3;

H – глубина мелиорируемого слоя, см;

W – влажность почвы, %;

DB – содержание действующего вещества в мелиоранте, %;

50 – коэффициент учитывающий перевод 100 г в кг и нейтрализацию поглощенного водорода известью.

Таблица 3

Нуждаемость почвы в известковании в зависимости от ее свойств (М.Ф. Корнилов)

Почвы по гранулометрическому составу	Нуждаемость в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	pH	V,%	pH	V,%	pH	V,%	pH	V,%
Тяжело- и среднесуглинистые	< 4,5	50	4,5-5,0	50-60	5,0-5,5	65-75	> 5,5	>75
Легкосуглинистые	< 4,5	40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	> 5,5	>70
Супесчаные и песчаные	< 4,5	35	4,5-5,0	35-40	5,0-5,5	50-60	> 5,5	>60

Задание. Дозу извести, если мощность пахотного слоя составила 20 см, его плотность – 1,35 г/см^3, гидрологическая кислотность – 4 мг-экв /100 г почвы. На нейтрализацию 1 кг водорода требуется 50 кг извести.

Степень солонцеватости почв устанавливается по формуле:

$$\text{А} = \frac{N_a \cdot 100}{\text{ЕКО}},$$

где А – степень солонцеватости, % от емкости обмена;

N_a – содержание обменного натрия, мг-экв на 100 г почвы;

ЕКО – емкость катионного обмена; слабосолонцеватые – 3-5%; среднесолонцеватые – 5-10%; сильносолонцеватые 10-15 % и солонцы по содержанию обменного натрия в горизонте В1: малонатриевые – 10-20%; средненатриевые – 20-40%; многонатриевые – >40 %.

Для улучшения свойств солонцов и солонцеватых почв в качестве химического мелиоранта чаще используется гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Дозу гипса находят по формуле:

$$\text{Д} = \frac{0{,}086 \cdot (N_a - 0{,}05\text{ЕКО}) \cdot h \cdot d_v \cdot 100}{DB},$$

где *Д* – доза гипса, т/га; 0,086- значение мг-экв. гипса, N_a- содержание обменного натрия, мг-экв. на 100 г почвы;

ЕКО - емкость катионного обмена, мг-экв. на 100 г почвы;

0,05 – количество обменного натрия (в % от емкости обмена) не оказывающее отрицательного влияния на свойства почвы и оставляемое в ППК;

d_v – плотность почвы, г/см^3; *h*- мощность пахотного слоя, см;

DB – содержание $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ в мелиоранте, %.

Задание. Определить степень солоцеватости каштановой почвы и нуждаемость в химической мелиорации, если содержание обменного натрия в пахотном слое мощностью h=25 см и плотностью d_v = 1,39 г/см^3 оставило мг-экв на 100 г почвы, емкость обмена ЕКО = 20 мг на 100 г почвы. 2. Рассчитать дозу внесения гипса для этой почвы, если содержание гипса в мелиоранте 75 %.

Промывной режим засоленных почв. *Капитальные промывки* проводятся, когда засоление верхнего 1,5-2 – метрового слоя почвогрунтов превышает допустимые пределы, то есть при средней и сильной степени засоления. Промывки являются завершающим этапом строительства оросительной, коллекторно-дренажной и водосборно-сбросной сетей.

Цель промывок – уменьшение содержания солей в расчетном слое почвогрунтов до уровня, обеспечивающего нормальное развитие сельскохозяйственных культур и последующего поддержания нормального солевого режима.

Определение промывной нормы. Величина промывной нормы при капитальных промывках устанавливается в зависимости от типа и степени засоления, водно-физических свойств почвенно-грунтов, параметров переноса солей, параметров дренажа, продолжительности промывок.

Количество воды, которое требуется для промывки солей, называется **промывной нормой**. Для ее расчета широко применяется формула, предложенная В.Р. Волобуевым:

$$\text{М}_{\text{пр.}} = 10000 \cdot d \cdot \lg\left(\frac{S_h}{S_o}\right),$$

где $M_{\text{пр.}}$ – промывная норма, м^3/га;

S_h – содержание солей в слое почвогрунта нуждающемся в промывке, в % от массы почвы;

S_o – допустимое содержание солей в этом слое, в % от массы почвы;

d – показатель солеотдачи, устанавливаемый по данным опытно-производственных промывок.

Промывка считается завершенной, если допустимое содержание солей So) в почвогрунтовой толще не превышает следующие величины в зависимости от типа засоления почв (% от массы): хлоридное – 0,2, сульфатно-хлоридное 0,3, хлоридно-сульфатное и сульфатное – 0,4.

Средневзвешенное содержание солей в любом заданном слое рассчитывается следующим образом: содержание сухого остатка умножается на мощность соответствующего горизонта, затем все полученные результаты суммируются и полученная сумма делится на мощность всей толщи.

Задание. Рассчитать промывные нормы для почвы глинистого гранулометрического состава при хлоридном и сульфатном типах засоления. Допустимое содержание солей после промывки должна быть на уровне 0,15%. Значение показателя солеотдачи при хлоридном засолении равно 1,80, при сульфатном – 2,40. Средневзвешенная величина сухого остатка солей в заданном слое почвы составляет 1,05%.

Контрольные вопросы

1. Какие показатели почвы учитывают при установлении необходимости известкования её?
2. По какой формуле рассчитывают потребность почвы в извести?
3. Что понимают под засоленными почвами?
4. По какой формуле дозу извести, необходимую для гипсования почвы?
5. Что понимают под промывной нормой и от чего зависит ее величина?
6. Какие водно-физические показатели необходимы для установления и расчета промывной нормы?

РАЗДЕЛ III. ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Лабораторная работа 13.
Охрана и рациональное использование земель

Цель занятия. Ознакомиться с нормативными документами по охране земель и изучить комплекс мероприятий по защите почв от деградации и рациональному их использованию.

Охрана земель включает систему правовых, организационных, экономических, экологических и других мероприятий, направленных на предотвращение деградации, загрязнения, захламления, нарушения земель, других негативных (вредных) воздействий хозяйственной деятельности; обеспечение улучшения и восстановления земель, подвергшихся деградации, загрязнению, захламлению, нарушению, и другим негативным воздействиям хозяйственной деятельности.

Цель охраны – предотвращение деградации, загрязнения, захламления, нарушения земель и других негативных (вредных) воздействий хозяйственной деятельности, а в случае, если такое воздействие на земли произошло, – обеспечение их улучшения и восстановления, эти цели закреплены в ст. 12 ЗК.

Под **загрязнением земель** понимается изменение их химического состава в результате антропогенной деятельности, способное вызвать ухудшение качества земель. *Захламление* – накопление (складирование) на земельных участках коммунально-бытовых отходов, отходов производственной деятельности предприятий и транспорта, строительных материалов, оборудования и т. п. в непредусмотренных для этих целей местах.

Обязанности по использованию земельных участков. В соответствии со ст. 42 ЗК РФ собственники земельных участков и лица, не являющиеся собственниками земельных участков обязаны: использовать земельные участки в соответствии с их целевым назначением и принадлежностью к той или иной категории земель, разрешенными способами, которые не должны наносить вред окружающей среде, в том числе земле как природному объекту; осуществлять мероприятия по охране земель, соблюдать порядок пользования лесами, водными и другими природными объектами; соблюдать при использовании земельных участков требования градостроительных регламентов, строительных, экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и иных правил и нормативов; не допускать загрязнение, захламление, деградацию и ухудшение плодородия на землях соответствующих категорий.

Статьей 13 ЗК РФ установлен перечень мероприятий, которые обязаны проводить собственники земельных участков, землепользователи и арендаторы земельных участков в целях охраны земель.

Обязанности по использованию земель сельскохозяйственного назначения. Федеральным законом «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» дополнительно установлены следующие обязанности лиц, использующих участки земель сельскохозяйственного назначения: осуществлять производство сельскохозяйственной продукции способами, обеспечивающими воспроизводство плодородия земель сельскохозяйственного назначения, а также исключающими или ограничивающими неблагоприятное

воздействие такой деятельности на окружающую природную среду; соблюдать стандарты, нормы, нормативы, правила и регламенты проведения агротехнических, агрохимических, мелиоративных, фитосанитарных и противоэрозионных мероприятий; предоставлять в установленном порядке в соответствующие органы исполнительной власти сведения об использовании агрохимикатов и пестицидов; содействовать проведению почвенного, агрохимического, фитосанитарного и эколого-токсилогического обследований земель сельскохозяйственного назначения; информировать соответствующие органы исполнительной власти о фактах деградации земель сельскохозяйственного назначения и загрязнения почв на земельных участках, находящихся в их владении или пользовании.

Стимулирование охраны земель. В целях повышения заинтересованности собственников земельных участков, землевладельцев и арендаторов земельных участков в сохранении и восстановлении плодородия почв, защите земель от негативных последствий хозяйственной деятельности осуществляется экономическое стимулирование охраны земель.

Меры по предотвращению деградации земель:

1. Охрана земель включает систему организационных, экономических, правовых, инженерных и других мероприятий, направленных на защиту их от расхищения, необоснованных изъятий из сельскохозяйственного оборота, нерационального использования, вредных антропогенных и природных воздействий, в целях повышения эффективности природопользования и создания благоприятной экологической ситуации;
2. Защита почв от эрозии;
3. Организационно-хозяйственные мероприятия (установление правильного сочетания и взаимоувязанного размещения на местности организации территории (границ полей, дорог) и остальных трех групп почвозащитных мероприятий с учетом природно-экономических условий хозяйства) занимают особое место среди других групп противоэрозионных мероприятий;
4. Агротехнические противоэрозионные мероприятия;
5. Лесомелиоративные мероприятия;
6. Методы по борьбе с засолением почв;
7. Методы по борьбе с заболачиванием почв;
8. Методами борьбы с загрязнением почв;
9. Методами по борьбе с опустыниванием земель.

Организационно-правовые средства охраны земель. В целях охраны земель используются все предусмотренные экологическим и земельным законодательством средства и методы.

Для оценки состояния почвы устанавливают нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ, вредных микроорганизмов и других загрязняющих почву биологических веществ. В целях проведения проверки соответствия почвы экологическим нормативам проводят почвенные, геоботанические, агрохимические и иные обследования.

В целях своевременного и полного проведения всех этих мероприятий применяются следующие средства: *учёт земель, земельный контроль, адаптивное землеустройство и современные системы земледелия.*

Отличительная особенность современных систем земледелия – это агроландшафтный подход к разработке и совершенствованию почвозащитных мероприятий.

Адаптивно-ландшафтная система земледелия – это система использования земли, направленная на производство продукции с учетом экономических и материальных ресурсов и обеспечивающая устойчивость агрогеосистемы и воспроизводства повышенного плодородия.

Задание. Описать обязанности по использованию земельных участков и использованию земель сельскохозяйственного назначения; меры по предотвращению деградации земель; организационно-правовые средства охраны земель.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под охраной земель?
2. Какие агротехнические мероприятия применяются для предотвращения деградации почв?
3. Какие методы борьбы с засолением и заболачиванием почв используют для предотвращения деградации почв?
4. Раскройте понятие «адаптивно-ландшафтная система земледелия».
5. Какие обязанности по охране земель накладываются на их владельцев и арендаторов?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Глубина расчетного (корнеактивного) слоя почвы
и его предполивная влажность при вегетационных поливах дождеванием

Культура	Тяжелые почвы		Средние почвы	
	глубина корнеактивного слоя, м	предполивная влажность, % от НВ	глубина корнеактивного слоя, м	предполивная влажность, % от НВ
Зерновые	0,6	70-75	0,7	60-65
Зернобобовые	0,5	70-75	0,6	60-65
Кукуруза	0,7	75-80	0,8	70-75
Люцерна	0,8	70-75	0,9	60-65
Корнеплоды	0,6	70-75	0,7	65-70
Картофель	0,5	70-75	0,6	60-65
Овощи	0,4	75-80	0,5	70-75

Приложение 2

Плотность и наименьшая влагоемкость различных типов почв

Тип почв	Глубина слоя, м	Плотность почвы, т/м^3	Наименьшая влагоемкость, %
1	2	3	4
Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый	0,3	1,18	34,1
	0,5	1,2	32,2
	0,7	1,32	30,0
	1,0	1,40	27,0
	1,5	1,46	25,4
Чернозем обыкновенный среднесуглинистый	0,3	1,05	28,0
	0,5	1,10	26,5
	0,7	1,15	25,1
	1,0	1,20	24,3
	1,5	1,25	23,9
Чернозем типичный тяжелосуглинистый	0,3	1,15	33,0
	0,5	1,25	30,0
	0,7	1,30	27,5
	1,0	1,35	26,0
	1,5	1,40	25,0
Чернозем южный тяжелосуглинистый	0,3	1,20	31,3
	0,5	1,33	27,9
	0,7	1,40	27,4
	1,0	1,46	26,2
	1,5	1,49	24,0

Окончание прил. 2

1	2	3	4
Чернозем южный маломощный среднесуглинистый	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,22 1,30 1,34 1,38 1,42	28,0 24,8 24,0 22,2 20,1
Чернозем тучный глинистый	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,18 1,27 1,30 1,35 1,40	33,2 32,0 30,5 29,0 28,6
Чернозем долинный тяжелосуглинистый	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,15 1,24 1,30 1,40 1,50	32,0 30,6 28,0 26,0 23,6
Темно-каштановая среднесуглинистая почва	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,25 1,37 1,40 1,43 1,45	28,4 24,7 23,5 22,5 22,1
Темно-каштановая тяжелосуглинистая почва	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,22 1,37 1,40 1,48 1,50	30,6 28,2 25,5 24,8 24,5
Темно-каштановая глинистая почва	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,27 1,34 1,40 1,45 1,49	30,1 27,5 25,2 24,8 24,3
Каштановая тяжелосуглинистая почва	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,19 1,29 1,36 1,46 1,48	30,5 28,3 26,4 25,1 24,5

Приложение 3

Среднемесячные и годовые суммы осадков
и испарение с поверхности почвы

Район	Месяцы года												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Испарение, мм													
Сызрань									20	10			
Ставрополь									23	12			
Похвистнево									23	10			
Кинель									23	10			
Безенчук									20	10			
Алексеевка									20	10			
Осадки, мм													
Сызрань	16	14	20	20	27	34	43	34	32	36	28	23	327
Ставрополь	18	16	20	23	36	39	45	41	36	39	30	20	363
Похвистнево	24	18	24	27	33	39	47	44	44	41	38	31	410
Кинель	21	16	27	27	38	47	50	42	42	50	34	26	420
Безенчук	24	18	24	33	39	42	48	42	42	54	37	29	432
Алексеевка	25	21	22	27	37	40	45	45	34	37	34	29	396

Приложение 4

Ориентировочная величина использования растениями грунтовых вод
в зависимости глубины их залегания

Глубина залегания грунтовых вод, м	Количество используемых грунтовых вод, $м^3/га$	
	пресных	слабозасоленных
1,0	3500	1300
1,5	2000	800
2,0	1000	400
2,5	500	200
3,0	0	0

Приложение 5

Биоклиматические коэффициенты водопотребления с.-х. культур для степных районов Самарской области (данные для среднезасушливого года)

Культура	Суммарное водопотребление, $м^3$/га	Май	Июнь	Июль	Август	Среднее за вегетацию
Биоклиматический коэффициент, или расход воды на 1 °С, $м^3$/га						
Яровая пшеница	4756	2,03	3,38	3,28	1,95	2,50
Озимая пшеница	5361	2,70	3,33	1,94	-	2,56
Кукуруза н/с	4216	1,08	1,15	2,67	2,73	2,13
Люцерна	7244	2,85	3,06	3,06	3,00	2,97
Подсолнечник	4253	0,73	1,18	2,43	1,96	1,91
Картофель	4147	0,73	1,05	2,52	2,07	1,76
Биоклиматический коэффициент, или расход воды на 1 мб, $м^3$/га						
Яровая пшеница	4756	3,07	5,76	5,75	3,37	4,17
Озимая пшеница	5361	4,50	6,12	3,53	-	4,44
Кукуруза н/с	4216	1,92	2,10	4,77	4,67	3,73
Люцерна	7244	4,53	5,44	5,44	4,74	4,87
Подсолнечник	4253	1,16	3,40	4,58	3,21	3,29
Картофель	4147	1,09	1,60	3,81	2,19	2,33

Приложение 6

Агроклиматические показатели Кинельского района Самарской области

Месяц	Декада	Показатель			
		средний дефицит влажности воздуха, мб	средняя относительная влажность воздуха, %	средняя температура воздуха, °С	среднее количество осадков, мм
Апрель	1	1,5	65	0,6	9
	2	3,6	58	4,7	9
	3	5,6	52	8,6	9
Май	1	7,3	43	12,0	10
	2	8,8	42	14,1	11
	3	10,1	41	15,9	12
Июнь	1	11,3	42	17,7	13
	2	11,6	42	18,7	13
	3	11,7	43	19,7	13
Июль	1	11,0	45	20,4	15
	2	10,6	46	20,8	16
	3	10,5	47	20,9	16
Август	1	10,4	47	20,1	15
	2	10,1	46	19,1	15
	3	9,6	46	17,7	14

Приложение 7

Технические характеристики дождевальных машин

Показатели	дождевальные машины						
	короткоструйные		среднеструйные			дальнеструйные	
	ДДА-100 М	ДДА-100 МА	«Кубань»	«Днепр» ДФ-120	«Волжанка» ДКШ-64	ДДН-70	ДДН-100
Расход воды, л/с	100	130	180	120	64	65	100
Рабочий напор воды, м	25	37	37	43	40	60	85
Способ забора воды	из открытой сети			из закрытой напорной сети		из открытой и закрытой сети	
Скорость движения (раб.)	500	300-700	12-114	-	-	-	-
Способ производства полива	полив в движении			позиционный			
Площадь полива с одной позиции, $м^2$	2400	2400	-	25 000	1 4400	11 000	18 000
Расстояние между позициями, м	-	-	-	54	18	-	-
Расстояние между оросителями, м	120	120	800	-	-	100	120
Площадь, обслуживаемая одной машиной за сезон, га	50-80	60-100	-	80-100	40-60	40-60	50-70
Коэффициент полезного использования времени	0,7-0,8	0,7-0,8	0,9	0,7-0,8	0,7-0,9	0,7-0,8	0,7-0,8
Средняя интенсивность дождя, мм/мин.	2,5	2,5-3,0	1,2	0,3	0,25	0,4	0,4
Слой дождя за один проход, мм	6,0	4,0-17,0	-	-	-	-	-

Приложение 8

Техническая характеристика
модификаций дождевальной машины «Фрегат»

Показатели	Марка машины				
	ДМ-454-100	ДМ-424-90	ДМ-394-80	ДМ-365-68	ДМ-335-58
Количество опор, шт.	16	15	14	13	12
Конструктивная длина машины, м	454	424	394	365	335
Максимальный радиус полива, м	480	450	420	390	360
Максимальная площадь полива на 1 позиции, га	72	64	55	48	40,5
Количество дождевальных аппаратов, шт.	50	47	44	41	38
Расход воды, л/с	100	90	80	68	58
Рабочий напор, м	65	63	58	53	50
Средняя интенсивность дождя, мм/мин.	0,31	0,30	0,29	0,28	0,26
Минимальное время полного оборота машины, час.	51	48	44	41	37
Минимальная поливная норма, м3/га	240	240	230	210	190
Масса машины без воды, т	15	14	13	12	11,5
Масса машины с водой, т	27	25	24,5	24	23
Коэффициент использования времени	0,80	0,85	0,90	0,95	0,95

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Самохвалов, В. А. Оросительные мелиорации : учебное пособие / В.А. Самохвалов; под ред. Г.И. Рабочева. – Самара : РИЦ СГСХА, 2008. – 350 с.

2. Мелиорация земель : учебник / Ассоциация Агрообразование; ред. А. И. Голованов. – М. : КолосС, 2011. – 824 с. – Режим доступа: bookre.org›Reader›?file=1503228

3. Рекультивация нарушенных земель : учебное пособие / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, В. И. Сметанин. – М. : КолосС, 2009. – 325 с.

4. Сметанин, В. И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель. – М. : Колос, 2000. – 96 с. – Режим доступа: http://nashaucheba.ru/v59676/сметанин_в.и.

5. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв : учебник. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – 448 с. – Режим доступа: http:// cawater-info.net/bk/3-1-3-1.htm

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Раздел I. Рекультивация земель 4

Лабораторная работа 1. Рекультивация загрязненных земель 4

Лабораторная работа 2. Общие сведения о противоэрозионных мероприятиях, проводимых при рекультивации земель 6

Лабораторная работа 3. Сельскохозяйственная и лесохозяйственная рекультивация нарушенных земель 10

Лабораторная работа 4. Восстановление нарушенных агрогеосистем 13

Лабораторная работа 5. Рекультивация и обустройство нарушенных земель свалками и полигонами 17

Лабораторная работа 6. Эффективность рекультивации земель 22

Раздел II. Мелиорация земель 25

Лабораторная работа 7. Определение влажности почвы, расчет запасов влаги в ней и определение величины поливных норм 25

Лабораторная работа 8. Расчет величины осенних влагозарядковых, оросительных норм. Определение водопотребления культур 27

Лабораторная работа 9. Построение и укомплектование графиков поливов 32

Лабораторная работа 10. Расчет техники полива дождеванием 39

Лабораторная работа 11. Расчёт показателей экономической эффективности орошения 44

Лабораторная работа 12. Расчет доз внесения извести и гипса. Расчет промывных норм 47

Раздел III. Охрана земель 51

Лабораторная работа 13. Охрана и рациональное использование земель 51

Приложения 55

Рекомендуемая литература 61

Учебное издание

Кутилкин Василий Григорьевич

Рекультивация, мелиорация и охрана земель

Методические указания для лабораторных работ

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 17.07.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,60; печ. л. 3,94.
Тираж 50. Заказ № 255.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

В. Г. Кутилкин

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Методические указания для выполнения лабораторных работ

Кинель
РИО СамГАУ
2019

УДК 631.6 (07)
ББК 40.6
К95

Кутилкин, В. Г.

К95 Рекультивация, мелиорация и охрана земель : методические указания. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – 63 с.

Методические указания содержат теоретический материал, задания для выполнения лабораторных работ, список рекомендованной учебной литературы, контрольные вопросы. Учебное издание предназначено для обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, программе магистратуры «Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов».

© Кутилкин В.Г. 2019
© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания для лабораторных занятий по дисциплине «Рекультивация, мелиорация и охрана земель» составлены в соответствии с требованиями Федерального образовательного стандарта профессионального образования, предназначены для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 «Агрономия».

Учебное издание освещает теоретические вопросы нарушенных земель, деградированных агрогеосистем, очистки загрязненных земель; оросительной мелиорации земель, улучшения засоленных и кислых почв; охране и рациональному использованию земель. В методических указаниях изложены методики и техника проведения лабораторных работ, дан перечень необходимых для их проведения материалов. Каждая работа завершается контрольными вопросами для оценки знаний.

Выполнение лабораторных работ направлено на формирование компетенций, связанных с готовностью действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения; готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала; способностью понимать сущность современных проблем агрономии, научно-техническую политику в области производства безопасной растениеводческой продукции; владением методами оценки состояния агрофитоценозов и приёмами коррекции технологии возделывания сельскохозяйственных культур в различных погодных условиях; - способностью использовать инновационные процессы в агропромышленном комплексе при проектировании и реализации экологически безопасных и экономически эффективных технологий производства продукции растениеводства и воспроизводства плодородия почв различных агроландшафтов; способностью обеспечить экологическую безопасность агроландшафтов при возделывании сельскохозяйственных культур и экономическую эффективность производства продукции.

РАЗДЕЛ I. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

Лабораторная работа 1. Рекультивация загрязненных земель

Цель занятия. Ознакомиться с источниками загрязнения почв, ПДК, экологическими нормативами и изучить мероприятия по рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами, радионуклидами и другими токсикантами.

Химическое загрязнение геосистем. *Загрязнение* – это природное или антропогенное привнесение (внедрение) различных веществ в абиотические и биотические компоненты геосистемы, обуславливающее негативные токсико-экологические последствия для биоты.

Антропогенное загрязнение почв можно разделить на коммунальное, сельскохозяйственное, промышленное и военное.

Для оценки загрязненности почв в качестве критериев используют соотношение содержания химического вещества с его предельно допустимым (ПДК) или фоновым значение в почве и суммарный показатель химического загрязнения.

Рекультивация земель, загрязненных тяжелыми металлами. К тяжелым металлам относится более 40 химических элементов, масса атомов которых превышает 50 а.е. м. При повышенном содержании этих элементов возникает угроза загрязнения, приводящего к токсичным условиям.

Тяжелыми металлами почвы загрязняются главным образом в результате газопылевых выбросов металлургическими предприятиями, особенно предприятиями цветной металлургии. Другие источники загрязнения – рудники, обогатительные фабрики.

Рекультивация земель, загрязненных тяжелыми металлами, осуществляются следующими способами:

- *культивирование устойчивых к загрязнению культурных и дикорастущих растений.*

- *рекультивация почв с помощью растений (фиторекультивация), способных накапливать тяжелые металлы в вегетативных органах;*

- *регулирование подвижности тяжелых металлов*;

- *регулирование соотношения химических элементов в почве*;

- *создание рекультивационного слоя, замена или разбавление загрязненного слоя почвы*;

- *использование активных биологических средств.*

Рекультивация земель, загрязненных радионуклидами. Источником радиоактивного загрязнения почвы, также как и растительности, являются радиоактивные выпадения из атмосферы.

На загрязненных землях основной способ рекультивации – *фитомелиорация,* которая включает также проведение агротехнических мероприятий, как глубокая вспашка, известкование, внесение минеральных удобрений. Убранную биомассу компостируют в специальных траншеях до тех пор, пока уровень радиации культивируемых растений не достигнет ПДК.

Рекультивация земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Земли и воды загрязняются при добыче нефти, транспортировке ее и ее продуктов, переработке, хранении, заправке машин топливом результате аварий, утечек, протечек, испарений.

Состав работ первого уровня рекультивации направлен на активизацию почвенных микроорганизмов по деструкции углеводородов. Сюда входят рыхление почвы, внесение извести, гипса, высоких доз органических и минеральных удобрений с последующей запашкой, создание мульчирующей поверхности из высокопитательных смесей, посев нефтетолерантных растений повышенными нормами, применение составных мелиорантов: NPK + навоз; NPK + известь; NPK + известь + навоз.

Большое внимание уделяют использованию растений для очистки почв, загрязненных углеводородами с помощью растений: фитодеградация, фитоиспарение, ризодеградация.

Фитодеградация – «внутреннее» разрушение углеводородов растением – после поглощения разложение их в ходе метаболических процессов либо «внешнее», когда нефтепродукты разлагаются под действием корневых выделений.

Фитоиспарение – способность растения поглощать нефть или нефтепродукты в процессе поддержания своего водного баланса, т.е. вместе с водой «выкачивать» из почвы загрязняющее вещество.

Ризодеградация – усиленная микроорганизмами биодеградация. Принцип этого механизма заключается в том, что загрязняющие углеводороды разлагаются не непосредственно самим растением, а микроорганизмами, обитающими около его корней, т. е. в ризосфере.

В рекультивационные работы второго уровня входят замена загрязненного слоя путем удаления последнего, создание рекультивационного слоя способом смешивания замазученных и чистых слове почвы; внесение органоминеральных и бактериальных активаторов (керамзитовые окатыши, навоз, биодеструктуоры); устройство под загрязненным слоем поглотительно-экранирующих слоев из минеральных грунтов и извести.

Задание. Описать наиболее опасные виды загрязнений земель; описать почвы сельскохозяйственных земель по степени загрязнения химическими веществами; описать рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтью и нефтепродуктами.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под термином «загрязненные земли»?
2. Назовите наиболее опасные виды загрязнений.
3. Как количественно оценивают химическое загрязнение почв? Что такое ПДК?
4. Какие элементы относят к тяжелым металлам?
5. Опишите основные пути рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами.
6. Какими способами восстанавливают земли, загрязненные радионуклидами?
7. Охарактеризуйте современные способы очистки земель от нефтепродуктов.

Лабораторная работа 2. Общие сведения о противоэрозионных мероприятиях, проводимых при рекультивации земель

Цель занятия. Ознакомиться с основными видами эрозии почв и изучить почвозащитные комплексы в борьбе с водной и ветровой эрозией.

Под *эрозией* понимается совокупность взаимосвязанных процессов отрыва, переноса и отложения почвы (иногда материнской и подстилающей пород) поверхностным стоком временных водных потоков или ветром. В соответствии с этим эрозию подразделяют на **водную** и **ветровую (дефляцию)**.

По характеру нарушения поверхности почвы эрозионными процессами различают: 1) **поверхностную** эрозию или смыв

почвы; 2) **линейную** эрозию или размыв почвы. **Поверхностная** эрозия делится на *плоскостную* и *струйчатую*. Различие достаточно условное. Считается, что плоскостная эрозия вызывается движением сплошного потока воды. Практически условия для ее образования создаются редко, и смыв в основном осуществляется струйчатыми потоками.

О степени опасности эрозии можно судить, сопоставив интенсивность смыва (или сдувания) почвы со скоростью почвообразовательного процесса. Если интенсивность эрозии меньше скорости почвообразования, то предположить, что она не представляет опасности для данной почвы. Такую эрозию принято считать **нормальной**. Если интенсивность потерь почвы больше скорости почвообразования, то её считают **ускоренной**.

Почвозащитный комплекс – это система мероприятий организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий с целью защиты почв от водной и ветровой эрозии.

Почвозащитный комплекс в борьбе с водной эрозией. **Организационно-хозяйственные мероприятия** направлены на противоэрозионную организацию территории с учетом эродированности и опасности почв, которые обеспечивают правильное сочетание, и размещение всех мер защиты почв от эрозии на водосборной площади. Она включает правильное размещение севооборотов (полевых, кормовых, почвозащитных) с расположением полей, обеспечивающим проведение всех видов обработок почвы в направлении, близком к горизонталям. Правильная противоэрозионная организация территории должна способствовать эффективному регулированию стока талых вод и сокращению эрозии, а также повышению продуктивности эродированных пахотных земель.

Все земли сельскохозяйственного назначения делят на 4 категории:

- земли интенсивного использования (не смытые и слабосмытые с крутизной склонов не более 3°) – для размещения полевых и кормовых севооборотов;

- земли ограниченного использования (средне- и сильносмытые, с крутизной 3-5°) – для размещения почвозащитных севооборотов, насыщенных многолетними травами и свободных от пропашных культур и чистых паров;

- земли очень ограниченного использования (сильно- и очень сильно смытые, с крутизной склонов 5-7°) – выводятся м из пашни под сплошное залужение многолетними травосмесями;

- гидрографический фонд (очень сильно смытые земли с выходом на поверхность коренных пород) – предназначены для лугопастбищных угодий, с установлением щадящего режима или сплошного облесения.

Агротехнические меры борьбы с эрозией почв являются весьма доступными и требуют мало дополнительных затрат. Они затрагивают несколько элементов системы земледелия, в первую очередь порядок использования земли в севообороте и систему механической обработки. К агротехническим мероприятиям относятся:

- использование почвозащитных свойств растительности: *занятых паров*, *промежуточные* и *совместные посевы*, *перекрестный* и *узкорядный посев*; *буферные полосы*, *собственно полосное размещение культур*, *почвозащитные севообороты; улучшение естественных кормовых угодий*, *мульчирование*;

- почвозащитная обработка почвы: *обработка* и *посев поперек склона*, *ступенчатая вспашка*, *вспашка* и *вспашка с почвоуглублением*, *бороздование* и *обвалование зяби*, *глубокое рыхление* почвы, *полосное рыхление*, *кротование*, *щелевание*, *регулирование снеготаяния*.

Агротехнические приемы защиты почв от дефляции:

- *почвозащитные севообороты*;

- *полосное размещение посевов*;

- *сохранение на поверхности почвы растительных остатков* и *мульчирование поверхности почвы*;

- *почвозащитная обработка почвы*.

Агролесомелиорация – это коренное улучшение почвы и климата и средство регулирования стока с помощью выращивания деревьев и кустарников. Системы защитных лесных насаждений разнообразны:

- *полезащитные полосы*;

- *гидролесомелиоративные насаждения*;

- *противоэрозионные защитные лесные полосы*;

- *санитарно-гигиенические насаждения*;

- *зоолесомелиративные насаждения*;

- *виалесомелиоративные насаждения*;

- *пескоукрепительные насаждения.*

Гидротехнические мероприятия. Гидротехнические мероприятия применяют в том случае, когда необходимо быстро ликвидировать разрушительное действие водной эрозии. Для этого строят *пруды*, *водоемы*, *лиманы*, *валы* с широким основанием и другие сооружения, которые проектируют с учетом полного задержания стока талых и ливневых вод. Закрепление оврагов и промоин осуществляется путём строительства простейших гидротехнических сооружений: *распылителей поверхностного стока*, *водозадерживающих валов* и *канав*, *водосбросных вершинных устройств* и *донных запруд*.

Почвозащитная бесплужная система земледелия представляет собой обработку почвы без оборота пласта с накоплением на поверхности почвы мульчи из растительных остатков, защищающих почву от разрушительного действия дождевых капель, эрозии и дефляции, непродуктивного испарения почвенной влаги. Эта система способствует охране почв, повышению их плодородия, позволяет резко увеличить валовые сборы сельскохозяйственной продукции, снижает энергетические затраты на обработку почв, увеличивает производительность труда, уменьшает расход топлива.

Задание. Описать основные виды эрозии почв, организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятии по защите почв от водной и ветровой эрозии.

Контрольные вопросы

1. Что такое эрозия почвы? Назовите основные виды эрозии.
2. В чём проявляется вред от эрозионных процессов? Ущерб от водной и ветровой эрозии.
3. Расскажите об особенностях почвозащитной организации территории.
4. Назовите агротехнические приёмы борьбы с водной и ветровой эрозией.
5. Какова роль агролесомелиорации в защите почв от эрозии?
6. Расскажите о гидротехнических мероприятиях.
7. Расскажите о роли почвозащитного земледелия в сохранении и повышении плодородия почв.

Лабораторная работа 3. Сельскохозяйственная и лесохозяйственная рекультивация нарушенных земель

Цель занятия. Ознакомиться с объектами сельскохозяйственной и лесохозяйственной рекультивации земель и изучить технические и биологические этапы их рекультивации.

Сельскохозяйственная рекультивация земель. При сельскохозяйственном направлении рекультивации рекультивированные земли используются под пашню, сенокосы, пастбища и многолетние насаждения.

Объекты сельскохозяйственной рекультивации. Для создания сельскохозяйственных угодий в основном используются выработанные торфяники низинного типа, внутренние отвалы, отсыпаемые в отработанное пространство карьеров при добыче угля, железной руды, фосфоритов, строительных материалов (песка, гравия, глин), дражные отвалы, образующиеся при разработке россыпных месторождений, рекультивируемые мелконарушенные земли (процессе строительства трубопроводов, подземных коммуникаций, строительства ирригационных систем, нефтедобычи и др.)

Технический этап сельскохозяйственной рекультивации. Нарушенные земли при их использовании в сельскохозяйственных целях должны быть соответствующим образом подготовлены на данном этапе рекультивации: обеспечена оптимальная стратиграфия пород, ликвидированы их неблагоприятные физические, химические, а также токсические свойства, проведена тщательная планировка поверхности и создан на поверхности плодородный слой из почв.

Наиболее распространенный метод подготовки нарушенных земель под пашню – нанесение на спланированную поверхность отвалов гумусированного почвенного слоя 30-50 см.

Отвалы, сложенные потенциально-плодородными породами без нанесения гумусированного почвенного слоя часто отводятся для сенокосно-пастбищного использования.

Биологический этап сельскохозяйственной рекультивации. На этом этапе в первые годы освоения в большинстве случаев выращивают растения из группы **эвритрофов** – многолетние бобовые (люцерну, донник, люпин, эспарцет и др.), которые дают

высокие урожаи и способствуют более быстрому восстановлению плодородия почвы.

При создании после трав пахотных угодий выращивают зерновые и кормовые культуры, нередко овощи.

При сенокосно-пастбищном использовании рекультивируемых почв после трав возделывают бобовые и бобово-злаковые травосмеси. Пастьбу скота можно начинать только после 4-5, в отдельных случаях 10-летнего использования их для сенокошения и при условии строго соблюдения пастбищного режима.

Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур на рекультивируемых землях имеет свои особенности.

Помимо применения повышенных доз органических и минеральных удобрений эти отличия касаются системы обработки почвы и посева культур. Для уменьшения плотности и увеличения скважности, водопроницаемости вначале освоения нередко применяется система обработки техногенного субстрата по типу чёрного пара, в дальнейшем используется глубокая основная обработка почвы.

На рекультивируемых землях рекомендуется увеличивать нормы высева семян в среднем на 20-30% против принятых в зоне.

Лесохозяйственная рекультивация земель. Объектами лесохозяйственной рекультивации земель являются в основном внешние отвалы при открытой добыче полезных ископаемых; провалы и отвалы, образующиеся при подземных горных работах; отвалы, возникшие в результате складирования промышленных, строительных и коммунально-бытовых отходов, а также выработанные торфяники. В большинстве случаев лесонасаждения создаются на нарушенных землях с почвенно-грунтовыми условиями, неблагоприятными для выращивания сельскохозяйственных культур или требующими определенных природоохранных мероприятий.

Технический этап лесохозяйственной рекультивации. Сплошное выравнивание поверхности почвы выполняют только при создании массивных лесонасаждений. В большинстве случаев проводится частичное разравнивание, террасирование или выполаживание откосов.

Для создания плодородного слоя используют потенциально плодородные породы.

Биологический этап лесохозяйственной рекультивации. Подбор древесных и кустарниковых растений и типов лесокультур

проводится на основании свойств горных пород и гидрологического режима рекультивируемой территории.

При разведении лесонасаждений на отвалах, сложенных горными породами, отнесенными по классификации к группе пригодных, в качестве главных пород в лесокультурах следует использовать лесообразующие виды, характерные для данной почвенно-климатической зоны.

На участках, сложенных грунтосмесями с преобладанием малопригодных и непригодных пород, необходимо применять мелиоративные лесонасаждения в сочетании с необходимыми мерами химической мелиорации.

Особое место в этом отношении на отвалах большинства районов России должна занять ольха серая. Мелиоративная роль этой породы обусловлена ее способностью фиксировать атмосферный азот и обобщать им грунтовсмеси. Ольха имеет богатый легко минерализующийся листовой опад, и развитую корневую систему. Это позволяет ей легко приживаться на грунтах разного гранулометрического состава, относительно легко переносить избыточные концентрации растворимых солей и другие неблагоприятные условия.

На участках, отводимых под облесение, целесообразно проводить безотвальное рыхление, а в ряде случаев предпосадочную обработку грунта по системе чёрного пара.

В первый период развития лесокультур на отвалах они испытывают острый недостаток азота. Поэтому для всех типов культур, выращиваемых на отвалах, рекомендуется подготовка поверхностного слоя по системе сидерального пара с люпином или донником. Впервые 3-4 года роста лесокультур, особенно сосновых, следует сеять в междурядья донник.

Предпосадочная обработка и уход за лесокультурами проводятся в соответствии с существующими региональными лесомелиоративными инструкциями.

Задание 1. Ознакомиться с объектами сельскохозяйственной рекультивации земель и описать технический и биологический этапы сельскохозяйственной рекультивации земель.

Задание 2. Ознакомиться с объектами лесохозяйственной рекультивации земель и описать технический и биологический этапы лесохозяйственной рекультивации земель.

Контрольные вопросы

1. Объекты сельскохозяйственной рекультивации земель.
2. Особенности технического этапа сельскохозяйственной рекультивации.
3. Биологический этап сельскохозяйственной рекультивации.
4. Объекты лесохозяйственной рекультивации.
5. Особенности технического этапа лесохозяйственной рекультивации.
6. Биологический этап лесохозяйственной рекультивации.

Лабораторная работа 4.
Восстановление нарушенных агрогеосистем

Цель занятия. Изучить этапы и приемы рекультивации земель, образовавшихся в результате опустынивания, засоленных земель и роль почвозащитной системы земледелия в восстановлении плодородия нарушенных почв.

Нарушенные агрогеосистемы могут иметь следующие последствия антропогенной деятельности: опустынивание, дегумификацию, переувлажнение, закисление, засоление, осолонцевание, загрязнение остаточным количеством пестицидов, нефтью, нефтепродуктами и другими токсичными веществами.

Рекультивация земель, образовавшихся в результате опустынивания. Опустынивание почв приводит к развитию сбитости пастбищ, выпадению ценных кормовых растений, увеличению доли рудеральных растений (живущих на замусоренных местах), эфемеров и однолетников, к полной или частичной потере сельскохозяйственных угодий, наступлению песков на объекты гражданского, промышленного и транспортного назначения.

На **подготовительном этапе** эффективности рекультивации нарушенных земель достигают в результате проведения организационно-хозяйственных мероприятий:

- изменения структуры сельскохозяйственных угодий за счет перевода низкопродуктивной пашни в лугопастбищные и лесные угодья;
- создания в структуре пастбищных угодий охраняемых участков, занимающих 7-10% общей площади пашни;
- внедрение адаптивно-ландшафтных систем;

- организации сети особо охраняемых природных территорий по изучению степного разнообразия, научных полигонов и научно-производственных хозяйств по разработке и систем природопользования;

- организации экологического мониторинга и развития методов экологического контроля за использованием земель на основе разрабатываемой системы экологических ограничений землепользования;

- окультуривания степных растений, обладающих повышенными кормовыми качествами;

- использование территории с её детализацией под конкретных землепользователей;

- оценки продуктивности пастбищ и приведение в соответствие нормы выпаса с имеющейся продуктивностью.

На этапе **технической рекультивации** проводят инженерно-технические мероприятия, позволяющие снизить и прекратить развевание песков, создать устойчивую от разрушения структуру верхних горизонтов, обеспечить благоприятный водно-воздушный и водно-солевой режим рекультивируемых почв.

При борьбе с эрозией уменьшают зону развевания песков за счет создания на пути полезащитных древесно-кустарниковых полос в сочетании с искусственными заграждениями.

Для снижения подвижности, рыхлости, уменьшения фильтрационных потерь влаги, уменьшения выщелачивания питательных элементов и потерь удобрения, повышения сорбционной способности почвы проводят землевание (глинование), торфование, вносят органические удобрения, создают сплошные или полосные прослойки из торфа или смеси глины, суглинка и песка на глубине 25-40 см, обрабатывают почву структурообразующими полимерными материалами.

Для управления водно-солевым режимом создают инженерные мелиоративные системы, инженерные природоохранные системы, инженерные системы регулирования водными ресурсами, инженерные системы обводнения, вносят мелиоранты (известь и гипс), проводят промывки засоленных земель.

На этапе **биологической рекультивации** проводят мероприятия по восстановлению растительного покрова и плодородия разрушенных почв. Для предупреждения появления и развития процессов дефляции на естественных песчаных пастбищах необходимо:

- подкашивать нестравленные травы, чередовать пастбищное использование с сенокосным, менять грубые растения на более ценные кормовые культуры и др.;

- своевременно выполнять боронование для разрыхления почвенной корки, препятствующей закреплению и их прорастанию;

- проводить подсев кормовых растений, вносить органические и минеральные удобрения;

- проводить чередование пахотных и целинных участков, обработку почвы поперек направления господствующих ветров и др.;

- применять аэросев травянистых растений и кустарников на бугристых территориях;

- создавать полезащитные полосы в целях снегонакопления и защиты от суховеев и выдувания почвы;

- создавать полезащитные лесные полосы с буферными кустарниковыми полосами, в которых основные лесные полосы чередуют с кулисами из высокостебельных культур;

- восстанавливать травостой на деградированных пастбищах (путем подсева трав, рыхления, мульчирования, внесения структурообразователей и т. д.) с полным прекращением выпаса на срок ремонта пастбищ.

Биологическая рекультивация засоленных земель с помощью галофитов. **Галофиты** – это растения (солодка голая, полынь солончаковая, солерос и др.), способные нормально функционировать и продуцировать в условиях засоленной среды.

Период рассоления почв в мелиоративном севообороте, включающем разные экологические группы галофитов, для условий средней степени засоления составляет 4-5 лет, сильной степени засоления – 6-7 лет.

Восстановление плодородия почв с применением почвозащитной системы земледелия. Для восстановления плодородия деградированных почв используют следующие мероприятия почвозащитной системы земледелия: почвозащитную обработку, фитомелиоративные, в том числе агролесомелиоративные приемы, агрохимические приемы, мелиорацию, землевание.

Почвозащитная обработка представляет обработку почвы без оборота пласта с помощью плоскорезов, комбинированных агрегатов, чизелей, глубокорыхлителей, щелевателей и других орудий с оставление на поверхности растительных остатков. Достоинства такой обработки почвы в регулировании дефляционно-эрозионных потерь почвы и продуктивности земель.

Фитомелиоративные приемы основаны на динамике учета поступления органического вещества с растительными остатками в балансе гумуса.

Поступление гумуса за счет растительных остатков однолетних трав сельскохозяйственных культур составляет лишь 17-53% оптимального его поступления. В почвозащитных севооборотах при доле многолетних трав 40 % и более бездефицитный баланс гумуса создается за счет гумификации пожнивно-корневых остатков без дополнительного внесения органических удобрений.

Наиболее благоприятные условия для гумификации поступающих растительных остатков и удобрений создаются при периодическом чередовании мелкой и глубокой обработок.

Агролесомелиорация – система мероприятий по борьбе с эрозией почвы, засухой и суховеями. Она включает создание защитных лесонасаждений на оврагах, балках, мелиорируемых и рекультивируемых землях.

Агрохимические мероприятия включают расчет и внесение доз удобрений на создание необходимого запаса питательных веществ в почве. Высокая эффективность органоминеральной системы, при которой сочетают медленнодействующие органические удобрения с оптимальными дозами быстродействующих минеральных.

Мелиорация земель позволяет регулировать водно-воздушный режим, тепловой и химический режимы нарушенных земель.

Землевание позволяет создать почвенный слой. Оптимальная мощность почвенного слоя на эродированные почвы под зерновые культуры составляет 30-40 см. Его используют ограниченно на небольших площадях.

Задание 1. Ознакомиться с основными негативными последствиями атропогенной деятельности для геосистем и этапы рекультивации земель, образовавшихся при опустынивании.

Задание 2. Описать биологическую рекультивацию засоленных земель с помощью галофитов и восстановление плодородия почв с применением почвозащитной системы земледелия.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные негативные последствия антропогенной деятельности для геосистем.
2. Охарактеризуйте основные признаки опустынивания.

3. Какие растения называют галофитами? Какова их роль в восстановлении засоленных земель?

4. Какие мероприятия проводят на техническом этапе рекультивации для снижения подвижности, рыхлости, уменьшения фильтрационных потерь влаги, уменьшения выщелачивания питательных элементов и потерь удобрения?

5. Назовите мероприятия на биологическом этапе по восстановлению растительного покрова и плодородия разрушенных почв.

6. Какие мероприятия используют для восстановления плодородия деградированных почв с применением почвозащитной системы земледелия?

Лабораторная работа 5. Рекультивация и обустройство нарушенных земель свалками и полигонами

Цель занятия. Изучить этапы рекультивации нарушенных земель свалками и полигонами твердых бытовых отходов.

Рекультивация нарушенных земель свалками. В толще свалки формируется техногенный водоносный горизонт. Инфильтрационное питание является основной статьей баланса техногенного горизонта, достигающей 60% суммы атмосферных осадков. Фильтрат образуется в результате протекания процессов деполимеризации, сбраживания, гумификации, органического вещества, сульфатредукции и других процессов. В итоге получается уникальный по своей токсичности раствор с минерализацией до нескольких десятков граммов на 1 л, содержанием ионов аммония и хлора, других макрокомпонентов до нескольких граммов на 1 л, высокими концентрациями тяжелых металлов. Основные органические соединения фильтрата – это соединения смешанных рядов, ароматические, ациклические карбонильные соединения всех классов опасности.

Биогаз образуется в результате жизнедеятельности метанобразующих бактерий, что увеличивает проницаемость подстилающих свалку глинистых пород. Свалочный газ (биогаз) представляет собой экологически опасную смесь метана, диоксида углерода, сероводорода, окислов азота, водорода, метилмеркаптана и др. При выходе биогаза на поверхность он часто возгорается, вызывая крупные пожары на свалках, сопровождающиеся образованием других отравляющих химических веществ.

Тип загрязнений подземных вод характеризуется присутствием в этих водах неорганических ингредиентов в концентрациях, превышающих ПДК и относящихся к различным классам опасности.

Серьезный экологический ущерб окружающей среде наносят несанкционированные свалки – стихийно образовавшиеся или возникшие из-за непродуманной деятельности человека искусственные геологические образования (площадью не менее 0,5 га при мощности отложений не менее 1 м).

Одним из многих методов локализации и предотвращения распространения загрязняющих веществ считают капсуляцию, позволяющую устранить такие опасности, исходящие от свалок, как загрязнение прилегающих территорий, грунтовых вод, загазованность атмосферного воздуха и др.

Важнейшие составные элементы капсуляции – герметично основание, устройство герметичных стен и плотная заделка поверхности свалки. Метод капсуляции наиболее эффективен при неглубоком залегании водоупора в основании свалки.

При отсутствии водоупора в основании или глубоком его залегании локализацию и предотвращение распространения загрязняющих веществ часто выполняют методом экранирования. Конструкция защитных экранов представляет собой комбинацию изоляционных и фильтрующих элементов, позволяющих собирать и отводить просачивающиеся поверхностные воды, атмосферные осадки и биогаз.

На **стадии технического этапа рекультивации** проводят следующие работы. Вначале планировочные работы на площади нарушенного участка с использованием части менее загрязненного сверху лежачим свалочным грунтом. Среднюю абсолютную отметку устанавливают с учетом технико-экономического обоснования. Планировку проводят с преданием поверхности незначительного уклона. С целью консервации загрязнителей в верхних слоях свалочного грунта на спланированную поверхность отсыпают слой естественных сорбирующих материалов в виде сапропелей или цеолитов мощностью до 0,1-0,2 м.

Важнейший элемент технического этапа рекультивации – это устройство противофильтрационного экрана. При устройстве глиняного экрана (замка) отсыпают два слоя из привозной глины толщиной не менее 0,25 м каждый, уплотняя поочередно укаткой грунтоуплотняющими машинами при оптимальной влажности уплотняемого грунта.

Для отвода просачивающихся поверхностных и талых вод по верху глиняного экрана укладывают дренирующий слой из песчано-гравийного грунта толщиной 0,2-0,3 м. По верху дренирующего слоя отсыпают слой из потенциально плодородного грунта толщиной не 0,3 м, в зависимости от вида последующего использования реабилитируемой территории. Далее по верху потенциально плодородного слоя наносят слой почвы толщиной не менее 0,15 м.

Также в стадию технического этапа рекультивации включают мероприятия по отводу грунтового и поверхностного стока, поступающего свыше расположенных участков. Стоки отводятся по нагорно-ловчим и водоотводным каналам в водопоглощающие колодцы.

Технический этап рекультивации несанкционированных свалок завершается созданием рекультивационного слоя.

Рекультивация полигонов захоронения отходов потребления. Полигоны захоронения ТБО – инженерно-экологическое сооружения, предназначенные для централизованного приема ТБО, их обезвреживания и захоронения, предотвращающие неорганизованное распространение загрязняющих веществ в компоненты природной среды.

Главным принципом, положенным в основу проектирования полигонов, является охрана окружающей среды; атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и грунтовых вод.

В связи с этим полигоны по обезвреживанию и захоронению ТБО нельзя располагать ближе 500 м от жилой застройки. Не следует отводить участки, представляющие ценность для ландшафта, сельского хозяйства и окружающей среды; участки, находящиеся в зоне паводкового затопления и где не исключена опасность загрязнения грунтовых вод.

Защитные экраны выполняют из комбинации природных материалов (песка, гравия, щебня, глины, бентонита и их смесей) в сочетании с геосинтетическими материалами (синтетической рулонной изоляцией, геотекстилями, бентонитовыми матами и другими геокомпозитами).

При заглублении днища полигона ниже естественной поверхности земли основание его располагают на 0,5-1,0 м выше уровня грунтовых вод.

После завершения строительства полигона наступает период его эксплуатации, заключающийся в производстве работ по его заполнению отходами, которые отсыпают в организованном порядке послойно. Толщину их принимают от 2 до 2,5 м каждый. Отсыпаемые слои отходов максимально уплотняют грунтоуплотняющими катками, а в конце рабочего дня их изолируют слоем минерального грунта.

Охрану атмосферы на полигонах в процессе их эксплуатации обеспечивается за счет регулярной промежуточной изоляции каждого слоя отходов грунтом толщиной 0,15-0,25 м.

Полигон формируют в форме отвала с крутизной внешних откосов не менее m = 2-4 м и устройством на них берм шириной не менее 3 м через каждые 5-10 м по высоте полигона.

Биологический этап рекультивации свалок и ТБО. Чтобы предотвратить смыв почвы, улучшить условия освоения, украсить внешний вид формируемого ландшафта и уменьшить просачивание воды в тело свалки или полигона, их поверхность озеленяют.

При рекультивации и озеленении необходимо подбирать наиболее толерантные к конкретному загрязнению виды декоративных растений, а также растения, способные очищать почв от загрязняющих веществ, как фитомелиоранты.

После нанесения поверхностного слоя и проведения комплекса агротехнических мероприятий сеют фитомелиоранты в несколько этапов: первый – посев растений (тимофеевка луговая, пырей бескорневищный, мятлик луговой, костер безостый, клевер белый, лядвенец рогатый и др.), способных выносить из почвы загрязняющие вещества; второй – посев дернообразующих трав; третий – подбор, трав, древесных и кустарниковых пород, способных расти на загрязненных почвах; четвертый – подбор ассортимента древесных и кустарниковых пород.

Озеленение подобных территорий не завершается посадкой растений, а представляет собой длительный (2-5 лет) и трудоемкий процесс, требующий регулярного ухода за растительностью.

При формировании парковых насаждений рекомендуют высаживать следующие породы деревьев и кустарников:

- на потенциально плодородных почвах реабилитируемого участка: древесные культуры – береза бородавчатая, сосна обыкновенная, тополь, клен ясенелистный, татарский и полевой, ива козья, липа мелколистная, рябина и др.; кустарники – смородина

золотистая, шиповник, ольха серая, акация желтая, лох узколистный, жимолость татарская, облепиха обыкновенная и др.;

- на почвах со значительной остаточной токсичностью: древесные культуры – береза бородавчатая, тополь, клен татарский; кустарники – смородина золотистая, вишня степная, ольха серая, акация желтая, лох узколистный, жимолость татарская и др.;

- на слаботоксичных, но сильнокислотных почвах: древесные культуры – сосна обыкновенная, береза бородавчатая, тополь, клен ясенелистный; кустарники – смородина золотистая, ольха серая, акация желтая, лох узколистный, жимолость татарская и др.

В междурядьях рекомендуют проводить ленточный посев бобовых, например люпина и донника.

При формировании экологически устойчивых зеленых насаждений рекомендуют создавать смешанные парковые культуры в следующем соотношении: главные породы – 60%, сопутствующие – до 20, кустарники – до 20%.

Категорически запрещается употреблять в пищевых и кормовых целях продукцию, выращиваемую на загрязненной почве, до окончания рекультивации.

Территории, занятые несанкционированными свалками, после их рекультивации могут быть использованы под жилую застройку, для создания коммунальной или промышленной зоны, а также дорог, площадок и рекреационных целей.

Задание. Ознакомиться с рекультивацией нарушенных земель свалками и полигонами захоронения твёрдыми бытовыми отходами и описать технический и биологический этапы рекультивации земель нарушенных свалками и ТБО.

Контрольные вопросы

1. Какие работы включает технический этап рекультивации земель, нарушенных свалками?
2. Что такое фитомелиоранты и почему их посев проводят в несколько этапов?
3. Из каких материалов выполняют защитные экраны при рекультивации полигонов захоронения отходов потребления?
4. Какие работы включает биологический этап рекультивации свалок и ТБО?
5. Какие породы деревьев и кустарников рекомендуют высаживать при озеленении парковых территорий на потенциально плодородных почвах, почвах с высокой остаточной токсичностью, на слаботоксичных, но высококислотных почвах?

Лабораторная работа 6. Эффективность рекультивации земель

Цель занятия. Изучить методику оценки ущерба определения эффективности рекультивации земель.

Под **эффективностью природопользования** понимают эколого-экономическую результативность использования природных ресурсов и эксплуатации природной среды. Эколого-экономическое воздействие – это денежная оценка изменений экологических параметров, происходящих под влиянием производства. В качестве положительной величины выступает эколого-экономический эффект, в качестве отрицательной – эколого-экономический ущерб.

Эколого-экономический эффект – это стоимостной прирост выгод в результате реализации природоохранных мероприятий. Основой для его расчета могут выступать снижение уровня загрязнения почв, воды, воздуха, повышение почвенного плодородия, увеличение выхода экологически чистой продукции и т.д.

Эколого-экономический ущерб – это выращенные в стоимостной форме фактические или возможные убытки производства в результате ухудшения состояния окружающей среды или дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

При рекультивации важно определить наиболее эффективное использование нарушенных земель, обеспечивающее возврат инвестиций и устойчивое функционирование техноприродных геосистем.

Экономическая эффективность инвестиций проекта рекультивации нарушенных земель оценивают по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^{\text{Т}} \cdot \sum_{k=1}^{K} (\text{В}_{tk} - C_{tk} - \text{Ущ}_{tk} - K_{tk} + \text{Лс}_{tk})(1 + \text{Е}_{\text{нт}})^{-1} > 0,$$

где ЧДД – чистый дисконтированный доход за период жизни проекта Т лет, руб.;

В_{tk} – выручка от реализации *i-го* вида мероприятия в году t, руб.;

С_{tk} – ежегодные издержки при осуществлении *i-го* вида мероприятия в году t (без учета амортизации), руб.;

$Ущ_{tk}$ – ущерб, нанесенный окружающей среде при осуществлении *i-го* вида мероприятия в году t, руб.;

$К_{tk}$ – капитальные вложения *i-го* вида мероприятия в году t, руб.;

$Лс_{tk}$ – ликвидационная стоимость основных фондов по *i-му* виду мероприятий, выбывших в году t;

$Е_{нt}$ – норма дисконта в году t (относительная единица).

В соответствии с методическими рекомендациями чистый дисконтированный доход вычисляют для двух условий: «без проекта» и с «с проектом». Целесообразность инвестирования проекта рекультивации определяют по максимальному значению, полученному для двух расчетных условий.

Размер ущерба от загрязнения зе6мель определяют исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель. Если оценить указанные затраты невозможно, то размер ущерба от загрязнения земель вычисляют согласно Порядку определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами по формуле:

$$П = \sum_{i=1}^{n} (Н_с \cdot S_i \cdot К_в \cdot К_{зi} \cdot К_э \cdot К_г),$$

где *П* – размер платы за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими (от 1 до n) химическими веществами, руб.;

$Н_с$ – норматив стоимости сельскохозяйственных земель, руб./га;

S_i – площадь земель, загрязненных химическим веществом, га;

$К_в$ – коэффициент пересчета в зависимости от времени очистки загрязненных земель;

$К_{зi}$ – коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическим веществом;

$К_э$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории;

$К_г$ – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель.

Степень загрязнения земель характеризуют пятью уровнями: допустимым, низким, средним, сильным и очень сильным. При допустимом уровне загрязнения коэффициент $К_{зi}$ приравнивают к нулю, тогда П=0, следовательно плату не взимают.

Размер ущерба на восстановление загрязненных земель с полной заменой почвенно-грунтового слоя и подготовки почвы для устройства газона рассчитывают согласно Методике исчисления размера ущерба, вызванного захламлением, загрязнением и деградацией земель:

$$ЗВ_{загр} = З_{зам} + З_{подг} + З_{утил},$$

Затраты на полную замену загрязненного почвенно-грунтового слоя, руб.:

$$З_{зам} = \left(НЗ_{срез} \cdot К_1 + НЗ_{погр} \cdot К_2 + НЗ_{выв} \cdot К_3 + НЗ_{зас} \cdot К_4\right) \cdot S \cdot Н,$$

где $НЗ_{срез}$, $НЗ_{погр}$, $НЗ_{выв}$ – нормативы затрат на срезку, погрузку и вывоз загрязненного грунта, руб./м^3;

$К_1$, $К_2$, $К_3$, $К_4$ – действующие на момент установления загрязнения коэффициенты индексации цен для нормативов затрат на соответствующие работы по ликвидации загрязненных земель;

S – площадь загрязненного контура, м^2;

Н – глубина загрязнения почвенно-грунтового слоя выше нормативной, м.

Затраты на подготовку почвы под газон, руб.:

$$З_{подг} = НЗ_{подг} \cdot К_5 \cdot S,$$

где $НЗ_{подг.}$ – норматив затрат на подготовку 20-сантиметрового слоя почвы под газон, руб./м^2;

$К_5$ – действующий момент установления загрязнения коэффициент индексации цен для нормативов на подготовку территории под газон;

S – площадь загрязненного контура, м^2.

Затраты на утилизацию загрязненного почвенно-грунтового слоя, руб. определяют по формуле:

$$З_{утил} = Н \cdot З_{утил} \cdot S \cdot Н_d,$$

где $З_{утил.}$ – норматив затрат на утилизацию (расценки утилизацию промышленных отходов), руб./т;

S – площадь загрязненного контура, м^2;

H_d – глубина загрязнения почвенно-грунтового слоя выше нормативной, м.

Задание. Нарушенные земли предприятия представлены карьерными выемками, общая площадь которых составляет 80 га. Тип нарушенных земель № 6, т.е. отвалы платообразные и дражные к уровню естественной поверхности высотой до 5 м, сложенные пригодными и малопригодными для биологического освоения породами. Проектом предусмотрена рекультивация нарушенных земель. Рекультивированные земли подлежат сельскохозяйственному и лесохозяйственному освоению. Затраты на технический и биологический этапы рекультивации определены проектом, исходя из объемов земляных работ и принятой расчетно-технологической карты и они выдаются преподавателем. Провести оценку эколого-экономической эффективности затрат на рекультивацию земель.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под эффективностью проектов рекультивации земель?
2. Какие частные эффективности образуют полную эффективность проекта?
3. Назовите основные принципы оценки инвестиционных проектов.
4. Как количественно определить ущерб, нанесенный землям?

РАЗДЕЛ II. МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

Лабораторная работа 7. Определение влажности почвы, расчет запасов влаги в почве и величины поливных норм

Цель занятия. Научиться определять влажность почвы, расчёт запасов влаги в ней и рассчитывать величину поливной нормы.

Режим орошения – это научно-обоснованный план поливов, который включает установление норм, сроков и числа поливов сельскохозяйственных культур.

Влажностью почвы называется содержание в ней воды, выраженное в процентах к массе абсолютно сухой почвы. Фактическую влажность почвы ($\beta_ф$, %) определяют по формуле:

$$\beta_ф = \frac{b - b_1}{b_1} \cdot 100\ \%,$$

где b – масса образца почвы до высушивания, г;

b_1 – масса образца почвы после высушивания, г.

Общие запасы влаги ($W_{\text{общ.}}$, м^3/га) в почве определяют по формуле:

$$W_{\text{общ.}} = 100 \cdot h \cdot d \cdot \beta_{\text{ф}},$$

где h – расчётный слой почвы, м;

d – плотность срачетного слоя почвы, т/м^3.

Значение плотности почвы определяют экспериментальным путем или берут из справочника для конкретного слоя почвы.

Принимая во внимание, что слой воды толщиной 1 мм на одном гектаре площади соответствует объему воды равном 10 м^3, запасы влаги в миллиметрах будут равны:

$$W_1 = \frac{W}{10},$$

где W_1 – запасы влаги в почве, мм;

W – запасы влаги в почве, м^3/га.

Диапазон эффективной влажности почвы для большинства сельскохозяйственных культур находится между наименьшей влагоёмкости и влажностью разрыва капиллярных связей.

Поливная норма – это количество воды, которое необходимо подать на один гектар для поднятия фактической влажности почвы до влажности наименьшей влагоемкости (до верхней границы оптимальной влажности).

Математически поливная норма выражается формулой:

$$m = 100 \cdot h \cdot d \cdot \left(\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{ф}}\right),$$

где m – поливная норма, м^3/га;

h – корнеактивный слой почвы для культуры, м;

d – плотность почвы (объемная масса), г/см^3 или т/м^3;

$\beta_{\text{нв}}$ – влажность почвы при наименьшей влагоемкости, %;

$\beta_{\text{ф}}$ – фактическая влажность почвы перед поливом, %.

В процессе полива от 10 до 30% подаваемой воды в виде дождя испаряется в атмосферу. Поэтому для оптимального увлажнения почвы поливную норму необходимо увеличить, т.е. умножить

поливную норму на коэффициент испарения (1,1-1,3). В этом случае формула поливной нормы принимает следующий вид:

$$m = (1{,}1) \cdot 100 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{ф}}).$$

Задание. Рассчитать по заданию преподавателя влажность почвы, запасы влаги в ней и определить поливную норму для различных сельскохозяйственных культур. Для расчётов использовать приложения 1 и 2.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под влажностью почвы? Как её определить?
2. Как рассчитать общие запасы влаги и продуктивную влагу в почве?
3. Назовите верхний и нижний предел оптимального увлажнения почвы.
4. Что понимают под наименьшей влагоемкостью, влажностью разрыва капиллярных связей?
5. Что понимают под поливной нормой. По каким формулам можно рассчитать поливную норму?

Лабораторная работа 8. Расчет величины поливных норм осенних влагозарядковых поливов, весенних предпосевных и оросительных норм. Определение водопотребления культур

Цель занятия. Научиться определять величины поливных норм влагозарядковых поливов, весенних предпосевных и оросительных норм. Ознакомиться с различными методами определения водопотребления сельскохозяйственных культур.

Расчёт величины поливных норм влагозарядковых поливов. Важным условием высокой эффективности орошения являются влагозарядковые поливы, которые в нашей зоне чаще всего проводятся осенью (после уборки культуры-предшественника до наступления заморозков).

Цель влагозарядки – создать запас почвенной влаги в глубоких слоях для последующего ее использования сельскохозяйственными культурами на начальном этапе их роста и развития.

Поливную норму влагозарядкового полива определяют по формуле:

$$M_{\text{вл.}} = 100 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{ф}}) - 10 \cdot A \cdot \mu + 10 \cdot E - M_{\text{гр.}},$$

где $М_{вл.}$ – величина влагозарядковой нормы полива, м^3/га;

h – глубина промачивания почвы, м. Для яровых зерновых культур, многолетних трав принимается за 1,5 м, для озимых культур, ранних овощей и корнеплодов – 1,0 м;

d – плотность почвы (объемная масса) промачиваемого слоя, т/м^3;

$\beta_{нв}$ – влажность почвы при наименьшей влагоемкости, %;

$\beta_ф$ – фактическая влажность почвы перед поливом, %. Условно её можно принять 60% от влажности наименьшей влагоемкости почвы, $\beta_ф = 0{,}6\beta_{нв}$;

$А$ – количество осадков в виде дождя и снега, выпадающих за период от начала осенней влагозарядки до дня весеннего отрастания озимых культур и многолетних трав или до дня посева яровых культур;

μ – коэффициент использования осадков. В зависимости от гранулометрического состава почвы, уклона поверхности поля, интенсивности таяния снега и др. В среднем впитывается в почву и становится доступной для растений только 30-40% осеннее-зимних осадков, т.е. μ = 0,3-0,4;

$Е$ – количество испарившейся воды за период от начала влагозарядки до начала весеннего отрастания озимых культур и многолетних трав или до дня посева яровых культур, мм. Пренебрегая незначительным количеством испарения в зимний и ранневесенний период, возможно, принять испарение до наступления устойчивых заморозков или до выпадения снежного покрова (ориентировочно – до 1 ноября);

$М_{гр.}$ – возможное подпитывание грунтовых вод, м^3/га.

Расчёт величины поливных весенних предпосевных поливов. *Под поздновысеваемые культуры (кукуруза, просо и др.) с целью получения дружных всходов и для лучшего начального их развития проводят предпосевные или предпосадочные поливы. При этом увлажняют слой почвы до 0,5 м.*

Норма предпосевного или предпосадочного полива определяют по формуле:

$$m = 100 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{нв} - \beta_ф),$$

где m – поливная норма, м^3/га;

h – корнеактивный слой почвы для культуры, м;

d – плотность почвы (объемная масса), г/см^3 или т/м^3;

$\beta_{нв}$ – влажность почвы при наименьшей влагоемкости, %;

$\beta_ф$ – фактическая влажность почвы перед поливом, %.

При этом фактическая влажность почвы перед поливом ($\beta_ф$) как правило, несколько выше, чем осенью. Её можно принять равной 70% от влажности наименьшей влагоемкости.

Определение водопотребления культур. В результате жизнедеятельности растения потребляют из почвы воду. Поглощенная вода испаряется с поверхности листьев (транспирация). Одновременно с транспирацией вода испаряется с поверхности почвы.

Суммарным водопотреблением называется расход воды с единицы площади (с 1 га) на биологическое испарение (транспирация растений) и физическое испарение с поверхности почвы.

В практике орошаемого земледелия водопотребление определяется различными методами: теоретическими, эмпирическими, метеорологическими.

Среди *теоретических методов* испарения со свободной водной поверхности наиболее распространен метод Н.Н. Иванова. При этом установлено, что за вегетационный период при оптимальной влажности почвы испарение со свободной водной поверхности близко к испарению с поверхности почвы, занятой растениями, что делает формулу Н.Н. Иванова вполне применимой для определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур в условиях орошения:

$$E = 0{,}0018 \cdot (25 + t) \cdot (100 - \alpha) \cdot K,$$

где E – испаряемость, мм/месяц;

t – среднемесячная температура воздуха, °С;

α – среднемесячная относительная влажность воздуха, %;

К – коэффициент, характеризующий культуру, можно принять 0,8.

Среди *эмпирических методов* наиболее распространен метод А.Н. Костякова, согласно которому требуемое количество воды пропорционально сформированному урожаю. Величину суммарного водопотребления устанавливают, как сумму влаги израсходованной из имеющихся в почве на день посева, количества выпавших за вегетацию осадков и количества воды поданной с поливами. Суммарное водопотребление рассчитывают по формуле:

$$E = 100 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{нв} - \beta_к) + 10 \cdot A \cdot \mu + M_{ор.} + M_{гр.},$$

где Е – суммарное водопотребление за период вегетации культуры, м^3/га;

h – корнеактивный слой почвы для культуры, м;

d – плотность почвы (объемная масса), т/м^3;

$\beta_н$ – влажность почвы в день посева, %;

$\beta_к$ – влажность почвы в день уборки, %;

A – количество выпавших осадков за период вегетации культуры, мм;

μ – коэффициент впитывания осадков в почву, т.е. μ = 0,6-0,8;

$M_{ор.}$ – оросительная норма, м^3/га;

$M_{гр.}$ – количество воды поступающее в корнеактивный слой почвы из грунтовых вод (грунтовое подпитывание), м^3/га.

На основе многолетних опытов, зная коэффициент водопотребления культуры и ее урожайность, можно также определить суммарное водопотребление культуры по формуле:

$$E = K \cdot У,$$

где E – суммарное водопотребление за период вегетации культуры, м^3/га;

K – коэффициент водопотребления, м^3/т;

$У$ – урожайность хозяйственно-ценной части (зерно, клубни, зеленая масса и др.), т/га.

Метеорологические методы. Зная биоклиматические коэффициенты расходы воды на 10С температуры или на 1 мб дефицита влажности воздуха, можно определить водопотребление за месяц, декаду, сутки, вегетационный период по формулам:

$$E = K_t \cdot \sum t \text{ или } E = K_d \cdot \sum d,$$

где E – суммарное водопотребление за период (за пятидневку, декаду, месяц), м^3/га;

K_t – коэффициент расхода воды, м^3/га/1°С;

$\sum t$ – сумма среднесуточных температур воздуха за период (за пятидневку, декаду, месяц), ^{0}С;

K_d – коэффициент расхода воды, м^3/га/1 мб;

$\sum d$ – сумма среднесуточных дефицитов воздуха за период (за пятидневку, декаду, месяц), мб.

Расчёт величины оросительных норм. Водопотребление сельскохозяйственных культур в естественных условиях может быть удовлетворено за счет имеющейся влаги в почве (от осенне-зимних осадков) и осадков вегетационного периода, а также за счёт подпитывания грунтовых вод.

Оросительная норма или дефицит водопотребления – это количество воды, которое нужно подать на 1 га орошаемого поля в течение вегетационного периода для поддержания оптимальной влажности почвы и получения запланированной урожайности:

$$M_{\text{ор.}} = E - 10 \cdot A \cdot \mu - 10 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{\text{н}} - \beta_{k)} - W_{\text{гр.}},$$

где $M_{\text{ор.}}$ – оросительная норма, м^3/га;

E – суммарное водопотребление культуры, м^3/га;

A – количество осадков за вегетационный период (от дня посева до дня уборки), мм;

μ – коэффициент полезного использования осадков (для весенне-летних осадков μ = 0,6-0,8);

$100 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_н - \beta_к)$ – количество воды, израсходованное для формирования урожая из имеющихся запасов продуктивной влаги на день посева, м^3/га;

h – глубина расчетного (корнеактивного слоя) слоя почвы, м;

d – плотность почвы (объемная масса), г/см^3, т/м^3;

$\beta_н$ – влажность почвы в день посева культуры %, в зависимости от сроков посева и количества осенне-зимних осадков составляет 80-90 % наименьшей влагоемкости;

$\beta_к$ – влажность почвы в день уборки культуры, %. Ориентировочно составляет 60-70% от наименьшей влагоемкости;

$W_{\text{гр.}}$ – величина возможного подпитывания корнеактивного слоя почвы грунтовыми водами изменяется в зависимости от глубины их залегания, степени минерализации и типа почвогрунтов. При глубине залегания грунтовых вод более 3 м, их участием в водоснабжении растений можно пренебречь).

Задание 1. По заданию преподавателя рассчитать величины влагозарядковых и весенних предпосевных поливных норм для культур севооборота.

Задание 2. По заданию преподавателя рассчитать величины оросительной нормы для культур севооборота.

Для выполнения заданий обучающиеся используют приложения 1-7.

Контрольные вопросы

1. По какой формуле рассчитывают величину поливной нормы осеннего влагозарядкового полива? Какова цель влагозарядки?
2. По какой формуле можно рассчитать величину поливной нормы предпосевного (предпосадочного) полива?
3. Что называют суммарным водопотреблением культуры?
4. Какими методами определяют суммарное водопотребление культур?
5. Что понимают под оросительной нормой? Как её рассчитать?

Лабораторная работа 9.
Построение и укомплектование графиков поливов

Цель занятия. Научиться строить графики неукомплектованного и укомплектованного поливов культур севооборота.

Расход воды – это её объем, протекающий через живое сечение канала или трубопровода в единицу времени. Зная максимальные расходы воды, можно путем гидравлических расчетов установить потребные поперечные сечения элементов системы, их конструктивные особенности и стоимость.

Расход воды (нетто) на каждую культуру севооборота для обеспечения заданного полива определяют по формуле:

$$Q = \frac{F \cdot m}{3{,}6 \cdot t \cdot T},$$

где Q – расход воды (нетто), л/с;

F – площадь поля, га;

m – поливная норма, м^3/га;

T – количество дней полива (продолжительность полива);

t – число часов полива в течение суток.

Так, как один и тот же расчетный режим орошения может быть на разных площадях, для его оценки вводят понятие удельного расхода, отнесенного к одному осредненному гектару севооборота, и называемого *гидромодулем (q)*.

Гидромодуль *(q)* выражает потребный расход воды в литрах в секунду на 1 га посева сельскохозяйственных культур орошаемого севооборота. Он необходим для определения расчётного расхода ($Q_{нт}$), гидравлического расчёта оросительной сети и является

связующим звеном водопотребления сельскохозяйственных культур севооборота с оросительной сетью, каналами и сооружениями на ней.

Гидромодуль рассчитывается для каждой культуры и на все поливы. Вычисляется ордината гидромодуля по формуле:

а) при круглосуточных поливах: $q_{\frac{л}{с}/га} = \frac{\alpha \cdot m}{86{,}4 \cdot T}$,

б) при поливах менее суток: $q_{\frac{л}{с}/га} = \frac{\alpha \cdot m}{3{,}6 \cdot T \cdot t}$,

где α – доля площади, занятая данной культурой в севообороте;

m – поливная норма, м^3/га;

T – продолжительность полива, дней;

t – продолжительность полива часов в сутки.

Расчетный расход оросительной системы равен:

$$Q_{нт} = q \cdot F,$$

где F – площадь орошаемого участка, га;

q – ордината гидромодуля, л/с/га.

Режим орошения в севообороте изображают в виде графика гидромодуля. На этом графике (рис. 1) по горизонтальной оси откладывают время (начало и конец) поливов (Т), по вертикальной – значение гидромодулей (или расходов) (q).

Таким образом, для каждого полива получают прямоугольник, основание которого соответствует числу дней полива, а высота – значению гидромодуля, или расхода. Если при нанесении на график поливов второй, третьей и т.д. культуры время поливов отдельных культур совпадают, то гидромодуль последующей культуры откладывают от верхнего конца предыдущей ординаты (т. е. для совпадающих дней полива ординаты складывают, а прямоугольники надстраивают).

На таком графике расходы воды обычно не равномерны по времени: в отдельные дни требуется полив одновременно 2-3 культу, а в другие дни необходимости в поливах нет. Такие графики называются неукомплектованными.

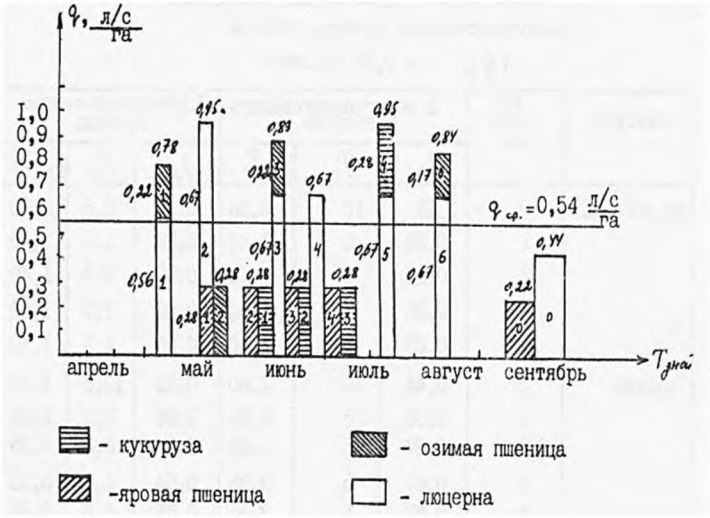


Рис. 1. Неукомплектованный график гидромодуля

Чтобы устранить резкие колебания ординат гидромодуля и обеспечить равномерную работу оросительной системы, полученный график гидромодуля укомплектовывают (выравнивают). Укомплектование графика достигается частичным изменением сроков и продолжительности поливов с соответствующим изменением значения гидромодуля. При этом соблюдают следующие условия (требования): количество воды, назначенное для данного полива, не изменяется.

Практические советы. После определения режима орошения каждой культуры приступают к составлению ведомости графика гидромодуля (табл. 3) и вспомогательной ведомости (табл. 4). При этом цифрой «0» обозначают влагозарядковый или предпосевной поливы, продолжительность поливов в неукомплектованном графике можно принять за 10 дней для осенних влагозарядковых и 5 дней для весенних предпосевных и вегетационных поливов. При этом желательно брать целые пятидневки с 1-го по 5-е; с 5-го по 10-е; и т. д.

Доля культуры в севообороте (α) находят по формуле:

$$\alpha = \frac{S}{F},$$

где S – площадь культуры, га;

F – площадь севооборота.

Заполнив левую половину таблицы (для неукомплектованного графика) приступают к построению неукомплектованного графика гидромодуля, нанося ординаты гидромодуля и сроки поливов на график (1 см на миллиметровой бумаги по вертикали равен 0,1 л/с/га, 1 мм по горизонтали равен 0,5 суток).

Продолжительность работы в сутки принять две смены по 10 часов, т. е. t = 20 часов.

Построив график определяют ординату всего оросительного периода.

Средняя ордината ($q_{ср}$) определяется сложением ординат по пятидневкам и делением их суммы на число поливных пятидневок, исключая дни свободные от поливов и не учитывая влагозарядковые поливы.

Затем заполняется правая часть вспомогательной для укомплектованного графика полива. При этом исходят из равенства: $q_1 \cdot T_1 = q_2 \cdot T_2$ переносят объемы воды на 1 га из неукомплектованного графика (левая часть) в график укомплектованный (правая часть). Разделив этот объем воды на среднюю ординату гидромодуля, получают число дней полива в укомплектованном графике (при этом это число округляют до полвины или целого дня).

В связи с округлением числа дней полива, уточняют величину гидромодуля (q_2) в укомплектованном графике:

$$q_{2ут} = \frac{q_1 \cdot T_1}{T_2}$$

Затем вычерчивают укомплектованный график гидромодуля (рис. 2).

При укомплектовании графика выполняют следующие требования: величину поливных норм не изменяют; смещают сроки поливов влево до 2-5 дней и как исключение до 1-3 в право, если поливная норма принята меньше расчетной на 10-20%; продолжительность полива принимают для многолетних трав не 7 дней, зерновых – 5 дней, овощных – 7 дней; межполивные периоды изменяют не более, чем на 3 дня; целесообразно заполнить все свободные от полива дни.

Таким образом, максимальный расход (гидромодуль) на укомплектованном графике является расчётным расходом (ординатой гидромодуля) для оросительных каналов и труб.

Таблица 3

Ведомость режима орошения культур севооборота

Культура	Доля культуры в севообороте	№ полива	Поливная норма, м³/га	Неукомплектованный график					Укомплектованный график				
				Поливной период				гидромодуль, л/с га	Поливной период				гидромодуль, л/с га
				продолжительность суток	начало	конец	средняя дата		продолжительность суток	начало	конец	средняя дата	
Яровая пшеница	0,2	0	800	10	10.09	20.09	15.09	0,22	6,5	10.09	17.09	14.09	0,34
		1	500	5	20.05	25.05	23.05	0,28	2,5	19.05	22.05	21.05	0,56
		2	500	5	05.06	10.06	07.06	0,28	2,5	04.06	07.06	05.06	0,56
		3	500	5	20.06	25.06	23.06	0,28	2,5	16.06	19.06	18.06	0,56
		4	500	5	05.07	10.07	07.07	0,28	2,5	28.06	01.07	30.06	0,56
Люцерна	0,4	0	800	10	20.09	30.09	25.09	0,44	13,5	17.09	30.09	23.09	0,33
		1	500	5	05.05	10.05	07.05	0,56	5,0	05.05	10.05	07.05	0,56
		2	600	5	20.05	25.05	23.05	0,67	6,0	22.05	28.05	25.05	0,56
		3	600	5	15.06	20.06	17.06	0,67	6,0	10.06	16.06	13.06	0,56
		4	600	5	01.07	05.07	03.07	0,67	6,0	22.06	28.06	25.06	0,56
		5	600	5	25.07	30.07	27.07	0,67	6,0	26.07	03.08	30.07	0,56
		6	600	5	15.08	20.08	17.08	0,67	6,0	16.08	22.08	19.08	0,56
Озимая пшеница	0,2	0	300	5	15.08	20.08	17.08	0,17	1,5	14.08	16.08	15.08	0,57
		1	400	5	05.05	10.05	07.05	0,22	2,0	03.05	05.05	04.05	0,55
		2	500	5	25.05	30.05	27.05	0,28	2,5	28.05	01.06	29.05	0,56
		3	400	5	15.06	20.06	17.06	0,22	2,0	10.08	12.06	11.06	0,55
Кукуруза	0,2	1	500	5	10.06	15.06	12.06	0,28	2,5	07.06	10.06	09.06	0,56
		2	500	5	25.06	30.06	27.06	0,28	2,5	19.06	22.06	21.06	0,56
		3	500	5	10.07	15.07	17.07	0,28	2,5	01.07	04.07	03.07	0,56
		4	500	5	25.07	30.07	27.07	0,28	2,5	23.07	26.07	24.07	0,56

Таблица 4

Вспомогательная ведомость для построения графика поливов ($q_{ср}$ =0/54 л/с/га)

Культуры	№ поливов	В неукомплектованном графике			В укомплектованном графике		
		g_1	T_1	$g_1 \cdot T_1$	g_2	T_2	$g_2 \cdot T_2$
Яровая пшеница	0	0,22	10	2,20	0,34	6,5	2,20
	1	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	2	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	3	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	4	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
Люцерна	0	0,44	10	4,40	0,33	13,5	4,40
	1	0,56	5	2,80	0,56	5,0	2,80
	2	0,67	5	3,35	0,56	6,0	3,35
	3	0,67	5	3,35	0,56	6,0	3,35
	4	0,67	5	3,35	0,56	6,0	3,35
	5	0,67	5	3,35	0,56	6,0	3,35
	6	0,67	5	3,35	0,56	6,0	3,35
Озимая пшеница	0	0,17	5	0,85	0,57	1,5	0,85
	1	0,22	5	1,10	0,55	2,0	1,10
	2	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	3	0,22	5	1,10	0,55	2,0	1,10
Кукуруза	1	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	2	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	3	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40
	4	0,28	5	1,40	0,56	2,5	1,40

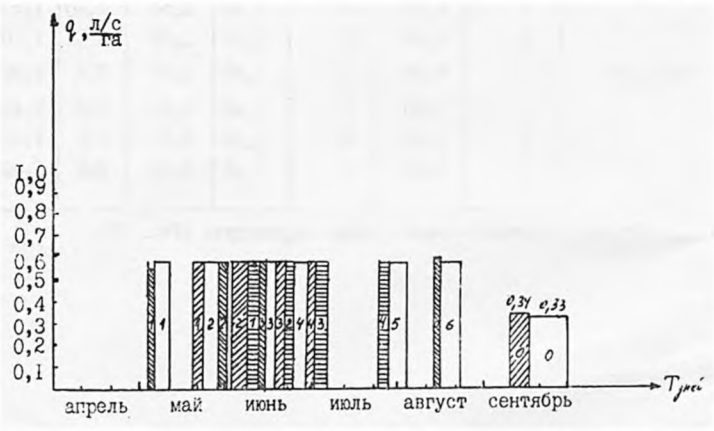


Рис. 2. Укомплектованный график гидромодуля

После выбора типа дождевальных машин и их количества расчётный гидромодуль (л/с/га) уточняют:

$$q = \frac{K_{\text{и}} \cdot \sum Q}{F},$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент потерь воды во время полива 1,05-1,30;
$\sum Q$ – суммарный расход воды дождевальных машин, л/с;
F – площадь севооборота, га.

Задание. В период с 11 по 25 мая самый напряженный, с максимальной ординатой 180 л/с на 1 га. Общая продолжительность этого периода 15 суток. Суммарная потребность в воде за рассматриваемое время полива, равная 1600 м^3/га, приведена в таблице 5.

Таблица 5

Определение средней ординаты укомплектованного графика полива

Культура	Номер полива	В неукомплектованном графике			В укомплектованном графике		
		q_1	T_1	q_1T_1	q_2	T_2	q_2T_2
Люцерна	1	102	7	714	119	6	714
Яровая пшеница + люцерна	1	70	5	350	87	4	350
Томаты	1	35	7	245	122,5	2	245
Томаты	2	35	7	245	122,5	2	245
Огурцы	1	30	7	210	105	2	210
Корнеплоды	1	48	5	240	120	2	240
				2004		24	2004

Построить график неукомплектованного поливов культур и затем укомплектованного, т.е. провести укомплектование неукомплектованного графика полива культур овощного севооборота.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под поливным и межполивным периодами?
2. Объясните, как Вы строили неукомплектованный график?
3. Расскажите о недостатках неукомплектованного графика.
4. Какие условия должны учитываться при укомплектовании графика?
5. Расскажите о приёмах укомплектования графика полива.
6. Что понимают под гидромодулем? Средний показатель гидромодуля?

Лабораторная работа 10. Расчет техники полива дождеванием

Цель занятия. Ознакомиться с классификацией дождевальных систем, машин и установок и изучить технику полива дождеванием различными дождевальными устройствами.

Способ полива – это распределение оросительной воды по полю и превращение из состояния тока в состояние почвенной влаги через элементы регулирующей сети посредством впитывания.

Выделяют следующие способа орошения: поверхностное, внутрипочвенное, капельное, мелкодисперсное дождевание, полив дождеванием. Одним из основных способов применяемого полива является дождевание. Для чего используют ряд дождевальных машин и агрегатов.

Каждому способу полива соответствует набор технических средств для его осуществления, т. е. техника полива.

Принятый способ и техника полива должны обеспечивать достаточно равномерное по площади увлажнение почвы, в требуемые сроки, при минимальных затратах труда и средств. Создание условий для высокопроизводительного использования сельскохозяйственных машин. Поливы не должны ухудшать плодородия почв орошаемого участка и его мелиоративного состояния.

При выборе способа полива учитывают совокупность природно-хозяйственных факторов: климат, рельеф участка и его размеры, водопроницаемость почвы, гидрогеологические условия, вид орошаемой культуры, наличие трудовых ресурсов и др.

Качество дождя характеризуется его интенсивностью, диаметром капель и силой удара их о почву и растения, равномерностью распределения дождя по площади.

Под средней интенсивностью дождя (P, мм/мин.) понимают отношение среднего слоя осадков ($h_{ср}$, мм), выпадающих на определенной площади (F), к продолжительности их выпадения (t, мин):

$$P = \frac{h_p}{t}$$

Для полива сельскохозяйственных культур используются дальнеструйные агрегаты (ДДН-70; ДДН-100), среднеструйные (Фрегат; ДФ-120 Днепр; ДКШ-64 Волжанка), короткоструйные установки и машины (Кубань; ДДА-100М; ДДА-100 МА).

Технические характеристики дождевальных машин изложены в приложениях 8, 9.

Дождевальные машины (ДДА-100М; ДДА-100 МА; Кубань) на заданную норму полива устанавливают по числу проходов вдоль оросителя. Для этого определяют:

- *слой дождя* (*P, мм/мин*) за один проход машины, мм:

$$P = \frac{Q \cdot 3600}{b \cdot v},$$

где Q – расход дождевальной машины, л/с;

b – ширина захвата дождевальной машиной, м;

v – рабочая скорость движения машины при поливе, м/ч;

- *необходимое число проходов агрегата* при заданной поливной норме определяется по формуле:

$$n = \frac{m}{10 \cdot P \cdot К_{исп.}},$$

где *m* – поливная норма, м^3/га;

$К_{исп.}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

P – слой выливаемый дождевальной машиной за один проход, мм;

- *время, необходимое для работы на одном канале (оросителе)* (*t*, час.):

$$t = \frac{L \cdot n}{v \cdot К_{вр.}},$$

где *L* – длина канала, м;

n – число проходов;

v – средняя рабочая скорость агрегата, час.;

$К_{вр.}$ – коэффициент полезного использования рабочего времени на поливе, 0,80-0,80;

- *производительность дождевальной машины за один час работы* ($F_{час.}$, *ч*) равна:

$$F_{час.} = \frac{3{,}6 \cdot Q \cdot К_{исп.}}{m},$$

где *Q* – расход дождевальной машины, л/с;

m – поливная норма, м^3/га;

$K_{исп.}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

- *производительность дождевальной машины за смену* ($F_{см.}$, га) определяется по формуле:

$$F_{см.} = F_{час.} \cdot T_{см.} \cdot K_{см.},$$

где $F_{час.}$ – часовая производительность дождевальной машины, га;

$T_{см.}$ – продолжительность, час.;

$K_{см}$ – коэффициент полезного использования сменного времени, 0,6-0,8.

Дождевальные машины работающие позиционно (ДДН-70; ДДН-100; ДКШ-64 «Волжанка»; ДФ-120 «Днепр»), устанавливают на норму полива по времени (продолжительности) полива (стоянки) машины на одной позиции (стоянке). При этом определяют:

- *интенсивность дождя* ($P_{ср.}$, *мм/мин*):

$$P_{ср.} = \frac{60 \cdot Q}{F_{поз.}},$$

где Q – расход дождевальной машины, л/с;

m – поливная норма, м^3/га;

$F_{поз.}$ – площадь поливаемая с одной позиции, м^2;

- *продолжительность полива на одной позиции* (t, *мин.*):

$$t = \frac{m}{10 \cdot P \cdot К_{исп.}},$$

где m – поливная норма, м^3/га;

P – интенсивность дождя, мм/мин;

$K_{исп.}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

- *число позиций на поле* ($n_{поз.}$, шт.):

$$n_{поз.} = \frac{S}{F_{поз.}},$$

где S – площадь поля брутто, га;

$F_{поз.}$ – площадь, поливаемая с одной позиции, га;

- *время полива всего поля* ($T_{час.}$, час):

$$T_{час.} = \frac{t \cdot n}{60 \cdot K_{вр.}},$$

где t – продолжительность полива на одной машине, мин.;

n – число позиций;

$K_{вр.}$ – коэффициент полезного использования рабочего времени 0,6-0,8 (остальное время идет на переезды, вынужденные остановки);

- производительность дождевальной машины за один час работы:

$$F_{час.} = \frac{3{,}6 \cdot Q \cdot K_{исп.}}{m},$$

где Q – расход дождевальной машины, л/с;

m – поливная норма, м^3/га;

$K_{исп.}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

- *производительность дождевальной машины за смену* ($F_{см.}$, *га*) определяется по формуле:

$$F_{см.} = F_{час.} \cdot T_{см.} \cdot K_{см.},$$

где $F_{час.}$ – часовая производительность дождевальной машины, га; $T_{см.}$ – продолжительность, час.;

$K_{см}$ – коэффициент полезного использования сменного времени, 0,6-0,8.

Дождевальная машина «Фрегат» представляет собой движущийся по кругу водопроводящий трубопровод, установленный на А-образных тележках.

Поливную норму (100-1200м^3/га) регулируют изменением скорости движения последней опоры дождевальной машины. При этом определяют по формулам:

- объем воды (W, м^3), подаваемый машиной «Фрегат» за один час работы:

$$W = \frac{Q \cdot 3600}{1000},$$

где Q – расход дождевальной машины, л/с;

- *объем воды, который необходимо подать на поле* данной площади при заданной поливной норме ($W_{з.н.}$, м^3):

$$W_{з.н.} = \frac{F \cdot m}{К_{исп.}},$$

где F – площадь круга, поливаемая с одной позиции, га;

m – поливная норма, м^3/га;

$K_{исп.}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

- *время, необходимое для полива площади поля* (время полного оборота), (*T, час*.):

$$T = \frac{W_{\text{з.н.}}}{W} = \frac{F \cdot m}{W \cdot \text{К}_{\text{исп.}}},$$

- *скорость движения последней опоры ДМ «Фрегат»* (*v, м/час*.):

$$v = \frac{2\pi \cdot R}{T},$$

где $2\pi \cdot R$ – длина окружности описываемой последней опорой, м;

R – радиус круга, м;

T – время полного оборота, час;

- *производительность ДМ «Фрегат» за один час работы*, ($F_{час.}$, *га*):

$$F_{\text{час.}} = \frac{3{,}6 \cdot Q \cdot \text{К}_{\text{исп.}}}{m},$$

где Q – расход дождевальной машины, л/с;

m – поливная норма, м^3/га;

$K_{\text{исп.}}$ – коэффициент, учитывающий испарение воды при поливе (0,85-0,90);

- *производительность дождевальной машины за смену* ($F_{см.}$, *га*):

$$F_{\text{см.}} = F_{\text{час.}} \cdot T_{\text{см.}} \cdot K_{\text{см.}},$$

где $F_{\text{час.}}$ – часовая производительность дождевальной машины, га;

$T_{\text{см.}}$ – продолжительность, час.;

$K_{\text{см}}$ – коэффициент полезного использования сменного времени, 0,6-0,8.

Задание 1. Для агрегата ДДА-100М рассчитать средний слой дождя за один проход машины. Необходимое число проходов агрегата при поливной норме 400 м^3/га и площадь полива за одну смену. Исходные данные: Q =100 л/сек, l =120 м, v = 0,11 м/сек, $t_{\text{см.}}$= 7 часов, $\text{К}_{\text{исп.}}$ = 0,67.

Задание 2. Для агрегата ДМ «Фрегат» рассчитать объём воды, который необходимо подать на поле данной площади при заданной норме полива; время, необходимое для полива площади поля, скорость движения последней опоры, производительность ДМ «Фрегат» за один час работы и производительность дождевальной машины за смену. Исходные данные: Q = 100 л/сек, F = 72 га, m = 500 м^3/га, $K_{\text{исп.}}$= 0,90, R = 480 м, $K_{\text{см.}}$= 0,7.

Контрольные вопросы

1. В каких природно-хозяйственных зонах эффективен полив дождеванием?
2. Перечислите достоинства и недостатки орошения дождеванием.
3. Типы дождевальных машин и агрегатов. Их техническая характеристика.
4. По какой формуле определяется суточная производительность дождевальной машин?
5. Влияние орошения на почву, растения и микроклимат.

Лабораторная работа 11.
Расчёт показателей экономической эффективности орошения

Цель занятия. Освоить методику расчёта экономической эффективности применяемого орошения.

Основные положения методики определения эффективности мелиорации. Экономическую эффективность мелиорации сельскохозяйственных земель оценивают по результатам сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях. За конечный результат принимают общие итоги сельскохозяйственного производства, если мелиорируемые площади ранее не использовались, или дополнительные по сравнению с показателями до мелиорации, если площади уже использовались в сельскохозяйственном обороте.

Экономическую эффективность в целом подразделяют на хозяйственную и экономическую. Под *хозяйственной эффективностью* принимается степень решения хозяйственных задач (рост урожайности, достижение определённых валовых сборов зерна, овощей, сена и другой продукции), под экономической эффективностью в узком смысле – соизмерение затрат эффекта в денежном выражении.

При определении экономической эффективности орошения, прежде всего, учитывают, в какой степени мелиорация помогает решению хозяйственных задач. Однако далеко не безразлично, какой ценой достигается решение той или иной задачи.

Важно при наименьших затратах добиться наибольшего эффекта. Это достигается определением в процессе планирования и проектирования общей (абсолютной) экономической эффективности и сравнительной экономической эффективности.

Общая экономическая эффективность – это отношение эффекта ко всей сумме капитальных вложений. Сравнительная экономическая эффективность показывает, насколько один вариант эффективнее другого. Применительно к мелиорации сначала устанавливают общую экономическую эффективность, а затем сравнительную эффективность отдельных технических решений мелиорации.

Определение экономической эффективности орошения. Расчеты выполняются для севооборотного участка, предусмотренного заданием. Вычисление дополнительного чистого дохода (ДЧД, тыс. руб.) производится по формуле:

$$ДЧД = ЧД_2 - ЧД_1,$$

где $ЧД_2$ – чистый доход, получаемый хозяйством после мелиорации, тыс. руб.;

$ЧД_1$ – тоже самое до мелиорации.

Чистый доход до мелиорации определяется по формуле:

$$ЧД_1 = ВП_1 - И_1,$$

где $ВП_1$ – стоимость валовой продукции, полученной с площади брутто, тыс. руб.;

$И_1$ – издержки производства, тыс. руб.

Издержки производства определяется по формуле:

$$И = З_{сх} + З_м,$$

где $З_{сх}$ – затраты на сельскохозяйственное производство, тыс. руб.;

$З_м$ – мелиоративные затраты, тыс. руб.

В состав валовой продукции следует включить основную продукцию: зерно, клубни картофеля и т.д. и сопряженную (солому, ботву и т.д.). Зеленые корма и сопряженная продукция определяется по местным ценам (стоимость 1 ц овса – кормовой единицы).

Размер издержек производства определяется только затратами на сельскохозяйственное производство.

Мелиоративные затраты складываются из затрат на содержание оросительной системы и амортизационных отчислений по ней. Сельскохозяйственные затраты на производство сельскохозяйственной продукции вычисляют согласно технологической карте.

В данной работе расчетные нормативы по основным сельскохозяйственным культурам и мелиоративные затраты выдаются преподавателем.

Если до орошения на участке выращивались другие сельскохозяйственные культуры, то вычисляются соответственно и стоимость валовой продукции, и сельскохозяйственные издержки на её производство, и дополнительный чистый доход от выращиваемых культур до орошения. В этом случае составляют две таблицы расчета экономической эффективности. Сельскохозяйственные затраты по технологическим картам на возделывание и уборку сельскохозяйственных культур в условиях богарного земледелия.

Капитальные затраты определяются сметами на строительство оросительных систем и их освоение. При выполнении данного упражнения эти затраты выдаются преподавателем.

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле:

$$О = К : ДЧД,$$

где О – срок окупаемости, лет;

К – размер совокупных капитальных вложений в рублях.

Сроки окупаемости в зависимости от состава культур ориентировочно могут быть в пределах 5-10 лет.

Задание. Рассчитать дополнительный чистый доход, получаемый от орошения сельскохозяйственных культур, и рентабельность, себестоимость продукции, срок окупаемости и фактический коэффициент капитальных вложений на строительство, и освоение оросительных систем.

Расчеты выполняются для севооборотного участка, предусмотренного заданием, выдаваемым преподавателем.

Расчёты сводятся в таблицу 2.

Таблица 2

Расчет экономической эффективности орошения сельскохозяйственных культур

№	Показатели	Пшеница		Пшеница+ люцерна		Люцерна	
		до мел	после нее	до мел	после нее	до мел	после нее
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Площадь, га						
2	Урожай, т/га						
3	Валовая продукция, т корм. ед. всего т корм. ед.						

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Закупочная цена, тыс. руб./т						
5	Стоимость валовой продукции, тыс. руб.						
6	Ежегодные затраты на 1 га, тыс. руб.: а) мелиоративные б) сельскохозяйственные						
7	Суммарные общие затраты, тыс., руб.						
8	Себестоимость, руб./т						
9	Чистый доход, тыс. руб.						
10	Дополнительный чистый доход, тыс. руб.						
11	Суммарный дополнительный чистый доход, тыс. руб						
12	объем капитальных вложений, тыс. руб.						
13	Окупаемость, лет						

Контрольные вопросы

1. Зачем необходимо проводить экономическую оценку орошения?
2. Что такое хозяйственная и экономическая эффективность?
3. Как вы понимаете сущность общей и сравнительной экономической эффективности мелиорации?
4. Какие показатели необходимо знать для расчёта экономической эффективности орошения.
5. Как рассчитать чистый и дополнительный чистый доход?

Лабораторная работа 12. Расчет доз внесения извести и гипса. Расчет промывных норм

Цель занятия. Научиться рассчитывать дозы внесения извести гипса и определять величину промывочных поливов.

Для коренного улучшения кислых и солонцовых почв необходимо проводить химическую мелиорацию в сочетании с другими агротехническими приемами.

Расчёт дозы извести. Нуждаемость почвы в известковании определяют, учитывая следующие показатели: pH солевой вытяжки, степень насыщенности основаниями, гранулометрический состав, чувствительность растений к кислотности.

Потребность почв в известковании можно установить по pH солевой вытяжки (*KCl*), руководствуясь следующими данными:

- почва сильно нуждается в известковании, pH < 4,5;
- почва средне нуждается в известковании, pH < 4,5-5,0;
- почва слабо нуждается в известковании, pH < 5,1-5,5;
- почва не нуждается в известковании, pH > 5,5.

Для суждения о необходимости известкования минеральных и торфяных почв с учетом их pH, степени насыщенности основаниями и гранулометрического состава можно руководствоваться следующими нормативами (табл. 3)

С учетом вышесказанного формула для расчета дозы извести будет иметь следующий вид:

$$Д = \frac{H_г \cdot d_v \cdot h \cdot 50}{(100 - W) \cdot DB},$$

где *Д* – доза извести, кг/га;

$H_г$ – величина гидролитической кислотности, мг-экв / 100 г почвы;

d_v – плотность почвы, г/см^3;

H – глубина мелиорируемого слоя, см;

W – влажность почвы, %;

DB – содержание действующего вещества в мелиоранте, %;

50 – коэффициент учитывающий перевод 100 г в кг и нейтрализацию поглощенного водорода известью.

Таблица 3

Нуждаемость почвы в известковании в зависимости от ее свойств (М.Ф. Корнилов)

Почвы по гранулометрическому составу	Нуждаемость в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	pH	V,%	pH	V,%	pH	V,%	pH	V,%
Тяжело- и среднесуглинистые	< 4,5	50	4,5-5,0	50-60	5,0-5,5	65-75	> 5,5	>75
Легкосуглинистые	< 4,5	40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	> 5,5	>70
Супесчаные и песчаные	< 4,5	35	4,5-5,0	35-40	5,0-5,5	50-60	> 5,5	>60

Задание. Дозу извести, если мощность пахотного слоя составила 20 см, его плотность – 1,35 г/см^3, гидрологическая кислотность – 4 мг-экв /100 г почвы. На нейтрализацию 1 кг водорода требуется 50 кг извести.

Степень солонцеватости почв устанавливается по формуле:

$$\text{А} = \frac{N_a \cdot 100}{\text{ЕКО}},$$

где А – степень солонцеватости, % от емкости обмена;

N_a – содержание обменного натрия, мг-экв на 100 г почвы;

ЕКО – емкость катионного обмена; слабосолонцеватые – 3-5%; среднесолонцеватые – 5-10%; сильносолонцеватые 10-15 % и солонцы по содержанию обменного натрия в горизонте В1: малонатриевые – 10-20%; средненатриевые – 20-40%; многонатриевые – >40 %.

Для улучшения свойств солонцов и солонцеватых почв в качестве химического мелиоранта чаще используется гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Дозу гипса находят по формуле:

$$\text{Д} = \frac{0{,}086 \cdot (N_a - 0{,}05\text{ЕКО}) \cdot h \cdot d_v \cdot 100}{DB},$$

где *Д* – доза гипса, т/га; 0,086- значение мг-экв. гипса, N_a- содержание обменного натрия, мг-экв. на 100 г почвы;

ЕКО - емкость катионного обмена, мг-экв. на 100 г почвы;

0,05 – количество обменного натрия (в % от емкости обмена) не оказывающее отрицательного влияния на свойства почвы и оставляемое в ППК;

d_v – плотность почвы, г/см^3; *h*- мощность пахотного слоя, см;

DB – содержание $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ в мелиоранте, %.

Задание. Определить степень солоцеватости каштановой почвы и нуждаемость в химической мелиорации, если содержание обменного натрия в пахотном слое мощностью h=25 см и плотностью d_v = 1,39 г/см^3 оставило мг-экв на 100 г почвы, емкость обмена ЕКО = 20 мг на 100 г почвы. 2. Рассчитать дозу внесения гипса для этой почвы, если содержание гипса в мелиоранте 75 %.

Промывной режим засоленных почв. *Капитальные промывки* проводятся, когда засоление верхнего 1,5-2 – метрового слоя почвогрунтов превышает допустимые пределы, то есть при средней и сильной степени засоления. Промывки являются завершающим этапом строительства оросительной, коллекторно-дренажной и водосборно-сбросной сетей.

Цель промывок – уменьшение содержания солей в расчетном слое почвогрунтов до уровня, обеспечивающего нормальное развитие сельскохозяйственных культур и последующего поддержания нормального солевого режима.

Определение промывной нормы. Величина промывной нормы при капитальных промывках устанавливается в зависимости от типа и степени засоления, водно-физических свойств почвенно-грунтов, параметров переноса солей, параметров дренажа, продолжительности промывок.

Количество воды, которое требуется для промывки солей, называется **промывной нормой**. Для ее расчета широко применяется формула, предложенная В.Р. Волобуевым:

$$\text{М}_{\text{пр.}} = 10000 \cdot d \cdot \lg\left(\frac{S_h}{S_o}\right),$$

где $M_{\text{пр.}}$ – промывная норма, м^3/га;

S_h – содержание солей в слое почвогрунта нуждающемся в промывке, в % от массы почвы;

S_o – допустимое содержание солей в этом слое, в % от массы почвы;

d – показатель солеотдачи, устанавливаемый по данным опытно-производственных промывок.

Промывка считается завершенной, если допустимое содержание солей So) в почвогрунтовой толще не превышает следующие величины в зависимости от типа засоления почв (% от массы): хлоридное – 0,2, сульфатно-хлоридное 0,3, хлоридно-сульфатное и сульфатное – 0,4.

Средневзвешенное содержание солей в любом заданном слое рассчитывается следующим образом: содержание сухого остатка умножается на мощность соответствующего горизонта, затем все полученные результаты суммируются и полученная сумма делится на мощность всей толщи.

Задание. Рассчитать промывные нормы для почвы глинистого гранулометрического состава при хлоридном и сульфатном типах засоления. Допустимое содержание солей после промывки должна быть на уровне 0,15%. Значение показателя солеотдачи при хлоридном засолении равно 1,80, при сульфатном – 2,40. Средневзвешенная величина сухого остатка солей в заданном слое почвы составляет 1,05%.

Контрольные вопросы

1. Какие показатели почвы учитывают при установлении необходимости известкования её?
2. По какой формуле рассчитывают потребность почвы в извести?
3. Что понимают под засоленными почвами?
4. По какой формуле дозу извести, необходимую для гипсования почвы?
5. Что понимают под промывной нормой и от чего зависит ее величина?
6. Какие водно-физические показатели необходимы для установления и расчета промывной нормы?

РАЗДЕЛ III. ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Лабораторная работа 13.
Охрана и рациональное использование земель

Цель занятия. Ознакомиться с нормативными документами по охране земель и изучить комплекс мероприятий по защите почв от деградации и рациональному их использованию.

Охрана земель включает систему правовых, организационных, экономических, экологических и других мероприятий, направленных на предотвращение деградации, загрязнения, захламления, нарушения земель, других негативных (вредных) воздействий хозяйственной деятельности; обеспечение улучшения и восстановления земель, подвергшихся деградации, загрязнению, захламлению, нарушению, и другим негативным воздействиям хозяйственной деятельности.

Цель охраны – предотвращение деградации, загрязнения, захламления, нарушения земель и других негативных (вредных) воздействий хозяйственной деятельности, а в случае, если такое воздействие на земли произошло, – обеспечение их улучшения и восстановления, эти цели закреплены в ст. 12 ЗК.

Под **загрязнением земель** понимается изменение их химического состава в результате антропогенной деятельности, способное вызвать ухудшение качества земель. *Захламление* – накопление (складирование) на земельных участках коммунально-бытовых отходов, отходов производственной деятельности предприятий и транспорта, строительных материалов, оборудования и т. п. в непредусмотренных для этих целей местах.

Обязанности по использованию земельных участков. В соответствии со ст. 42 ЗК РФ собственники земельных участков и лица, не являющиеся собственниками земельных участков обязаны: использовать земельные участки в соответствии с их целевым назначением и принадлежностью к той или иной категории земель, разрешенными способами, которые не должны наносить вред окружающей среде, в том числе земле как природному объекту; осуществлять мероприятия по охране земель, соблюдать порядок пользования лесами, водными и другими природными объектами; соблюдать при использовании земельных участков требования градостроительных регламентов, строительных, экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и иных правил и нормативов; не допускать загрязнение, захламление, деградацию и ухудшение плодородия на землях соответствующих категорий.

Статьей 13 ЗК РФ установлен перечень мероприятий, которые обязаны проводить собственники земельных участков, землепользователи и арендаторы земельных участков в целях охраны земель.

Обязанности по использованию земель сельскохозяйственного назначения. Федеральным законом «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» дополнительно установлены следующие обязанности лиц, использующих участки земель сельскохозяйственного назначения: осуществлять производство сельскохозяйственной продукции способами, обеспечивающими воспроизводство плодородия земель сельскохозяйственного назначения, а также исключающими или ограничивающими неблагоприятное

воздействие такой деятельности на окружающую природную среду; соблюдать стандарты, нормы, нормативы, правила и регламенты проведения агротехнических, агрохимических, мелиоративных, фитосанитарных и противоэрозионных мероприятий; предоставлять в установленном порядке в соответствующие органы исполнительной власти сведения об использовании агрохимикатов и пестицидов; содействовать проведению почвенного, агрохимического, фитосанитарного и эколого-токсилогического обследований земель сельскохозяйственного назначения; информировать соответствующие органы исполнительной власти о фактах деградации земель сельскохозяйственного назначения и загрязнения почв на земельных участках, находящихся в их владении или пользовании.

Стимулирование охраны земель. В целях повышения заинтересованности собственников земельных участков, землевладельцев и арендаторов земельных участков в сохранении и восстановлении плодородия почв, защите земель от негативных последствий хозяйственной деятельности осуществляется экономическое стимулирование охраны земель.

Меры по предотвращению деградации земель:

1. Охрана земель включает систему организационных, экономических, правовых, инженерных и других мероприятий, направленных на защиту их от расхищения, необоснованных изъятий из сельскохозяйственного оборота, нерационального использования, вредных антропогенных и природных воздействий, в целях повышения эффективности природопользования и создания благоприятной экологической ситуации;
2. Защита почв от эрозии;
3. Организационно-хозяйственные мероприятия (установление правильного сочетания и взаимоувязанного размещения на местности организации территории (границ полей, дорог) и остальных трех групп почвозащитных мероприятий с учетом природно-экономических условий хозяйства) занимают особое место среди других групп противоэрозионных мероприятий;
4. Агротехнические противоэрозионные мероприятия;
5. Лесомелиоративные мероприятия;
6. Методы по борьбе с засолением почв;
7. Методы по борьбе с заболачиванием почв;
8. Методами борьбы с загрязнением почв;
9. Методами по борьбе с опустыниванием земель.

Организационно-правовые средства охраны земель. В целях охраны земель используются все предусмотренные экологическим и земельным законодательством средства и методы.

Для оценки состояния почвы устанавливают нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ, вредных микроорганизмов и других загрязняющих почву биологических веществ. В целях проведения проверки соответствия почвы экологическим нормативам проводят почвенные, геоботанические, агрохимические и иные обследования.

В целях своевременного и полного проведения всех этих мероприятий применяются следующие средства: *учёт земель, земельный контроль, адаптивное землеустройство и современные системы земледелия.*

Отличительная особенность современных систем земледелия – это агроландшафтный подход к разработке и совершенствованию почвозащитных мероприятий.

Адаптивно-ландшафтная система земледелия – это система использования земли, направленная на производство продукции с учетом экономических и материальных ресурсов и обеспечивающая устойчивость агрогеосистемы и воспроизводства повышенного плодородия.

Задание. Описать обязанности по использованию земельных участков и использованию земель сельскохозяйственного назначения; меры по предотвращению деградации земель; организационно-правовые средства охраны земель.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под охраной земель?
2. Какие агротехнические мероприятия применяются для предотвращения деградации почв?
3. Какие методы борьбы с засолением и заболачиванием почв используют для предотвращения деградации почв?
4. Раскройте понятие «адаптивно-ландшафтная система земледелия».
5. Какие обязанности по охране земель накладываются на их владельцев и арендаторов?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Глубина расчетного (корнеактивного) слоя почвы
и его предполивная влажность при вегетационных поливах дождеванием

Культура	Тяжелые почвы		Средние почвы	
	глубина корнеактивного слоя, м	предполивная влажность, % от НВ	глубина корнеактивного слоя, м	предполивная влажность, % от НВ
Зерновые	0,6	70-75	0,7	60-65
Зернобобовые	0,5	70-75	0,6	60-65
Кукуруза	0,7	75-80	0,8	70-75
Люцерна	0,8	70-75	0,9	60-65
Корнеплоды	0,6	70-75	0,7	65-70
Картофель	0,5	70-75	0,6	60-65
Овощи	0,4	75-80	0,5	70-75

Приложение 2

Плотность и наименьшая влагоемкость различных типов почв

Тип почв	Глубина слоя, м	Плотность почвы, т/м^3	Наименьшая влагоемкость, %
1	2	3	4
Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый	0,3	1,18	34,1
	0,5	1,2	32,2
	0,7	1,32	30,0
	1,0	1,40	27,0
	1,5	1,46	25,4
Чернозем обыкновенный среднесуглинистый	0,3	1,05	28,0
	0,5	1,10	26,5
	0,7	1,15	25,1
	1,0	1,20	24,3
	1,5	1,25	23,9
Чернозем типичный тяжелосуглинистый	0,3	1,15	33,0
	0,5	1,25	30,0
	0,7	1,30	27,5
	1,0	1,35	26,0
	1,5	1,40	25,0
Чернозем южный тяжелосуглинистый	0,3	1,20	31,3
	0,5	1,33	27,9
	0,7	1,40	27,4
	1,0	1,46	26,2
	1,5	1,49	24,0

Окончание прил. 2

1	2	3	4
Чернозем южный маломощный среднесуглинистый	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,22 1,30 1,34 1,38 1,42	28,0 24,8 24,0 22,2 20,1
Чернозем тучный глинистый	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,18 1,27 1,30 1,35 1,40	33,2 32,0 30,5 29,0 28,6
Чернозем долинный тяжелосуглинистый	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,15 1,24 1,30 1,40 1,50	32,0 30,6 28,0 26,0 23,6
Темно-каштановая среднесуглинистая почва	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,25 1,37 1,40 1,43 1,45	28,4 24,7 23,5 22,5 22,1
Темно-каштановая тяжелосуглинистая почва	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,22 1,37 1,40 1,48 1,50	30,6 28,2 25,5 24,8 24,5
Темно-каштановая глинистая почва	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,27 1,34 1,40 1,45 1,49	30,1 27,5 25,2 24,8 24,3
Каштановая тяжелосуглинистая почва	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5	1,19 1,29 1,36 1,46 1,48	30,5 28,3 26,4 25,1 24,5

Приложение 3

Среднемесячные и годовые суммы осадков
и испарение с поверхности почвы

Район	Месяцы года												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Испарение, мм													
Сызрань									20	10			
Ставрополь									23	12			
Похвистнево									23	10			
Кинель									23	10			
Безенчук									20	10			
Алексеевка									20	10			
Осадки, мм													
Сызрань	16	14	20	20	27	34	43	34	32	36	28	23	327
Ставрополь	18	16	20	23	36	39	45	41	36	39	30	20	363
Похвистнево	24	18	24	27	33	39	47	44	44	41	38	31	410
Кинель	21	16	27	27	38	47	50	42	42	50	34	26	420
Безенчук	24	18	24	33	39	42	48	42	42	54	37	29	432
Алексеевка	25	21	22	27	37	40	45	45	34	37	34	29	396

Приложение 4

Ориентировочная величина использования растениями грунтовых вод
в зависимости глубины их залегания

Глубина залегания грунтовых вод, м	Количество используемых грунтовых вод, $м^3/га$	
	пресных	слабозасоленных
1,0	3500	1300
1,5	2000	800
2,0	1000	400
2,5	500	200
3,0	0	0

Приложение 5

Биоклиматические коэффициенты водопотребления с.-х. культур для степных районов Самарской области (данные для среднезасушливого года)

Культура	Суммарное водопотребление, $м^3$/га	Май	Июнь	Июль	Август	Среднее за вегетацию
Биоклиматический коэффициент, или расход воды на 1 °С, $м^3$/га						
Яровая пшеница	4756	2,03	3,38	3,28	1,95	2,50
Озимая пшеница	5361	2,70	3,33	1,94	-	2,56
Кукуруза н/с	4216	1,08	1,15	2,67	2,73	2,13
Люцерна	7244	2,85	3,06	3,06	3,00	2,97
Подсолнечник	4253	0,73	1,18	2,43	1,96	1,91
Картофель	4147	0,73	1,05	2,52	2,07	1,76
Биоклиматический коэффициент, или расход воды на 1 мб, $м^3$/га						
Яровая пшеница	4756	3,07	5,76	5,75	3,37	4,17
Озимая пшеница	5361	4,50	6,12	3,53	-	4,44
Кукуруза н/с	4216	1,92	2,10	4,77	4,67	3,73
Люцерна	7244	4,53	5,44	5,44	4,74	4,87
Подсолнечник	4253	1,16	3,40	4,58	3,21	3,29
Картофель	4147	1,09	1,60	3,81	2,19	2,33

Приложение 6

Агроклиматические показатели Кинельского района Самарской области

Месяц	Декада	Показатель			
		средний дефицит влажности воздуха, мб	средняя относительная влажность воздуха, %	средняя температура воздуха, °С	среднее количество осадков, мм
Апрель	1	1,5	65	0,6	9
	2	3,6	58	4,7	9
	3	5,6	52	8,6	9
Май	1	7,3	43	12,0	10
	2	8,8	42	14,1	11
	3	10,1	41	15,9	12
Июнь	1	11,3	42	17,7	13
	2	11,6	42	18,7	13
	3	11,7	43	19,7	13
Июль	1	11,0	45	20,4	15
	2	10,6	46	20,8	16
	3	10,5	47	20,9	16
Август	1	10,4	47	20,1	15
	2	10,1	46	19,1	15
	3	9,6	46	17,7	14

Приложение 7

Технические характеристики дождевальных машин

Показатели	дождевальные машины						
	короткоструйные		среднеструйные			дальнеструйные	
	ДДА-100 М	ДДА-100 МА	«Кубань»	«Днепр» ДФ-120	«Волжанка» ДКШ-64	ДДН-70	ДДН-100
Расход воды, л/с	100	130	180	120	64	65	100
Рабочий напор воды, м	25	37	37	43	40	60	85
Способ забора воды	из открытой сети			из закрытой напорной сети		из открытой и закрытой сети	
Скорость движения (раб.)	500	300-700	12-114	-	-	-	-
Способ производства полива	полив в движении			позиционный			
Площадь полива с одной позиции, $м^2$	2400	2400	-	25 000	1 4400	11 000	18 000
Расстояние между позициями, м	-	-	-	54	18	-	-
Расстояние между оросителями, м	120	120	800	-	-	100	120
Площадь, обслуживаемая одной машиной за сезон, га	50-80	60-100	-	80-100	40-60	40-60	50-70
Коэффициент полезного использования времени	0,7-0,8	0,7-0,8	0,9	0,7-0,8	0,7-0,9	0,7-0,8	0,7-0,8
Средняя интенсивность дождя, мм/мин.	2,5	2,5-3,0	1,2	0,3	0,25	0,4	0,4
Слой дождя за один проход, мм	6,0	4,0-17,0	-	-	-	-	-

Приложение 8

Техническая характеристика
модификаций дождевальной машины «Фрегат»

Показатели	Марка машины				
	ДМ-454-100	ДМ-424-90	ДМ-394-80	ДМ-365-68	ДМ-335-58
Количество опор, шт.	16	15	14	13	12
Конструктивная длина машины, м	454	424	394	365	335
Максимальный радиус полива, м	480	450	420	390	360
Максимальная площадь полива на 1 позиции, га	72	64	55	48	40,5
Количество дождевальных аппаратов, шт.	50	47	44	41	38
Расход воды, л/с	100	90	80	68	58
Рабочий напор, м	65	63	58	53	50
Средняя интенсивность дождя, мм/мин.	0,31	0,30	0,29	0,28	0,26
Минимальное время полного оборота машины, час.	51	48	44	41	37
Минимальная поливная норма, м3/га	240	240	230	210	190
Масса машины без воды, т	15	14	13	12	11,5
Масса машины с водой, т	27	25	24,5	24	23
Коэффициент использования времени	0,80	0,85	0,90	0,95	0,95

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Самохвалов, В. А. Оросительные мелиорации : учебное пособие / В.А. Самохвалов; под ред. Г.И. Рабочева. – Самара : РИЦ СГСХА, 2008. – 350 с.

2. Мелиорация земель : учебник / Ассоциация Агрообразование; ред. А. И. Голованов. – М. : КолосС, 2011. – 824 с. – Режим доступа: bookre.org›Reader›?file=1503228

3. Рекультивация нарушенных земель : учебное пособие / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, В. И. Сметанин. – М. : КолосС, 2009. – 325 с.

4. Сметанин, В. И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель. – М. : Колос, 2000. – 96 с. – Режим доступа: http://nashaucheba.ru/v59676/сметанин_в.и.

5. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв : учебник. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – 448 с. – Режим доступа: http:// cawater-info.net/bk/3-1-3-1.htm

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Раздел I. Рекультивация земель 4

Лабораторная работа 1. Рекультивация загрязненных земель 4

Лабораторная работа 2. Общие сведения о противоэрозионных мероприятиях, проводимых при рекультивации земель 6

Лабораторная работа 3. Сельскохозяйственная и лесохозяйственная рекультивация нарушенных земель 10

Лабораторная работа 4. Восстановление нарушенных агрогеосистем 13

Лабораторная работа 5. Рекультивация и обустройство нарушенных земель свалками и полигонами 17

Лабораторная работа 6. Эффективность рекультивации земель 22

Раздел II. Мелиорация земель 25

Лабораторная работа 7. Определение влажности почвы, расчет запасов влаги в ней и определение величины поливных норм 25

Лабораторная работа 8. Расчет величины осенних влагозарядковых, оросительных норм. Определение водопотребления культур 27

Лабораторная работа 9. Построение и укомплектование графиков поливов 32

Лабораторная работа 10. Расчет техники полива дождеванием 39

Лабораторная работа 11. Расчёт показателей экономической эффективности орошения 44

Лабораторная работа 12. Расчет доз внесения извести и гипса. Расчет промывных норм 47

Раздел III. Охрана земель 51

Лабораторная работа 13. Охрана и рациональное использование земель 51

Приложения 55

Рекомендуемая литература 61

Учебное издание

Кутилкин Василий Григорьевич

Рекультивация, мелиорация и охрана земель

Методические указания для лабораторных работ

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 17.07.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,60; печ. л. 3,94.
Тираж 50. Заказ № 255.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

С. Н. Зудилин, Л. Н. Жичкина,
О. П. Кожевникова, Е В. Перцева

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА

Методические указания

Кинель
РИО Самарского ГАУ
2020

УДК 632 (07)
ББК 40 р
392

Зудилин, С. Н.

392 Производственная практика : методические указания / С. Н. Зудилин, Л. Н. Жичкина, О. П. Кожевникова, Е. В. Перцева. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 51 с.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль: Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов, Адаптивное растениеводство, Интегрированная защита растений от вредителей и болезней, могут быть использованы преподавателями и специалистами занятыми организацией и проведением производственной практики.

Учебное издание содержит элементы и особенности организации производственной практики, указаны типы производственной практики, объем и виды учебной нагрузки по практической профессиональной подготовке магистрантов, рекомендации по выполнению и оформлению отчетов.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2020
© Зудилин С. Н., Жичкина Л. Н.,
Кожевникова О. П., Перцева Е. В., 2020

Предисловие

Методические указания разработаны в соответствии с действующим учебным планом и требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия.

Обучение студентов по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия в соответствии с п. 2.2 Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 35.04.04 Агрономия (утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 26 июля 2017 г. № 708) включает следующие типы производственной практики:

- технологическая практика;
- научно-исследовательская работа.

В дополнение к рекомендуемым типам производственной практики установлен дополнительный тип производственной практики – преддипломная практика.

Планирование и организация производственной практики на всех ее этапах обеспечивает: последовательное решение круга формируемых у обучающихся умений, навыков, практического опыта и их усложнение по мере перехода от одного этапа практики к другому; целостность подготовки обучающихся к выполнению профессиональных задач; связь практики с теоретическим обучением.

Учебное издание является методическим обеспечением производственной практики магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль: Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов, Адаптивное растениеводство, Интегрированная защита растений от вредителей и болезней.

В методических указаниях отражены основные этапы прохождения производственной практики, сформулированы цели и задачи, объем и виды учебной нагрузки, общие требования к организации и проведению производственной практики.

Представленный в данном издании материал структурирован по разделам, что позволяет обучающемуся в процессе выполнения отдельных видов работы обращаться к соответствующему разделу методических указаний.

1. Организация производственной практики

Производственная практика обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования является обязательной частью основной образовательной программы высшего образования. Она подготавливает магистрантов к профессиональной деятельности, формирует навыки самостоятельной научно-исследовательской и практической работы.

Организация проведения производственной практики, предусмотренной основной профессиональной образовательной программой высшего образования (ОПОП ВО) осуществляется университетом на основе договоров с организациями, деятельность которых соответствует профессиональным компетенциям, осваиваемым в рамках ОПОП ВО. Производственная практика может быть непосредственно проведена в университете.

Организация проведения производственной практики осуществляется университетом в объеме, предусмотренном учебным планом и программами практик.

Обучающиеся, заключившие контракт с будущими работодателями, технологическую и преддипломную практики, как правило, проходят на соответствующих предприятиях, в учреждениях и организациях.

Обучающиеся заочной формы обучения, работающие по избранному в университете направлению, все виды практик, кроме преддипломной, организуют самостоятельно, в объеме, предусмотренном учебным планом и программами практик. Для остальных категорий обучающихся (не работающих или работающих не по профилю подготовки) прохождение практики является обязательным на местах определяемых выпускающей кафедрой и по утвержденной в университете программе.

Для всех категорий обучающихся прохождение производственной практики является обязательным. По результатам освоения программы практики обучающиеся предоставляют письменный отчет с последующей его защитой.

Сроки проведения производственной практики устанавливаются в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса на соответствующий учебный год.

Для руководства практикой, проводимой в университете, назначаются руководитель (руководители) практики из числа лиц,

относящихся к профессорско-преподавательскому составу университета (далее – руководитель практики от организации).

Для руководства практикой, проводимой в профильной организации, назначаются руководитель (руководители) практики из числа лиц, относящихся к профессорско-преподавательскому составу университета (далее – руководитель практики от организации) и руководитель (руководители) практики из числа работников профильной организации (далее – руководитель практики от профильной организации).

Проведение и сопровождение производственной практики регламентировано руководящими документами: ФГОС ВО по направлению 35.04.04 Агрономия и «Положение о практике обучающихся Академии» (СМК 04-88-2016).

Учебно-методическим обеспечением самостоятельной работы обучающихся являются:

1. Учебная литература по освоенным ранее профильным дисциплинам;

2. Методические разработки для обучающихся, определяющие порядок прохождения и содержание производственной практики (технологическая практика).

Реализация ОПОП в части проведения практики обеспечивается доступом каждого обучающегося к базам данных и библиотечным фондам, сформированного по полному перечню основной профессиональной образовательной программы. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к сети Интернет.

Самостоятельная работа обучающихся во время прохождения практики включает работу с научной, учебной и методической литературой, с конспектами лекций, работой в ЭБС, а также анализ и обработку информации, полученной ими при прохождении производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности в предприятии (организации).

Для самостоятельной работы представляется компьютер с доступом в Интернет, к электронной библиотекой вуза и к информационно-справочным системам (Гарант, Консультант Плюс).

В процессе прохождения производственной практики должны применяться образовательные, научно-исследовательские и научно-производственные технологии.

Образовательные технологии при прохождении практики могут включать в себя: инструктаж по технике безопасности; экскурсия по организации; первичный инструктаж на рабочем месте; наглядно-информационные технологии (материалы выставок, стенды, плакаты, альбомы и др.); использование библиотечного фонда; организационно-информационные технологии (присутствие на собраниях, совещаниях, «планерках», нарядах и т.п.); вербально-коммуникационные технологии (интервью, беседы с руководителями, специалистами, работниками массовых профессий предприятия (учреждения, жителями населенных пунктов); наставничество (работа в период практики в качестве ученика опытного специалиста); информационно-консультационные технологии (консультации ведущих специалистов); информационно-коммуникационные технологии (информация из Интернет, e-mail и т.п.); информационные материалы радио и телевидения; аудио- и видеоматериалы; работу в библиотеке (уточнение содержания учебных и научных проблем, профессиональных и научных терминов, экономических и статистических показателей); изучение содержания государственных стандартов по оформлению отчетов о научно-исследовательской работе и т.п.

Научно-производственные технологии при прохождении практики могут включать в себя: инновационные технологии, используемые в организации, изучаемые и анализируемые студентами в ходе практики; эффективные традиционные технологии, используемые в организации, изучаемые и анализируемые студентами в ходе практики; консультации ведущих специалистов по использованию научно-технических достижений.

Научно-исследовательские технологии при прохождении практики могут включать в себя: определение проблемы, объекта и предмета исследования, постановку исследовательской задачи; разработку инструментария исследования; наблюдения, измерения, фиксация результатов; сбор, обработка, анализ и предварительную систематизацию фактического и литературного материала; использование информационно-аналитических компьютерных программ и технологий; прогноз развития ситуации (функционирования объекта исследования); использование информационно-аналитических и проектных компьютерных программ и технологий; систематизация фактического и литературного материала; обобщение полученных результатов; формулирование выводов

и предложений по общей части программы практики; экспертизу результатов практики (предоставление материалов дневника и отчета о практике; оформление отчета о практике).

Руководитель производственной практики от организации:

- составляет рабочий график (план) проведения практики;
- разрабатывает индивидуальные задания, для обучающихся, выполняемые в период практики;
- участвует в распределении обучающихся по рабочим местам и видам работ в организации;
- осуществляет контроль за соблюдением сроков проведения практики и соответствием ее содержания требованиям, установленным ОПОП ВО;
- оказывает методическую помощь обучающимся при выполнении ими индивидуальных заданий, а также при сборе материалов к выпускной квалификационной работе в ходе преддипломной практики;
- оценивает результаты прохождения практики обучающимися.

Руководитель производственной практики от профильной организации:

- согласовывает индивидуальные задания, содержание и планируемые результаты практики;
- предоставляет рабочие места обучающимся;
- обеспечивает безопасные условия прохождения практики обучающимися, отвечающие санитарным правилам и требованиям охраны труда;
- проводит инструктаж обучающихся по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка.

При проведении производственной практики в профильной организации руководителем практики от организации и руководителем практики от профильной организации составляется совместный рабочий график (план) проведения практики.

При наличии на предприятии (в учреждении, организации) вакантных должностей обучающиеся могут зачисляться на них, если работа соответствует требованиям программы практики. На весь период прохождения практики на обучающихся распространяются правила охраны труда, а также внутренний трудовой распорядок, действующий на предприятии (в учреждении, организации). Допускается заключение с обучающимися, проходящими

практику, гражданско-правового договора (договора подряда или оказания услуг) без его зачисления в штат предприятия (учреждения, организации).

Направление на производственную практику оформляется распорядительным актом руководителя организации или иного уполномоченного им должностного лица с указанием закрепления каждого обучающегося за организацией или профильной организацией, а также с указанием вида и срока прохождение практики.

Обучающиеся в период прохождения производственной практики:

- выполняют индивидуальные задания, предусмотренные программами практики;
- соблюдают правила внутреннего трудового распорядка;
- соблюдают требования охраны труда и пожарной безопасности.

Во время прохождения производственной практики для сбора и систематизации информации обучающийся пользуется методическими рекомендациями, разработанными в университете.

2. Типы производственной практики

2.1. Технологическая практика

Целью производственной практики (технологическая практика) является формирование у обучающихся системы компетенций, направленных на закрепление теоретических знаний, овладение умениями и навыками реализации комплексных задач по организации и производству высококачественной продукции растениеводства в современном земледелии и приобретение опыта самостоятельной профессиональной деятельности при проведении агрономических исследований.

Задачами производственной практики (технологическая практика) являются:

- закрепление и углубление теоретических знаний, полученных обучающимися в процессе обучения;
- разработка и реализация проектов экологически безопасных приемов и технологий производства высококачественной продукции растениеводства с учетом свойств агроландшафтов и экономической эффективности;

- проведение основной и предпосевной обработки почвы;

- организация проведения обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур;

- проведение технологических приемов по уходу за посевами и посадками сельскохозяйственных культур;

- организация и проведение фитосанитарного мониторинга агроценозов сельскохозяйственных культур;

- планирование и проведение защитных мероприятий от вредных организмов (сорняки, вредители и болезни);

- организация и проведение уборки сельскохозяйственных культур;

- первичная переработка продукции растениеводства и закладка ее на хранение;

- овладение методами лабораторных анализов (химических, биологических, физических) объектов изучения (растений, почв, продукции и др.) в области земледелия и растениеводства;

- изучение особенностей работы научных (агрохимических, биологических, проблемных и др.) лабораторий;

- развитие умений и навыков организации и проведения научного исследования, библиографической работы, подготовки научных выступлений и публикаций;

- накопление фактического и эмпирического материала для написания выпускной квалификационной работы.

Производственная практика (технологическая практика) проводится в соответствии с учебным планом и графиком учебного процесса на учебный год по направлению 35.04.04 Агрономия, профиль: Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов, Адаптивное растениеводство, Интегрированная защита растений от вредителей и болезней.

Общая трудоемкость производственной практики (технологическая практика) составляет 18 зачетных единиц (648 часов). Проводится в конце 2 семестра 1 курса в течение 12 недель (очная форма обучения) в конце 2 семестра в течение 6 недель и в конце 4 семестра в течение 6 недель (заочная форма обучения).

Производственная практика (технологическая практика) является своеобразным продолжением производственной практики (научно-исследовательская работа).

Необходимыми условиями для прохождения производственной практики (технологическая практика) являются входные знания, умения, навыки и компетенции обучающегося:

Знания:

- основных методов агрономических исследований; закладки и проведения полевого опыта;
- правил составления программы наблюдений и учетов, порядка ведения документации и отчетности;
- научных основ севооборотов, защиты растений от сорняков, обработки почвы, защиты почв от эрозии и дефляции, основ систем земледелия;
- оценки качества урожая;
- биологических особенностей и ресурсосберегающих технологий возделывания полевых культур в различных агроландшафтных и экологических условиях;

Умения:

- составить и обосновать программу и методику проведения полевых и лабораторных опытов, наблюдений и анализов;
- заложить и провести вегетационный и полевой опыты;
- вычислять и использовать для анализа статистические показатели с целью выбора лучших вариантов опыта;
- определить количественную зависимость между изучаемыми признаками и составлять прогноз на использование агроприемов;
- составлять отчет о проведении научно-исследовательской работы;
- организовать и провести полевые работы на опытном участке и в условиях производства;
- составлять схемы севооборотов, технологии обработки почвы и защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов;
- оценивать качество проводимых полевых работ;
- проводить испытания новых агротехнических приемов и технологий в условиях производства.

Владение:

- культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятия информации;
- навыками выбора и подготовки участка для исследований;
- методами организации и проведения полевых работ на опытном участке и в условиях производства;

- навыками отбора почвенных и растительных образцов;
- методикой оценки качества урожая;
- оформления научной документации;
- методами реализации современных ресурсосберегающих технологий производства экологически безопасной растениеводческой продукции и воспроизводства плодородия почв в конкретных условиях хозяйства.

Во время прохождения производственной практики магистранты уточняют теоретические аспекты своего магистерского исследования применительно к особенностям организации, являющейся субъектом данных исследований, и осуществляют практическую работу по обработке информации этой организации.

В результате прохождения производственной практики (технологическая практика), обучающиеся должны приобрести следующие практические навыки, умения, универсальные и общепрофессиональные *компетенции*.

Универсальные:

- способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели;
- способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (ых) языке (ах), для академического и профессионального взаимодействия;
- способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия;
- способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.

Общепрофессиональные:

- способен решать задачи развития профессиональной деятельности и (или) организации на основе анализа достижений науки и производства;
- способен передавать профессиональные знания с учетом педагогических методик;
- способен осуществлять технико-экономическое обоснование проектов в профессиональной деятельности;
- способен управлять коллективами и организовывать процессы производства.

В результате прохождения производственной практики (технологическая практика) обучающийся должен:

Знать:

- особенности поведения выделенных групп людей, с которыми работает/взаимодействует, учитывает их в своей деятельности (выбор категорий групп людей осуществляется образовательной организацией в зависимости от целей подготовки – по возрастным особенностям, по этническому или религиозному признаку, социально незащищенные слои населения и т.п.);

- направления совершенствования и повышения эффективности технологий возделывания продукции растениеводства на основе научных достижений, передового опыта отечественных и зарубежных производителей;

- важность планирования перспективных целей собственной деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.

Уметь:

- эффективно использовать стратегии сотрудничества для достижения поставленной цели, определять свою роль в команде;

- использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации в процессе решения стандартных коммуникативных задач на государственном и иностранном (-ых) языках;

- интегративно использовать диалогическое общение для сотрудничества в академической коммуникации общения: внимательно слушая и пытаясь понять суть идей других, даже если они противоречат собственным воззрениям; уважая высказывания других, как в плане содержания, так и в плане формы; критикуя аргументированно и конструктивно, не задевая чувств других; адаптируя речь и язык жестов к ситуациям взаимодействия;

- недискриминационно и конструктивно взаимодействовать с людьми с учетом их социокультурных особенностей в целях успешного выполнения профессиональных задач и усиления социальной интеграции;

- применять информационно-коммуникационные технологии в решении типовых задач в области агрономии;

- демонстрировать профессиональные знания в сфере сельскохозяйственного производства;

- взаимодействовать с другими членами команды, в т. ч. участвовать в обмене информацией, знаниями и опытом, и презентацией результатов работы;

- демонстрировать базовые знания экономики в сфере сельскохозяйственного производства;

- оценить пригодность почв в конкретных природно-экономических условиях с целью выбора оптимальных земель для сельскохозяйственного производства;

- использовать специальные программы для ведения электронной базы данных истории полей.

Владеть:

- навыками эффективного взаимодействия с другими членами команды, в т. ч. участвовать в обмене информацией, знаниями и опытом, и презентации результатов работы команды;

- навыками деловой переписки, учитывая особенности стилистики официальных и неофициальных писем, социокультурные различия в внимательно слушая и пытаясь понять суть идей других, даже если они противоречат собственным воззрениям; уважая высказывания других, как в плане содержания, так и в плане формы; критикуя аргументированно и конструктивно, не задевая чувств других; адаптируя речь и язык жестов к ситуациям взаимодействия;

- навыками информационно-коммуникационных технологий при поиске необходимой информации в процессе решения стандартных коммуникативных задач на государственном и иностранном (-ых) языках;

- навыками коммуникативно приемлемого стиля делового общения на государственном и иностранном (-ых) языках, вербальных и невербальных средств взаимодействия с партнерами;

- навыками уважительного отношения к историческому наследию и социокультурным традициям различных социальных групп;

- навыками реализации намеченных целей деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда;

- навыками информационного поиска, в том числе с использованием информационно-телекоммуникационной сети Интернет;

- навыками координации производственной деятельности и специалистов различного уровня в рамках возглавляемого направления деятельности.

Прохождение производственной практики (технологическая практика) включает в себя следующие ***этапы:***

1. Подготовительный этап. Инструктаж по охране труда и пожарной безопасности. Ознакомление с заданием на практику, согласование календарного графика прохождения практики с руководителем от академии и предприятия (организации). Ознакомление с предприятием или организацией, его структурой и направлениями деятельности. Корректировка темы научных исследований, уточнение объекта и предмета исследования. Составление схемы опыта для закладки на производстве или плана изучения опыта работы научно-исследовательского учреждения (участия в исследованиях отдела или лаборатории).

2. Основной этап. Получение навыков системной работы с научной литературой и информационными источниками. Овладение методологией, методами и инструментами проведения научного исследования. Проведение исследования (закладка опыта; проведение наблюдений, измерений, учетов, определений; анализ, сбор и обобщение информации) по изучению продуктивности сельскохозяйственных культур и контролю качества продукции растениеводства на этапах ее производства, послеуборочной обработки, хранения и первичной переработки. Овладение умениями изложения полученных результатов исследований в виде отчета, публикации доклада, тезисов и т.д. Приобретение опыта аргументации собственных выводов и предложений, сделанных в процессе исследования, и участия в их критическом обсуждении.

Анализ научно-производственной деятельности базового сельскохозяйственного предприятия или научного учреждения, их специализации и основных экономических показателей растениеводческой отрасли. План производства основных видов продукции растениеводства.

Анализ структуры посевных площадей, урожайности и валовых сборов; состояния агротехнических мероприятий (система севооборотов и их анализ, системы обработки почвы в севообороте, наличие и оценка состояния машинно-тракторного парка, сельскохозяйственной техники и орудий, особенности уборки урожая полевых культур); системы семеноводства и состояния семенных

фондов; интегрированной системы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков; системы удобрений конкретных полевых культур. Оценка состояния технологий возделывания полевых культур и причин, снижающих эффективность отрасли растениеводства в хозяйстве или научном учреждении.

3. Заключительный этап. Подготовка отчета о производственной практике. Представление написанного отчета и дневника на кафедру на проверку научному руководителю и защита его на комиссии.

Содержание индивидуального задания на период прохождения производственной практики (технологическая практика) определяется обучающимся совместно с научным руководителем в соответствии с темой магистерского исследования и программами практик по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль: Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов, Адаптивное растениеводство, Интегрированная защита растений от вредителей и болезней.

Примерное содержание индивидуального задания для обучающихся по профилю «Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов»:

1) изучить структуру предприятия (организации), основные элементы системы земледелия и технологии возделывания сельскохозяйственных культур, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям, выявить влияние системы основной обработки почвы в зернопаровом севообороте на продуктивность сельскохозяйственных культур и качество зерна;

2) изучить структуру предприятия (организации), основные элементы системы земледелия и технологии возделывания сельскохозяйственных культур, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям, выявить влияние системы удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур и качество зерна;

3) изучить структуру предприятия (организации), его природные и экономические условия, устройство территории севооборотов, провести агроэкологическую оценку земель, спланировать мероприятия по оптимизации, улучшению и размещению угодий.

Примерное содержание индивидуального задания для обучающихся по профилю «Адаптивное растениеводство»:

1) изучить систему применения удобрений в севообороте: приемы их внесения (основное, припосевное, подкормки), сроки и способы внесения. Особенности применения удобрений при орошении (при наличии). Влияние удобрений на урожай и качество продукции. Машины для внесения удобрений;

2) изучить особенности применения гербицидов, сроки и нормы их внесения. Машины для внесения гербицидов, комплектование агрегатов и их настройка;

3) изучить требования к семенам и семеноводческим посевам, методы ускоренного размножения семян перспективных и дефицитных сортов в хозяйстве. Особенности технологии семеноводческих посевов (при выращивании в хозяйстве);

4) изучить влияние погодных и почвенных условий на состояние агрофитоценозов и технологию возделывания сельскохозяйственных культур;

5) дать оценку нормам высева полевых культур и изучить степень влияния нормы высева на величину урожая;

6) изучить сортовой ассортимент и дать сравнительную агробиологическую характеристику сортов (гибридов) полевых культур;

7) изучить биопрепараты при производстве сельскохозяйственных культур. Цель, нормы и сроки их применения.

Примерное содержание индивидуального задания для обучающихся по профилю «Интегрированная защита растений от вредителей и болезней»:

1) оценить реализацию методов и систем защиты растений, используемых в хозяйстве;

2) уточнить уровень реализации современных экологически безопасных методов защиты растений в конкретных условиях хозяйства;

3) обосновать выбор сортов сельскохозяйственных культур для реализации агротехнического метода защиты растений для условий конкретного хозяйства;

4) изучить систему севооборотов, обработки почвы и системы удобрений в аспекте агротехнического метода защиты растений в хозяйстве;

5) осуществить контроль за фитосанитарным состоянием посевов сельскохозяйственных культур в хозяйстве.

Информация, полученная в процессе прохождения производственной практики (технологическая практика), может использоваться для подготовки доклада на научную конференцию и написания научной статьи.

2.2. Научно-исследовательская работа

Целью производственной практики (научно-исследовательская работа) является формирование компетенций, необходимых для проведения как самостоятельной научно-исследовательской работы, результатом которой является написание и успешная защита выпускной квалификационной работы, так и научно-исследовательской работы в составе научного коллектива.

В ходе выполнения производственной практики (научно-исследовательская работа) формируются умения правильно формулировать задачи исследования в соответствии с целью, инициативно избирать (модифицировать существующие, разрабатывать новые) методы исследования, соответствующие его цели; формировать методику исследования. Приобретаются навыки самостоятельного проведения библиографической работы с привлечением современных электронных технологий; анализа и представления, полученных в ходе исследования результатов в виде законченных научно-исследовательских разработок (отчет о НИР, научные статьи, тезисы докладов научных конференций, магистерская диссертация).

Задачами производственной практики (научно-исследовательская работа) являются:

- выбор темы научного исследования для подготовки выпускной квалификационной работы;
- проведение обзора литературы и информационных источников по теме выпускной квалификационной работы в области производства экологически безопасной продукции растениеводства;
- разработка программы и схемы опыта, наблюдений и анализов согласно теме научного исследования;
- выбор методов исследования (в том числе модифицирование существующих и разработка новых) и их применение в соответствии с задачами научного исследования (по теме выпускной квалификационной работы;
- организация и проведение полевых и лабораторных исследований, наблюдений и учетов;

- овладение методами анализа и обработки результатов исследований;

- развитие умений и навыков организации и проведения научных, научно-практических конференций, круглых столов, дискуссий и диспутов;

- проведение анализа результатов научного исследования и представления их в виде законченных научно-исследовательских разработок (отчета о научно- исследовательской работе, тезисов докладов, научной статьи);

- развитие умений и навыков самостоятельно формулировать выводы по результатам исследований и составлять практические рекомендации по их использованию.

Производственная практика (научно-исследовательская работа) проводится в соответствии с учебным планом и графиком учебного процесса на учебный год по направлению 35.04.04 Агрономия, профиль Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов, Адаптивное растениеводство, Интегрированная защита растений от вредителей и болезней в течение всего периода обучения в магистратуре.

Общая трудоемкость производственной практики (научно-исследовательская работа) составляет 24 зачетные единицы (864 часа). Проводится в конце 2 семестра 1 курса (2 недели), в начале 3 семестра 2 курса (2 недели), в 4 семестре 2 курса (12 недель) – при очной форме обучения. При заочной форме обучения в конце 2 семестра 1 курса (2 недели), в 4 семестре 2 курса (8 недель), в 5 семестре 3 курса (6 недель).

Необходимыми условиями для прохождения производственной практики (научно-исследовательская работа) являются входные знания, умения, навыки и компетенции обучающегося:

Знания:

- основных методов агрономических исследований; закладки и проведения полевого опыта;

- правил составления программы наблюдений и учетов, порядка ведения документации и отчетности;

- научных основ севооборотов, защиты растений от сорняков, обработки почвы, защиты почв от эрозии и дефляции, основ систем земледелия;

- оценки качества урожая;

- биологических особенностей и ресурсосберегающих технологий возделывания полевых культур в различных агроландшафтных и экологических условиях;

Умения:

- составить и обосновать программу и методику проведения полевых и лабораторных опытов, наблюдений и анализов;
- заложить и провести вегетационный и полевой опыты;
- вычислять и использовать для анализа статистические показатели с целью выбора лучших вариантов опыта;
- определить количественную зависимость между изучаемыми признаками и составлять прогноз на использование агроприемов;
- составлять отчет о проведении научно-исследовательской работы;
- организовать и провести полевые работы на опытном участке и в условиях производства;
- составлять схемы севооборотов, технологии обработки почвы и защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов;
- оценивать качество проводимых полевых работ;
- проводить испытания новых агротехнических приемов и технологий в условиях производства.

Владение:

- культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятия информации;
- навыками выбора и подготовки участка для исследований;
- методами организации и проведения полевых работ на опытном участке и в условиях производства;
- навыками отбора почвенных и растительных образцов;
- методикой оценки качества урожая;
- оформления научной документации;
- методами реализации современных ресурсосберегающих технологий производства экологически безопасной растениеводческой продукции и воспроизводства плодородия почв в конкретных условиях хозяйства.

В результате прохождения производственной практики (научно-исследовательская работа) обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения, универсальные и общепрофессиональные *компетенции*:

Универсальные:

- способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;
- способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла;
- способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.

Общепрофессиональные:

- способен решать задачи развития профессиональной деятельности и (или) организации на основе анализа достижений науки и производства;
- способен передавать профессиональные знания с учетом педагогических методик;
- способен использовать современные методы решения задач при разработке новых технологий в профессиональной деятельности;
- способен проводить научные исследования, анализировать результаты и готовить отчетные документы;
- способен осуществлять технико-экономическое обоснование проектов в профессиональной деятельности;
- способен управлять коллективами и организовывать процессы производства.

В результате прохождения производственной практики (научно-исследовательская работа) обучающийся должен:

Знать:

- важность планирования перспективных целей собственной деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.

Уметь:

- анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи;
- находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи;
- рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки;

- определять и оценивать последствия возможных решений задачи;

- формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение;

- определять ожидаемые результаты решения выделенных задач;

- решать конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время;

- проводить информационный поиск, в том числе с использованием информационно-телекоммуникационной сети Интернет;

- демонстрировать профессиональные знания в сфере сельскохозяйственного производства;

- взаимодействовать с другими членами команды, в т. ч. участвовать в обмене информацией, знаниями и опытом, и презентацией результатов работы;

- использовать материалы почвенных и агрохимических исследований, прогнозы развития вредителей и болезней, справочные материалы для разработки технологий возделывания сельскохозяйственных культур;

- обосновывать элементы системы земледелия, системы удобрения, защиты растений и технологии возделывания сельскохозяйственных культур применительно к почвенно-климатическим условиям с учетом агроландшафтной характеристики;

- руководить проведением экспериментальных исследований в области агрономии;

- использовать классические и современные методы исследований в агрономии;

- готовить отчетные документы;

- обрабатывает результаты, полученные в опытах с использованием методов математической статистики;

- демонстрировать базовые знания экономики в сфере сельскохозяйственного производства.

Владеть:

- навыками грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки. Отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности;

- навыками реализации намеченных целей деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда;

- навыками применения информационно-коммуникационных технологий в решении типовых задач в области агрономии;

- навыками определения экономической эффективности применения технологических приемов, внесения удобрений, использования средств защиты растений, новых сортов при возделывании сельскохозяйственных культур;

- навыками организации научных исследований в соответствии с требованиями в профессиональной деятельности.

Прохождение производственной практики (научно-исследовательская работа) включает в себя следующие ***этапы:***

1. Подготовительный этап. Инструктаж по охране труда и пожарной безопасности. Ознакомление с индивидуальным заданием на практику, согласование календарного графика прохождения практики с руководителем от университета и предприятия/организации (при наличии). Постановка цели и задач перед обучающимися по практике, связанными с проведением научных исследований по теме выпускной квалификационной работы.

2. Основной этап. Работа с отечественной и зарубежной научной литературой по теоретическим и методологическим аспектам темы научных исследований. Обоснование актуальности темы научных исследований. Определение теоретической и практической значимости поставленной цели. Критический обзор существующих подходов, теорий и концепций по выбранной теме научных исследований. Организация и проведение полевых и лабораторных исследований (закладка опыта; проведение наблюдений, измерений, учетов, определений; анализ, сбор и обобщение информации) в соответствии темой исследований.

Подготовка материалов по теме исследований для выступления на семинарах, круглых столах, дискуссиях. Аналитическая работа по теме научных исследований. Результаты научных исследований и научная новизна. Апробация результатов научных исследований.

3. Заключительный этап. Овладение умениями изложения полученных результатов исследований в виде отчета и научных выступлений. Приобретение опыта аргументации собственных выводов и предложений, сделанных в процессе исследования, и участия в их критическом обсуждении. Подготовка отчета о практике с последующей его защитой в соответствии с календарным графиком учебного процесса.

Обучающиеся при проведении научно-исследовательской работы знакомятся с организацией работы на объекте прохождения, овладевают методикой проведения наблюдений, учетов и анализов почвенных и растительных образцов. Проводят лабораторные анализы, связанные с тематикой научно-исследовательской работы.

Научные исследования магистрантов имеют как теоретическую, так и практическую направленность. При проведении исследований нужно возвращаться к пройденным этапам, внося соответствующие коррективы.

Содержание индивидуального задания на период прохождения производственной практики (научно-исследовательская работа) определяется обучающимся совместно с научным руководителем в соответствии с темой магистерского исследования и программами практик по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль: Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов, Адаптивное растениеводство, Интегрированная защита растений от вредителей и болезней.

Примерное содержание индивидуального задания для обучающихся по профилю «Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов»:

1) изучить влияние предшественников и подкормок азотными удобрениями на продуктивность яровой мягкой пшеницы;

2) оценить влияние приемов основной обработки почвы на продуктивность яровой мягкой пшеницы;

3) проанализировать влияние предшественников и регуляторов роста на продуктивность сои;

4) выявить влияние видов пара и основной обработки почвы на продуктивность озимой пшеницы;

5) изучить влияние предшественников и приемов основной обработки почвы на продуктивность кукурузы;

6) определить влияние сроков сева и гербицидов на засоренность посевов и урожайность ячменя;

7) обосновать влияние органических удобрений на агрофизические показатели и продуктивность озимой пшеницы;

8) разработать системы севооборотов на агроэкологической основе;

9) проанализировать организацию и устройство территории севооборотов;

10) рассмотреть возможности проектирования севооборотов на агроэкологической основе.

Примерное содержание индивидуального задания для обучающихся по профилю «Адаптивное растениеводство»:

1) изучить степень влияния биостимуляторов на урожайность полевых культур;

2) изучить принципы подбора культур для смешанных посевов;

3) изучить потенциал продуктивности поливидовых посевов и их роль в проблеме полноценного кормления животных;

4) изучить влияние удобрений на кормовые достоинства поливидовых посевов;

5) изучить эффективность предпосевной обработки семян полевых культур;

6) изучить влияние норм высева и удобрений на продуктивность полевых культур;

7) дать сравнительную характеристику сортов полевых культур при применении биостимуляторов.

Примерное содержание индивидуального задания для обучающихся по профилю «Интегрированная защита растений от вредителей и болезней»:

1) определить эффективность препаратов для предпосевной обработки семян пшеницы в условиях Самарской области;

2) изучить энтомофауну смешанных посевов кормовых трав в условиях лесостепи Самарской области;

3) изучить возбудителей заболеваний клубней картофеля и определить эффективность мер борьбы с ней в условиях Самарской области;

4) провести учеты и наблюдения фитосанитарного состояния агроценозов зерновых культур;

5) определить влияние средств химической защиты растений на поражаемость и повреждаемость посевов подсолнечника;

6) изучить влияние сортов овса на фитосанитарное состояние посевов в условиях лесостепи Самарской области;

7) определить устойчивость сортов пшеницы к возбудителям корневых гнилей в лесостепи Самарской области.

В ходе выполнения индивидуального задания обучающемуся необходимо собрать материал, требуемый для написания выпускной квалификационной работы.

1. Планирование и освоение полевого эксперимента. Ознакомление с литературой по вопросам: методы научной работы,

техника организации и техника безопасности труда при проведении научно-исследовательской работы, методика работы с научной литературой.

Выбор темы: просмотр обзоров достижений науки в выбранном направлении, обобщение и анализ материалов в области выбранной проблемы исследования, консультации с руководителем. Формулируется комплекс положений, определяющих основную и сопутствующую цели, а также задачи исследования. Определяются количественные и стоимостные характеристики материальных, трудовых и информационных ресурсов для проведения исследования.

2. Постановка научной задачи. Прогнозирование результатов исследования: провести литературный поиск решения научной задачи, сформулировать теоретическую и практическую актуальность и значимость поставленной цели.

Составление рабочего плана исследования, проектирование эксперимента: сформулировать необходимую методику проведения исследований, сопутствующих наблюдений и учетов для доказательства объективности полученных результатов.

3. Собственно исследовательская работа. В соответствии с разработанной методикой провести эксперимент с соблюдением всех требовании стандартных методических указаний ведущих научных учреждений (повторность, площадь посевной и учетной делянки, рекомендуемые сорта и технологии, кроме изучаемых приемов и т.д.); в соответствии с утвержденной тематикой провести лабораторные исследования (физико-химические анализы) с соблюдением всех требовании стандартных методических указаний; оформить полученные результаты в виде выпускной квалификационной работы.

В процессе прохождения производственной практики (научно-исследовательской работы) магистрантом могут быть подготовлены публикации по теме исследования.

2.3. Преддипломная практика

Целью производственной практики (преддипломная практика) является формирование у обучающихся компетенций и навыков практической деятельности, при написании разделов выпускной квалификационной работы, анализа и обобщения фактического материала, разработки оригинальных методических предложений

и научных идей, получения навыков самостоятельной научно-практической работы и непосредственного участия в научно-производственной работе коллективов организаций.

Задачами производственной практики (преддипломной практики) являются:

- проведение анализа эффективности и результативности деятельности сельскохозяйственного предприятия по организации и производству высококачественной продукции растениеводства;
- участие в разработке и реализации на объектах профессиональной деятельности в агропромышленном комплексе экологически безопасных и экономически эффективных технологий производства продукции растениеводства и воспроизводства плодородия почв различных агроландшафтов;
- систематизация результатов анализа состояния и показателей качества объектов научно-исследовательской деятельности;
- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования при систематическом изучении специальной научной, практической литературы;
- эффективное использование материалов, оборудования, информационных баз, соответствующих алгоритмов и программ расчетов параметров технологических процессов в сельском хозяйстве;
- сбор информации для выполнения выпускной квалификационной работы;
- камеральная обработка экспериментальных материалов, полученных при прохождении производственной практики, проведение лабораторных анализов.

Производственная практика (преддипломная практика) является составной частью основной профессиональной образовательной программы подготовки магистра, относится к части формируемой участниками образовательных отношений и является завершающим обучения, проводится после освоения обучающимися программы теоретического и практического обучения.

Производственная практика (преддипломная практика) проводится в соответствии с учебным планом и графиком учебного процесса на учебный год по направлению 35.04.04 Агрономия, профиль: Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов, Адаптивное растениеводство, Интегрированная защита растений от вредителей и болезней.

Общая трудоемкость производственной практики (преддипломная практика) составляет 3 зачетные единицы (108 часов). Проводится в 4 семестре 2 курса (очная форма обучения) и в 5 семестре 3 курса (заочная форма обучения) в течение 2 недель.

Производственная практика (преддипломная практика) предшествует подготовке и написанию выпускной квалификационной работы.

Необходимыми условиями для прохождения преддипломной практики являются входные знания, умения, навыки и компетенции обучающегося:

Знать:

- сущность физиологических и биохимических процессов, определяющих продуктивность растений;
- научные основы севооборотов, защиты растений от комплекса вредных организмов, обработки почвы, защиты почв от эрозии и дефляции;
- биологические особенности и экологически безопасные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в различных агроландшафтных и экологических условиях;
- достижения науки и техники в области собственных научных исследований;
- методики проведения полевых и лабораторных исследований, наблюдений и учетов;
- методы анализа почвенных и растительных образцов, контроля качества продукции растениеводства при уборке, первичной переработки и хранении;
- методы статистической обработки экспериментальных данных;
- направления развития инновационной деятельности в агропромышленном комплексе, сущность инновационных технологий в области производства безопасной растениеводческой продукции;
- способы и режимы хранения, технологии послеуборочной обработки и хранения растениеводческой продукции;
- технологию оформления и написания отчета, статьи, доклада, презентации.

Уметь:

- самостоятельно обучаться новым методам исследования, проявлять готовность к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности;

- проводить анализ и критическое осмысление отечественной и зарубежной научно-технической информации в области производства продукции растениеводства;

- применять разнообразные методологические подходы к моделированию и проектированию сортов, систем защиты растений, приемов и технологий производства продукции растениеводства;

- оценивать состояние агрофитоценозов и использовать приемы коррекции технологии возделывания сельскохозяйственных культур в различных погодных условиях;

- применять инновационные процессы в агропромышленном комплексе при проектировании и реализации экологически безопасных и экономически эффективных технологий производства продукции растениеводства и воспроизводства плодородия почв различных агроландшафтов;

- применять статистические методы анализа результатов экспериментальных исследований;

- представлять результаты в форме отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений;

- составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований и передового опыта в области производства и контроля качества продукции растениеводства.

Владеть:

- культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятия информации;

- навыками самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности;

- навыками управления продукционным процессом в растениеводстве;

- навыками моделирования и проектирования сортов, систем защиты растений, приемов и технологий производства продукции растениеводства;

- методами фитосанитарного мониторинга, общей оценки состояния агрофитоценозов и приемами коррекции технологии возделывания сельскохозяйственных культур в различных погодных условиях;

- навыками проведения оценки пригодности земель для возделывания сельскохозяйственных культур с учетом производства качественной продукции;

- методами организации и проведения полевых и лабораторных опытов, наблюдений и учетов с использованием современных методов анализа почвенных и растительных образцов;

- инновационными процессами в агропромышленном комплексе при проектировании и реализации экологически безопасных и экономически эффективных технологий производства продукции растениеводства и воспроизводства плодородия почв различных агроландшафтов;

- методами контроля качества продукции растениеводства и продуктов её переработки по органолептическим и физико-химическим показателям;

- статистическими методами анализа результатов экспериментальных исследований и навыками оформления научной документации;

- навыками обобщения и оформления результатов исследований в форме отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений;

- навыками составления практических рекомендаций использованию результатов научных исследований и передового опыта в области производства продукции растениеводства.

В результате прохождения производственной практики (преддипломная практика) обучающийся должен приобрести практические навыки, умения, а также универсальные, общепрофессиональные и профессиональные *компетенции*:

Универсальные:

- способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

- способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла;

- способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели;

- способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (ых) языке (ах), для академического и профессионального взаимодействия;

- способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия;

- способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.

Общепрофессиональные:

- способен решать задачи развития профессиональной деятельности и (или) организации на основе анализа достижений науки и производства;

- способен передавать профессиональные знания с учетом педагогических методик;

- способен использовать современные методы решения задач при разработке новых технологий в профессиональной деятельности;

- способен проводить научные исследования, анализировать результаты и готовить отчетные документы;

- способен осуществлять технико-экономическое обоснование проектов в профессиональной деятельности;

- способен управлять коллективами и организовывать процессы производства.

Профессиональные:

- готов использовать достижения мировой науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах и составлять практические рекомендации по их применению;

- готов применять разнообразные классические и инновационные подходы к моделированию и проектированию систем защиты растений, приемов и технологий производства продукции растениеводства, воспроизводству плодородия почв;

- разработка стратегии развития растениеводства в организации;

- способность разработать экологически безопасные адаптивно-ландшафтные системы земледелия для сельскохозяйственных предприятий.

В результате прохождения производственной практики (преддипломная практика) обучающийся должен:

Знать:

- особенности поведения выделенных групп людей, с которыми работает/взаимодействует, учитывает их в своей деятельности (выбор категорий групп людей осуществляется образовательной организацией в зависимости от целей подготовки - по возрастным особенностям, по этническому или религиозному признаку, социально незащищенные слои населения и т.п.);

- важность планирования перспективных целей собственной деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда;

- методы повышения содержания органического вещества в почве и биогенных элементов в почве для разработки системы мероприятий по повышению (сохранению) ее плодородия.

Уметь:

- анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие, осуществлять декомпозицию задачи;

- находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи;

- рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки;

- грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки, отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности;

- определять и оценивать последствия возможных решений задачи;

- формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определять ожидаемые результаты решения выделенных задач;

- проектировать решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений качества и за установленное время;

- решать конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время;

- понимать эффективность использования стратегии сотрудничества для достижения поставленной цели, определять свою роль в команде;

- эффективно взаимодействовать с другими членами команды, в т. ч. участвовать в обмене информацией, знаниями и опытом, и презентацией результатов работы команды;

- интегративно использовать диалогическое общение для сотрудничества в академической коммуникации общения: внимательно слушая и пытаясь понять суть идей других, даже если они

противоречат собственным воззрениям; уважая высказывания других, как в плане содержания, так и в плане формы;

- критикуя аргументированно и конструктивно, не задевая чувств других, адаптируя речь и язык жестов к ситуациям взаимодействия;

- недискриминационно и конструктивно взаимодействовать с людьми с учетом их социокультурных особенностей в целях успешного выполнения профессиональных задач и усиления социальной интеграции;

- применять информационно-коммуникационные технологии в решении типовых задач в области агрономии;

- определять направления совершенствования и повышения эффективности технологий возделывания продукции растениеводства на основе научных достижений, передового опыта отечественных и зарубежных производителей;

- демонстрировать профессиональные знания в сфере сельскохозяйственного производства;

- взаимодействовать с другими членами команды, в т. ч. участвовать в обмене информацией, знаниями и опытом, и презентацией результатов работы;

- использовать материалы почвенных и агрохимических исследований, прогнозы развития вредителей и болезней, справочные материалы для разработки технологий возделывания сельскохозяйственных культур;

- оптимизировать структуру посевных площадей с целью повышения эффективности использования земельных ресурсов;

- обосновать элементы системы земледелия, системы удобрения, защиты растений и технологии возделывания сельскохозяйственных культур применительно к почвенно-климатическим условиям с учетом агроландшафтной характеристики;

- руководить проведением экспериментальных исследований в области агрономии;

- использовать классические и современные методы исследования в агрономии;

- готовить отчетные документы;

- обрабатывать результаты, полученные в опытах с использованием методов математической статистики;

- демонстрировать базовые знания экономики в сфере сельскохозяйственного производства;

- оценить пригодность почв в конкретных природно-экономических условиях с целью выбора оптимальных земель для сельскохозяйственного производства;

- использовать специальные программы для ведения электронной базы данных истории полей;

- обосновывать направления и методы решения современных проблем в агрономии;

- анализировать результаты научных исследований и дать практические рекомендации;

- определять базовые агрофизические, агрохимические и биологические показатели плодородия почвы и растений с помощью современных приборов и оборудования;

- использовать классические методы расчета потенциальной, климатически обеспеченной, действительно возможной и программируемой урожайности сельскохозяйственных культур;

- определять направления совершенствования и повышения эффективности технологий выращивания продукции растениеводства на основе научных достижений, передового опыта отечественных и зарубежных производителей;

- осуществлять общий контроль реализации технологического процесса производства продукции растениеводства в соответствии с разработанными адаптивными технологиями возделывания сельскохозяйственных культур;

- использовать ландшафтное планирование и проектирование для разработки агротехнологий выращивания культур в севооборотах.

Владеть:

- навыками коммуникативно приемлемого стиля делового общения на государственном и иностранном (-ых) языках, вербальных и невербальных средств взаимодействия с партнерами;

- навыками информационно-коммуникационных технологий при поиске необходимой информации в процессе решения стандартных коммуникативных задач на государственном и иностранном (-ых) языках;

- навыками деловой переписки, учитывая особенности стилистики официальных и неофициальных писем, социокультурные различия, внимательно слушая и пытаясь понять суть идей других, даже если они противоречат собственным воззрениям; уважая высказывания других, как в плане содержания, так и в плане формы;

критикуя аргументированно и конструктивно, не задевая чувств других; адаптируя речь и язык жестов к ситуациям взаимодействия;

- навыками уважительного отношения к историческому наследию и социокультурным традициям различных социальных групп;

- навыками реализации намеченных целей деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда;

- навыками информационного поиска, в том числе с использованием информационно-телекоммуникационной сети Интернет;

- навыками определения экономической эффективности применения технологических приемов, внесения удобрений, использования средств защиты растений, новых сортов при возделывании сельскохозяйственных культур;

- навыками организации научных исследований в соответствии с требованиями в профессиональной деятельности;

- навыками координации производственной деятельности и специалистов различного уровня в рамках возглавляемого направления деятельности;

- навыками информационного поиск по инновационным технологиям (элементам технологии), сортам и гибридам сельскохозяйственных культур;

- навыками разработки и внедрения инновационных проектов экологически безопасных приемов и технологий производства высококачественной продукции растениеводства с учетом свойств агроландшафтов и погодных условий;

- навыками организации фитосанитарного мониторинга агроценозов с целью получения качественной и экологически безопасной продукции растениеводства;

- навыками разработки зональных адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Прохождение производственной практики (преддипломная практика) включает в себя следующие ***этапы:***

1. Подготовительный этап. Инструктаж по охране труда и пожарной безопасности. Ознакомление с заданием на практику, согласование календарного графика прохождения практики с руководителем от университета и предприятия/организации

(при наличии). Постановка цели и задач перед обучающимися по производственной практике (преддипломная практика), связанными с завершением проведения научных исследований по теме выпускной квалификационной работы.

2. Основной этап. Проведение обзора отечественной и зарубежной литературы, электронных информационных ресурсов по теме выпускной квалификационной работы, связанной с вопросами проектирования и реализации экологически безопасных и экономически эффективных технологий производства продукции растениеводства на этапах ее выращивания.

Обработка результатов исследований с применением методов статистической обработки экспериментальных данных. Систематизация и описание данных исследований. Проведение экспериментальной работы. Закрепление умений и навыков организации и проведения научного исследования, изложения полученных результатов исследований в виде отчета, научных выступлений и публикаций. Приобретение опыта аргументации собственных выводов и предложений, сделанных в процессе исследования, и участия в их критическом обсуждении.

Разработка предлагаемых агроприемов для технологии производства экологически безопасной высококачественной продукции растениеводства с целью повышения урожайности и кормовой ценности изучаемой культуры. Разработка мероприятий по повышению эффективности отрасли растениеводства в хозяйстве или научном учреждении (в соответствии с темой выпускной квалификационной работы).

3. Заключительный этап. Подготовка отчета о практике. Представление написанного отчета и дневника на кафедру на проверку научному руководителю и защита его на комиссии.

Содержание индивидуального задания на период прохождения производственной практики (преддипломная практика) определяется обучающимся совместно с научным руководителем в соответствии с темой магистерского исследования и программами практик по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль: Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов, Адаптивное растениеводство, Интегрированная защита растений от вредителей и болезней.

Примерное содержание индивидуального задания для обучающихся по профилю «Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов»:

1) изучить влияние предшественников и подкормок азотными удобрениями на продуктивность яровой мягкой пшеницы;

2) оценить влияние приемов основной обработки почвы на продуктивность яровой мягкой пшеницы;

3) проанализировать влияние предшественников и регуляторов роста на продуктивность сои;

4) выявить влияние видов пара и основной обработки почвы на продуктивность озимой пшеницы;

5) изучить влияние предшественников и приемов основной обработки почвы на продуктивность кукурузы;

6) определить влияние сроков сева и гербицидов на засоренность посевов и урожайность ячменя;

7) обосновать влияние органических удобрений на агрофизические показатели и продуктивность озимой пшеницы;

8) разработать системы севооборотов на агроэкологической основе;

9) проанализировать организацию и устройство территории севооборотов;

10) рассмотреть возможности проектирования севооборотов на агроэкологической основе.

Примерное содержание индивидуального задания для обучающихся по профилю «Адаптивное растениеводство»:

1) изучить степень влияния биостимуляторов на урожайность полевых культур;

2) изучить принципы подбора культур для смешанных посевов;

3) изучить потенциал продуктивности поливидовых посевов и их роль в проблеме полноценного кормления животных;

4) изучить влияние удобрений на кормовые достоинства поливидовых посевов;

5) изучить эффективность предпосевной обработки семян полевых культур;

6) изучить влияние норм высева и удобрений на продуктивность полевых культур;

7) дать сравнительную характеристику сортов полевых культур при применении биостимуляторов.

Примерное содержание индивидуального задания для обучающихся по профилю «Интегрированная защита растений от вредителей и болезней»:

1) определить эффективность препаратов для предпосевной обработки семян пшеницы в условиях Самарской области;

2) изучить энтомофауну смешанных посевов кормовых трав в условиях лесостепи Самарской области;

3) изучить возбудителей заболеваний клубней картофеля и определить эффективность мер борьбы с ней в условиях Самарской области;

4) провести учеты и наблюдения фитосанитарного состояния агроценозов зерновых культур;

5) определить влияние средств химической защиты растений на поражаемость и повреждаемость посевов подсолнечника;

6) изучить влияние сортов овса на фитосанитарное состояние посевов в условиях лесостепи Самарской области;

7) определить устойчивость сортов пшеницы к возбудителям корневых гнилей в лесостепи Самарской области.

В ходе выполнения индивидуального задания обучающемуся необходимо собрать материал, требуемый для написания выпускной квалификационной работы.

1. Обосновать актуальность исследуемой темы выпускной квалификационной работы; сформировать цель и задачи проводимого исследования или разработки, практическую значимость и новизну исследования; определить личное участие студента в выполнении исследовательской работы, постановке опытов, обработке экспериментального материала, обобщении литературных источников.

2. Провести анализ изученности проблемы исследований на основании отечественной и зарубежной литературы.

3. Привести схемы опытов и методику их проведения (площадь делянок, повторности, схема размещения вариантов, метод учета урожая, метод статистического анализа полученных результатов). Дать характеристику изучаемых сортов, видов и форм удобрений, способов обработки почвы, применяемых сельскохозяйственных орудий.

4. Показать результаты сопутствующих наблюдений и учетов по влиянию изучаемых приемов на накопление и расходование влаги; агрофизические свойства почвы; площадь листьев; динамику накопления сухой биомассы; полевую всхожесть семян; густоту

стояния; сохранность и общую выживаемость растений; засоренность; пораженность болезнями; поврежденность вредителями; количество пожнивных и корневых остатков; структуру урожая, его величину и качество по вариантам и т.д.

Материал собранный и обработанный в процессе прохождения производственной практики (преддипломная практика), используется для подготовки выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

3. Оформление отчета о производственной практике

Промежуточная аттестация по производственной практике всех типов (технологическая практика, научно-исследовательская работа, преддипломная практика) осуществляется в виде зачета с оценкой. При этом обучающийся должен предоставить руководителю производственной практики:

- дневник практики;
- характеристику в случае, если практика была проведена в профильной организации;
- отчет о практике, содержащий результаты выполненного индивидуального задания.

Характеристика оформляется на фирменном бланке организации, в которой обучающийся проходил практику и подписывается руководителем практики. Если характеристика написана не на фирменном бланке, то подпись руководителя заверяется печатью организации.

По итогам производственной практики обучающимся составляется письменный отчет. Цель отчета – показать степень освоения навыков проведения научно-исследовательской и проектно-технологической деятельности в области производства продукции растениеводства в условиях научно-исследовательского учреждения или базового хозяйства.

Отчет должен быть набран на компьютере, грамотно оформлен, сброшюрован в папку, подписан обучающимся на последней странице в разделе «Выводы и предложения» и сдан для регистрации на выпускающую кафедру.

Требования к оформлению листов текстовой части. Текстовая часть отчета выполняется на листах формата А4 (210×297 мм) без рамки, соблюдением следующих размеров полей: левое – 30 мм, правое –10 мм, верхнее –20 мм, нижнее – 20 мм.

Страницы текста подлежат обязательной нумерации, которая проводится арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Номер страницы проставляют по центру без точки в конце. Первой страницей считается титульный лист, но номер страницы на нем не проставляется.

При выполнении текстовой части работы на компьютере тип шрифта: *Times New Roman.* Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Межстрочный интервал: полуторный.

Выполненный отчет о производственной практике должен содержать:

- титульный лист (прил. 1);
- индивидуальное задание на практику (прил. 2);
- основная часть;
- список использованной литературы и источников;
- выводы и предложения;
- приложения (при наличии).

Во введении следует обобщить собранные материалы и раскрыть основные вопросы и направления, которыми занимался обучающийся при прохождении практики.

Основная часть производственной практики (технологическая практика) представляет собой аналитическое резюме и включает в себя анализ и обобщенные результаты: научно-производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия или научного учреждения; состояния и организации проведения агротехнических мероприятий (система севооборотов, системы обработки почвы в севообороте, наличие и оценка состояния машинно-тракторного парка, сельскохозяйственной техники и орудий, особенности уборки урожая полевых культур); системы семеноводства и состояния семенных фондов; системы интегрированной защиты растений от вредителей, болезней и сорных растений; системы удобрений полевых культур; состояния технологий возделывания полевых культур и причин, снижающих эффективность отрасли растениеводства в хозяйстве или научном учреждении.

Она должна соответствовать разделам программы практики и индивидуальному заданию.

Основная часть производственной практики (научно-исследовательская работа) должна содержать анализ и обобщенные результаты проведенных научных исследований.

Основная часть производственной практики (преддипломная практика) представляет собой обзор отечественной, зарубежной литературы и электронных информационных ресурсов по теме выпускной квалификационной работы, связанных с организацией и производством высококачественной продукции растениеводства в современном земледелии; характеристику схемы опытов, методик проведения наблюдений, измерений, анализов; агробиологическую характеристику сортов (гибридов) полевых культур, применяемых при проведении исследований; состояние агротехнических мероприятий при проведении полевых опытов; результаты наблюдений, определений и анализов, их систематизация и описание; разработанную и экономически обоснованную технологию производства экологически безопасной высококачественной продукции растениеводства (в соответствии с темой выпускной квалификационной работы).

Выводы и предложения отражают в сжатом виде результаты работы в период практики.

Список использованной литературы и источников должен включать все источники, на которые были сделаны ссылки в отчете.

Общий объем отчета не должен превышать 20-35 страниц машинописного текста. Приложения не входят в объем отчета и могут содержать первичные документы.

В течение прохождения производственной практики обучающийся может вести дневник практики (прил. 3) (ведется и представляется по решению руководителя практики от образовательной организации), который является частью отчета о практике и используется при его написании.

В дневнике (при наличии) необходимо отразить кратко виды работ, выполненные обучающимся на практике (сбор материала, проведения исследования и т.д.), а также встретившиеся в работе затруднения, их характер, какие меры были приняты для их устранения, отменить недостатки в теоретической подготовке.

Дневники (при наличии) периодически проверяются руководителем практики от организации, в нем делаются отметки по его ведению, качеству выполняемой обучающимся работы.

В конце практики дневник (при наличии) должен быть подписан обучающимся и руководителями практики. Дневник (при наличии) прикладывается к отчету о практике.

4. Формы отчетности по итогам производственной практики

Завершающим этапом производственной практики всех типов (технологическая практика, научно-исследовательская работа, преддипломная практика) является защита магистрантом отчета. Промежуточная аттестация по производственной практике проводится после ее завершения в форме зачета с оценкой.

Форма проведения зачета – устный зачет с представлением отчета, содержащего результаты выполненных индивидуальных заданий.

Критериями оценивания прохождения производственной практики являются оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Защита отчета должна показать уровень, прочность и систематичность полученных им теоретических и практических знаний, приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления, умение синтезировать полученные знания и применять их в решении практических задач.

В процессе защиты обучающийся должен кратко изложить основные результаты проделанной работы, структуру и анализ материалов, выводы и предложения.

Оценка складывается из интегрированной оценки, включающей в себя оценки содержания отчета, оценки за выполнение индивидуального задания и оценку результатов собеседования (защита отчета о производственной практике).

Общий итог защиты отчета о производственной практике выставляется в протоколе защиты отчета, на титульном листе, в экзаменационной ведомости и зачетной книжке обучающегося.

- Зачет с оценкой «отлично» – предполагает, что обучающийся выполнил в срок и на высоком уровне весь намеченный объем

работ в соответствии с индивидуальным заданием на практику; в ходе практики продемонстрировал высокий уровень обладания всеми предусмотренными требованиями к результатам практики, сформированности компетенций; оформил отчет в соответствии с требованиями и в установленный срок; проявил самостоятельность, творческий подход и высокий уровень подготовки по вопросам профессиональной деятельности, организации работы коллектива, самоорганизации в ходе защиты отчета; в ходе защиты отчета продемонстрировал умение излагать материал в логической последовательности, систематично, аргументировано, грамотно.

- Зачет с оценкой «хорошо» – полностью выполнил задание по прохождению практики, однако допустил незначительные недочеты при написании отчета, в основном технического характера; письменный отчет о прохождении практики подготовил в установленный срок в соответствии с требованиями, но с незначительными недочетами. Оценка «хорошо» предполагает при устном отчете обучающегося по результатам прохождения практики ответы на вопросы преподавателя с незначительными недочетами, которые не исключают сформированность у обучающегося соответствующих компетенций, а также умение излагать материал в основном в логической последовательности, систематично, аргументировано, грамотно.

- Зачет с оценкой «удовлетворительно» – затруднялся с решением поставленных перед ним задач и допустил существенные недочеты в составлении отчета. Оценка «удовлетворительно» предполагает, что в ходе защиты отчета обучающийся продемонстрировал использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы, но испытывал затруднения, которые не исключают сформированность у обучающегося соответствующих компетенций на необходимом уровне.

- Зачет с оценкой «неудовлетворительно» – не выполнил задание практики, не смог в ходе практики продемонстрировать сформированность компетенций, предусмотренных требованиями к результатам практики; письменный отчет не соответствует установленным требованиям. Оценка «неудовлетворительно» предполагает, что в ходе защиты отчета обучающимся не были даны ответы на вопросы комиссии, не продемонстрировано умение

излагать материал в логической последовательности, аргументировано, грамотно.

Неудовлетворительные результаты промежуточной аттестации по практике или не прохождение промежуточной аттестации по производственной практике при отсутствии уважительных причин признаются академической задолженностью.

Обучающиеся, не выполнившие программы практик по уважительной причине, направляются на практику повторно по индивидуальному графику.

Рекомендуемая литература

1. Богомазов, С. В. Основы научных исследований в агрономии. Ч. 1. Основы методики исследований : учебное пособие / С. В. Богомазов, О. А. Ткачук, Е. В. Павликова. – Пенза : РИО ПГСХА, 2014. – 171 с. – Режим доступа: http://rucont.ru/efd/284684

2. Глуховцев, В. В. Основы научных исследований в агрономии : курс лекций / В. В. Глуховцев, С. Н. Зудилин, В. Г. Кириченко. – Самара : РИЦ СГСХА, 2008. – 291 с.

3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

5. Инновационные технологии возделывания полевых культур в АПК Самарской области : учебное пособие / В. А. Корчагин, С. Н. Шевченко, С. Н. Зудилин, О. И. Горянин. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 192 с. – Режим доступа: https://rucont.ru/efd/286821

6. Маслова, Л. Ф. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / Л. Ф. Маслова. – Ставрополь : АГРУС, 2014. – 88 с. – Режим доступа: https://rucont.ru/efd/314302

7. Наумкин, В. Н. Адаптивное растениеводство : учебное пособие / В. Н. Наумкин, А. С. Ступин, Н. А. Лопачев [и др.]. – СПб. : Издательство «Лань», 2018. – 356 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/102232/#1

8. Полоус, Г. П. Основные элементы методики полевого опыта : учебное пособие / Г. П. Полоус, А. И. Войскова. – Ставрополь : АГРУС, 2013. – 117 с. http://rucont.ru/efd/314385

9. Столярова, О. А. Экономика предприятия : учебное пособие / О. А. Столярова. – Пенза : РИО ПГАУ, 2017. – 171 с. – Режим доступа: https://rucont.ru/efd/579011

10.Ториков, В. Е. Научные основы агрономии : учебное пособие / В. Е.Ториков, О. В. Мельникова. – СПб. : Издательство «Лань», 2019. – 348 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/-book/112064

11. Чулкина, В.А. Интегрированная защита растений: фитосанитарные системы и технологии : учебник / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов. – М. : Колос, 2009. – 670 с.

Приложения

Приложение 1

Пример оформления титульного листа отчета о прохождении производственной практики

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Агрономический факультет
Кафедра «_____»

ОТЧЕТ
о прохождении производственной практики

_____
(тип производственной практики)

_____
(период прохождения производственной практики)

Направление подготовки 35.04.04 Агрономия
Профиль «_____»

Обучающийся __ курса __ группы
_____
(фамилия, имя, отчество)
Руководитель практики от организации
_____
(фамилия, имя, отчество)

_____
(подпись)
Руководитель практики от профильной организации
_____
(фамилия, имя, отчество)

_____
(подпись)
Отчет защищен «____» _____ 20___ г.
с оценкой «_____»
Кинель 20__

Приложение 2

Пример оформления индивидуального задания

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Факультет _____
Кафедра _____
Направление _____

ЗАДАНИЕ

на производственную практику _____
(тип производственной практики)
Обучающийся _____
(фамилия, имя, отчество полностью,№ группы)
Место прохождения производственной практики_____
(наименование организации)
Срок прохождения производственной практики с _____ по ____
Содержание задания на производственную практику (перечень подлежащих рассмотрению вопросов): _____
_____
_____
_____
Индивидуальное задание_____
_____
_____
Дата выдачи задания _____
Руководитель практики _____ _____
(подпись) *(И.О. Фамилия)*
Принял к исполнению _____ _____
(подпись) *(И.О. Фамилия обучающегося)*

«___» _____ 20___ г.

Рабочий график (план)
прохождения производственной практики

_____
(тип производственной практики)

№ п/п	Наименование этапов прохождения практики	Сроки выполнения

Обучающийся _____ _____
(подпись) *(И.О. Фамилия)*

Руководитель практики
от организации _____ _____
(подпись) *(И.О. Фамилия)*

Руководитель практики
от профильной организации
(при наличии) _____ _____
(подпись) *(И.О. Фамилия)*

Приложение 3

Пример оформления дневника прохождения производственной практики

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

ДНЕВНИК
прохождения производственной практики

_____
(тип производственной практики)

_____
(период прохождения производственной практики)

магистрантом____ курса агрономического факультета,
обучающегося по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия
профиль «_____»

_____
(фамилия, имя, отчество)

Кинель 20__

№ п/п	Дата	Описание содержания выполненной работы за день
1	2	3

Обучающийся _____ _____
(подпись) *(И.О. Фамилия)*

Руководитель практики
от организации _____ _____
(подпись) *(И.О. Фамилия)*

Руководитель практики
от профильной организации
(при наличии) _____ _____
(подпись) *(И.О. Фамилия)*

Оглавление

Предисловие 3

1. Организация проведения производственной практики 4

2. Типы производственной практики 8

2.1. Технологическая практика 8

2.2. Научно-исследовательская работа 17

2.3. Преддипломная практика 25

3. Оформление отчета о производственной практике 38

4. Формы отчетности по итогам производственной практики ... 41

Рекомендуемая литература 44

Приложения 45

Учебное издание

Зудилин Сергей Николаевич
Жичкина Людмила Николаевна
Кожевникова Оксана Петровна
Перцева Елена Владимировна

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 29.01.2020. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 2,96; печ. л. 3,19.
Тираж 50. Заказ № 17.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Рекультивация нефтезагрязненных черноземов Среднего Поволжья

Монография

Кинель 2020

УДК 631.6:631.95
ББК 40.38
Р36

Рецензенты:
д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Биология, химия, технология хранения и переработки продукции растениеводства»,
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина»,
В. А. Исайчев;
д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой «Агрономия и агротехнологии»,
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева»,
Д. В. Виноградов

Авторский коллектив:
О. В. Горшкова, Н. М. Троц, Г. И. Чернякова, Н. В. Прохорова, В. Б. Троц, Д. А. Ахматов

Р36 Рекультивация нефтезагрязненных черноземов Среднего Поволжья : монография / О. В. Горшкова, Н. М. Троц, Г. И. Чернякова [и др.]. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 149 с.
ISBN 978-5-88575-618-1

В монографии приводятся данные об агрохимических, агрофизических и агроэкологических свойствах черноземов, нарушенных при добыче нефти. Представлены материалы о видах нарушенных почв в агроклиматических условиях лесостепи и степи Среднего Поволжья, рассмотрены механизмы нарушения плодородия почв, обоснованы приемы фиторемедиации. Приводятся сведения о наиболее эффективных, с агрономической, экономической и энергетической точек зрения, приемах рекультивации нарушенных почв.

УДК 631.6:631.95
ББК 40.38

ISBN 978-5-88575-618-1

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2020
© Горшкова О. В., Троц Н. М., Чернякова Г. И., Прохорова Н. В., Троц В. Б., Ахматов Д. А., 2020

Оглавление

Введение..... 4
1. Проблема техногенного загрязнения черноземных почв при нефтедобыче..... 5
2. Биогеохимические особенности тяжелых металлов и пути их поступления в почву..... 37
3. Агроэкологические условия Самарской области..... 45
4. Природно-хозяйственная характеристика территории месторождений нефти и газа..... 48
5. Особенности накопления тяжелых металлов различными подтипами черноземов..... 59
6. Агрохимические свойства черноземов сельскохозяйственных угодий, подвергшихся нефтяному загрязнению..... 70
6.1. Почвы, подвергшиеся нефтяному загрязнению..... 72
6.2. Засоленные и солонцеватые почвы..... 93
6.3. Тяжелые металлы в нефтезагрязненных почвах..... 99
7. Восстановление черноземных почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами..... 105
7.1. Гипсование почвы, внесение органических и минеральных удобрений при рекультивационных мероприятиях..... 105
7.2. Продуктивность сидеральных культур на рекультивируемых почвах..... 109
8. Расчет ущерба от загрязнения нефтью и нефтепродуктами, экономическая и энергетическая эффективность приемов рекультивации..... 113
8.1. Расчет энергетической эффективности применяемых технологий рекультивации нефтезагрязненных почв..... 120
Заключение..... 127
Литература..... 130
Алфавитно-предметный указатель..... 147

Введение

Удельный вес Самарской области в добыче нефти по России составляет 2,7%. Добыча нефти в Самарской области ведётся с 1936 года. В недрах области содержится около 300 млн тонн извлекаемых запасов нефти и 600 млн тонн ресурсов нефти. Открыто более 380 месторождений нефти, из которых 144 числятся на балансе нефтяных компаний. Нефтедобывающие предприятия Самарской области на протяжении последних лет уверенно увеличивают объёмы добычи нефти. За 2003-2015 гг. среднегодовой объем добычи нефти по области составил более 12 млн. тонн. В 2012 г. добыто 14,7 млн тонн нефти, что на 3,4% больше по сравнению с 2011 г.

Под объекты нефтедобычи отводятся земли сельскохозяйственного назначения, которые выступают как основное средство производства в сельском хозяйстве, имеют особый правовой режим и подлежат особой охране. Почва является самым распространенным и трудно восстановимым объектом, на который оказывают негативное влияние нефтепродукты и попутные пластовые воды [156, 168, 129, 57]. На 1 января 2016 года земли сельскохозяйственного назначения в Самарской области занимают площадь 4067,4 тыс. га. По сравнению с 2014 годом площадь земель данной категории уменьшилась на 1,3 тыс. га. Ежегодно от 2,5 до 4,0 тыс. га сельскохозяйственных угодий используется не по прямому назначению. Причем более 20% из этого количества выводится на длительный срок (более 10 лет). На разлив нефти приходится от 2,3 до 4,0% нецелевого использования земель сельскохозяйственного назначения [38]. За последние 15 лет почвенные, геоботанические и другие глубокие специальные исследования по изучению состояния и использования почв земель сельскохозяйственного назначения Самарской области не проводились.

Исследования, направленные на изучение воздействия нефти, нефтепродуктов и попутных пластовых вод на почвенный покров и рекультивацию нефтезагрязненных и техногенно засоленных почв на территории Самарской области, представляют собой особую актуальность.

1. Проблема техногенного загрязнения черноземных почв при нефтедобыче

Самарская область характеризуется значительной неоднородностью природных условий и почвенного покрова, это связано с ее расположением в двух природных зонах – лесостепной и степной, и является следствием совместного влияния широких географических закономерностей и ряда некоторых местных, региональных особенностей природы.

В структуре земельного фонда Самарской области удельный вес земель сельскохозяйственного назначения составляет 76,8% территории или 4070,8 тыс. га [165].

Почва – это весьма специфический компонент биосферы, поскольку она не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество. Микроэлементы, поступающие из различных источников, попадают в конечном итоге на поверхность почвы, и их дальнейшая судьба зависит от ее механических, химических и физических свойств [49].

В связи с большой протяженностью лесостепи, ее климатические условия отличаются значительным многообразием. Лесостепная зона отличается преобладанием возможного испарения над суммарным количеством выпадающих осадков (за исключением отдельных лет). В связи с этим для лесостепных почв характерен периодически промывной водный режим, обуславливающий господство почв со значительным накоплением органических веществ, в составе которых преобладают гуминовые кислоты [63].

Степная зона по сравнению с лесостепной характеризуется более сухим климатом, связанным с более высокими температурами вегетационного периода, меньшим количеством осадков и сухостью воздуха. В пределах зоны с запада на восток резко увеличивается континентальность климата. Температуры января изменяются от -2 до -27^0 С, июля – от +17 до $+24^0$ С [167, 22].

Количество атмосферных осадков, которые выпадают в степной зоне, расходуется назад в атмосферу путем транспирации растительности и непосредственно из почвы. Степная зона характеризуется непромывным водным режимом [63].

Плодородие чернозема известно было давно. Накопление в нем органических веществ объяснено впервые академиком Ф. И. Рупрехтом, который вместе с тем указал и на особенный характер черноземной флоры. Впоследствии исследования Ф. И. Рупрехта были значительно дополнены; происхождение чернозема и его свойства разъяснены работами профессоров В. В. Докучаева и П. А. Костычева; особенного внимания заслуживают работы профессоров В. Я. Цингера и С. И. Коржинского в области исследования растительного покрова черноземных почв [20].

В агрономическом (технологическом) смысле под плодородием понимают способность почвы служить растениям средой обитания, источником и, главное, посредником в обеспечении земными факторами жизни (водой, питательными веществами и др.), обеспечивать возможность индустриального ведения производства, быть устойчивой против всех факторов разрушения [1].

К основным показателям плодородия почв можно отнести следующие:

А*грохимические* – содержание гумуса, реакция почвенного раствора (pH водной и солевой суспензии), состояние почвенного поглощающего комплекса (сумма поглощенных или обменных оснований, гидролитическая и обменная кислотности, емкость катионного обмена, степень насыщенности основаниями), валовое содержание и подвижные формы макро- и микроэлементов, необходимых для питания растений;

Агрофизические – гранулометрический состав, структурное состояние, плотность сложения, общая порозность, водные, воздушные и тепловые свойства и режимы почвы;

Биологические – общее число микроорганизмов, их видовой и групповой состав, ферментативная активность, нитрифицирующая, денитрифицирующая и азотфиксирующая активность почвы, интенсивность разложения целлюлозы в почве, интенсивность выделения CO_2;

Экологические – показатели, которые являются результатом воздействия человека на экосистемы и обуславливающие экологическое состояние почв. К ним относятся: степень эродированности почв, дозы вносимых удобрений, контурность, распаханность территорий, качество и количество поступающих органических и минеральных соединений, а также содержание в почве веществ и

элементов загрязнителей (тяжелые металлы, остаточные количества пестицидов и т. д.), патогенной микрофлоры и т. п. [77].

Оптимальный уровень плодородия той или иной почвы определяется таким сочетанием ее основных свойств и показателей, при которых могут быть наиболее полно использованы все жизненно важные для растений факторы и реализованы возможности выращиваемых сельскохозяйственных культур [35].

Среди факторов, способствующих деградации плодородия, наиболее существенны: эрозия почв, выпахивание, дегумификация, засоление почв высокоминерализованными водами и загрязнение нефтью и нефтепродуктами.

В степи и лесостепи Среднего Поволжья широко развиты эрозионные и другие процессы деградации черноземов [18, 66].

В условиях интенсивного земледелия важнейшая задача рационального использования почвы – это обеспечение расширенного воспроизводства почвенного плодородия, т.е. одновременный рост как эффективного, так и потенциального плодородия.

Воспроизводство плодородия почвы в интенсивном земледелии осуществляется двумя путями: вещественным (применение удобрений, мелиорантов, пестицидов, ведение севооборотов) и технологическим (применение механической обработки, осушительные мелиорации и др.).

Черноземы обыкновенные и южные лимитированы во влаге, поэтому они являются объектами орошения. Орошение не только повышает урожайность сельскохозяйственных культур, но и наиболее существенно влияет на свойства почвы.

Ненормированный режим орошения в почвенном профиле создает условия для прямых непродуктивных инфильтрационных потерь поливных вод и питательных элементов.

Таким образом, при неконтролируемом использовании оросительной воды, эксплуатации сельскохозяйственной техники происходит деградация свойств черноземов. Она усиливается при длительной механической обработке в условиях применения низких доз органических и минеральных удобрений.

Важнейшая задача сельскохозяйственного производства на черноземных почвах – правильное использование их высокого потенциального плодородия, предохранение гумусового слоя от разрушения.

Черноземные почвы обладают высоким потенциальным плодородием, но их эффективное плодородие зависит от тепло- и влагообеспеченности, биологической активности. Черноземы лесостепи характеризуются лучшей влагообеспеченностью по сравнению со степными черноземами. Продуктивность их выше. Уровень эффективного плодородия степных черноземов снижается из-за ухудшения условий влагообеспеченности, снижения биологической активности, проявления периодических засух [105].

Эффективное плодородие черноземов в пределах каждого подтипа определяется родовыми и видовыми признаками: степенью солонцеватости и карбонатности, мощностью гумусовых горизонтов и содержанием гумуса, механическим составом, степенью эродированности, свойствами и мощностью почвообразующих пород, а также уровнем окультуривания почв. Чем больше мощность гумусовых горизонтов и запасы гумуса, тем больше общих запасов элементов питания, тем благоприятнее водный режим. Поэтому в черноземах наблюдается прямая корреляция между урожаем сельскохозяйственных культур и мощностью гумусового слоя, запасами гумуса. Чтобы стабилизировать и повысить содержание гумуса в черноземах, необходимо, прежде всего, остановить эрозию внедрением комплекса почвозащитных мероприятий [105].

Основные пути сохранения и повышения плодородия черноземов – рациональные приемы обработки (в том числе, внедрение минимальной обработки) почвы, накопления и правильного расходования влаги, внесение удобрений, улучшение структуры посевных площадей, введение высокоурожайных культур и сортов, борьба с эрозией [105].

Основной фон почвенного покрова территории Самарской области представлен черноземными почвами которые занимают более чем 70% территории области [65].

По содержанию гумуса в области преобладают малогумусные почвы – 1759345 га или 46,1 % от общей площади сельскохозяйственных угодий. Менее распространены слабогумусированные почвы – 1043221 га или 27,4 %. Среднегумусные виды занимают площадь 955530 га (25,0 %). На долю тучных (высокогумусных) и микрогумусных приходится 9118 га (0,2 %) и 50825 га (1,3%), соответственно [143].

По мощности гумусового горизонта наибольшее распространение получили среднемощные почвы – 1966866 га или 51,5 %. Несколько меньшую площадь занимают маломощные – 1597662 га или 41,8 %. На долю мощных и очень маломощных приходится 124909 га (3,3 %) и 128602 га (3,4 %), соответственно. Очень маломощные виды почв заняты в основном пастбищами – 73,8 % от общей площади маломощных почв. От 70 % до 90 % площади мощных, средне- и маломощных почв заняты пашней и многолетними насаждениями [143].

В связи с развитием на территории области трубопроводного транспорта и нефтедобывающих отраслей промышленности во многих районах встречаются земли, загрязненные нефтепродуктами. Увеличение площадей таких земель зафиксировано в Алексеевском, Волжском, Кинельском, Красноармейском районах [143].

В зонах возможного техногенного влияния промышленности и крупных автомагистральных городов Самары, Новокуйбышевска, Отрадного, Сызрани, Тольятти, Нефтегорска и прилегающих к ним районов ФГУ «Станция агрохимической службы «Самарская» на заложенных контрольных площадках проводит ежегодные определения валового содержания тяжелых металлов в почвах [88].

Определяются хром, никель, кадмий, свинец, медь, ртуть, кобальт, цинк, железо, марганец, мышьяк. Кроме того, измеряются хлорсодержащие, фосфорсодержащие соединения и мощность дозы гамма излучения.

Запасы гумуса в почвах области, как правило, увеличиваются в направлении от светло-серых лесных почв к типичным чернозёмам: светло-серые → серые → тёмно-серые лесные почвы → оподзоленные и выщелоченные чернозёмы → типичные чернозёмы. Дальше на юг, к южным чернозёмам и каштановым почвам, запасы гумуса снижаются.

Больше всего гумуса содержится в типичных чернозёмах (в метровом слое до 800-900 т/га), меньше всего – в светло-серых и серых почвах (80-270 т/га).

Чернозёмные почвы области незначительно отличаются по таким актуальным и динамичным агрохимическим показателям, как гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимические свойства основных типов почв Самарской области [65, 95]

Показатели	Черноземы				Тёмно-каштановые почвы
	Оподзоленные и выщелоченные	Типичные	Обыкновенные	Южные	
pH солевой вытяжки	5,8–6,1	6,5–6,7	6,4–6,7	6,8–7,2	6,9–7,3
Гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г почвы	3,4–3,8	1,6–1,9	1,8–2,1	0,5–0,6	–
Сумма поглощённых оснований, мг-экв./100 г почвы	41,1–45,3	46,6–48,6	45,5–48,6	37,9–38,8	26,1–49,6
Степень насыщенности основаниями, %	90–91	89–99	93–96	97–99	100
Валовый азот, %	0,35–0,41	0,39–1,51	0,39–0,42	0,25–0,28	0,16–0,24
Валовый фосфор, %	0,14–0,20	0,17–0,22	0,19–0,21	0,12–0,24	0,07–0,24
Валовый калий, %	1,73–2,09	1,66–2,11	2,11–2,19	1,91–2,12	0,87–2,31
Гидролизуемый азот, мг/кг	79–87	89–129	127–141	90–97	42–107
Подвижный фосфор, мг/кг	98–122	148–168	157–163	26–31	18–61
Обменный калий, мг/кг	106–108	161–204	198–209	114–273	93–264

В подавляющем большинстве они характеризуются слабокислой и нейтральной реакцией почвенных растворов, вполне благоприятной для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур.

Величина pH солевой вытяжки у серых лесных почв, оподзоленных и выщелоченных черноземов колеблется от 5,8 до 6,1, у обыкновенных и типичных чернозёмов – от 6,4 до 6,7, у южных чернозёмов, тёмно-каштановых почв этот показатель – 7,2-7,3. Соответственно, изменяется и гидролитическая кислотность ($H_г$), которая не превышает 3-4 мг-экв. на 100 г у серых лесных почв, оподзоленных и выщелоченных чернозёмов, снижаясь до 1,6-2,0 мг-экв./100 г почвы у типичных и обыкновенных чернозёмов [65, 143].

Почвы области характеризуются высокой степенью насыщенности основаниями, среди которых более 80-85% приходится на долю кальция. Обыкновенные и типичные чернозёмы обладают высокой обменно-поглотительной способностью, что тесно связано с аккумуляцией гумуса. Поглощающий комплекс, достигая значений 45-50 мг-экв. на 100 г твердой фазы почвы, устойчиво насыщен кальцием и магнием, соотношение между которыми колеблется в диапазоне 4-3:1. По результатам обследований почв пахотных угодий Самарской области можно сделать вывод, что за последние 20 лет в области практически исчезли чернозёмы с высоким содержанием гумуса (свыше 8 %). Сократились и площади среднегумусных почв с содержанием гумуса 6-8 %, их удельный вес в структуре пашни области снизился с 31,9 до 11,7 %. Вместе с тем значительно увеличилось количество слабогумусированных почв (с 19,3 до 39,6 %) [143]. Чернозёмные почвы Самарской области, имеющие близкую к нейтральной и нейтральную реакцию среды, аккумулируют, в основном, неорганические формы фосфатов. Как правило, это кальциевые и магниевые соли ортофосфорной кислоты. На богатых кальцием почвах, какими являются чернозёмы типичные, обыкновенные и южные, снабжение растений фосфором ухудшается вследствие трудно растворимых фосфатов кальция. В связи с этим, применение фосфорных удобрений является необходимым для большинства почв и сельскохозяйственных растений.

По данным исследований, проведённых в Самарской области агрохимической службой и научно-исследовательскими учреждениями, установлены оптимальные параметры содержания подвижных форм фосфора в почвах: для выщелоченных и типичных чернозёмов – 160 мг/кг, обыкновенных чернозёмов – 148 мг/кг, южных чернозёмов – 120 мг/кг. По результатам агрохимического обследования средневзвешенное содержание подвижных форм фосфора в почвах Самарской области – до 95 мг/кг. Средневзвешенное содержание обменного калия по области в 2013 году составляло 137,0 мг/кг, что в значительной степени связано с доминированием разновидностей почвы с тяжёлым механическим составом [95].

Наряду с дефицитом основных элементов питания растений наблюдается и недостаток подвижных форм микроэлементов и серы.

По марганцу – 36,7 % пашни, по меди – 67,5 %, по цинку – 92,5 %, по кобальту – 57,2 %, по сере – 48,1 % – имеют низкую обеспеченность [65, 95].

В целом, преобладающие черноземные почвы области характеризуются высоким потенциальным плодородием. Количественные показатели общих запасов основных источников питания растений (азота, фосфора, калия) по разным типам и подтипам почв области изменяются в широких пределах в связи с зонально-географическими и местными особенностями почвообразования. При этом важнейшее значение имеют механический состав, мощность гумусовых горизонтов и содержание в них элементов питания [65, 5].

Нефтезагрязненные участки занимают в России достаточно большие территории. Суммарная площадь загрязненных нефтью и нефтепродуктами земель в Российской Федерации составляет более 70 тыс. га [11]. Преобразование природной среды, связанное с отведением лесных, сельскохозяйственных и других земель под технологические объекты нефтепромыслов, приводит к их качественным изменениям [10]. Для почвенного плодородия опасны последствия, обусловленные техногенным загрязнением почв продуктами нефтедобычи и тяжелыми металлами [105, 25].

С позиций химии нефть – сложная, исключительно многокомпонентная взаиморастворимая смесь газообразных, жидких и твердых углеводородов различного химического строения с числом углеродных атомов до 100 и более, с примесью гетероорганических соединений серы, азота, кислорода и некоторых металлов. По химическому составу нефти различных месторождений весьма разнообразны. Менее всего колеблется элементный состав нефтей: 82,5-87 % углерода; 11,5-14,5 % водорода; 0,05-0,35 %, (редко до 0,7 % кислорода; до 1,8 % азота и до 5,3, редко до 10% серы). Кроме названных, в нефтях обнаружены в незначительных количествах очень многие элементы, в т.ч. металлы: Ca, Mg, Fe, Al, Si, V, Ni, Na и др. [127].

В почвенном покрове нефтедобывающих районов выделяются следующие основные типы нарушений почв: нефтезагрязненные (замазученные), техногенно засоленные, скрытнозамазученные, почвы смешанного типа загрязнения и перерытые [23, 159].

Большой объем добычи, переработки и, особенно, утилизации углеводородов (УВ) вызвал множество экологических проблем,

вынуждающих оценивать экологические риски, связанные с их освоением. Прежде всего, нефти приносят существенный ущерб, механически и химически загрязняя окружающую среду. Разрушаются и угнетаются трофические цепи в биоценозах. Особенно это видно в местах интенсивных нефтезагрязнений: при прорывах нефтепроводов, авариях танкеров, нефтяных платформ и пр. УВ загрязняют почвы и подземные воды на промыслах, вблизи НПЗ и ТЭС, транспортных терминалов, нефтебаз [85, 58].

Вне активных экологических исследований остаются месторождения, сырьё которых потенциально токсично не столько по УВ соединениям: фенолам, бенз-(а)-пиренам и пр., сколько по составу компонентов-примесей, таких как тяжёлые и радиоактивные металлы, мышьяк и др. Их влияние на окружающую среду проявляется в основном при переработке и утилизации сырья, причём последствия их рассеяния в окружающей среде остаются визуально незамеченными, что делает такое сырьё значительно более опасным [36, 39, 6, 172, 173].

В России становится все меньше легкоизвлекаемых запасов нефти и все больше трудноизвлекаемых. Рост нефтепотребления и увеличения запасов тяжелой металлоносной нефти ставит перед обществом социально-экологические проблемы, связанные с защитой окружающей среды. Вынужденный переход к широкомасштабному освоению тяжелой металлоносной нефти с неблагоприятными экологическими свойствами усиливает ее негативное влияние на окружающую среду, особенно в индустриально развитых густонаселенных регионах.

Тяжелые нефти обогащены металлами-примесями, например, ванадием и никелем и др., с ярко выраженными токсическими свойствами. Известно, что в тяжелых нефтях содержание ванадия и никеля сопоставимо с концентрацией их в рудах, а в остаточных нефтепродуктах (мазутах, коксах, гудронах, песках и асфальте) в 2-4 раза больше. Своевременное изучение и учет уровней природной и технологической обогащённости тяжелой нефти металламитоксикантами может предотвратить или хотя бы уменьшить влияние на окружающую среду. Необходимым и достаточным для этого является наличие информации о составе и содержании металлов в нефти, что позволит своевременно принять защитные меры ещё на стадии выбора технологий добычи, переработки и утилизации токсически опасного углеводородного сырья. Знание свойств

нефти особенно важно при прогнозе последствий аварийных ситуаций. Учитывая изложенное, становится понятной необходимость изучения распространения месторождений тяжелой нефти с наиболее высокими концентрациями ванадия и никеля, как основных токсоопасных и биологически активных элементов, сравнительного анализа состава и физико-химических свойств тяжелой металлоносной нефти в наиболее крупных по запасам нефтегазоносных бассейнах (НГБ) России [174].

Все объекты нефтедобывающего комплекса можно разделить на осуществляющие транспортировку нефтепродуктов (трубопроводы) и объекты, предназначенные для добычи нефти, очистки и подготовки нефти для последующей транспортировки на нефтеперерабатывающие заводы.

Добыча нефти осуществляется из эксплуатационных нефтедобывающих скважин, сгруппированных в КС (кусты скважин) – обвалованные площадки, на которых расположены устья нескольких скважин. Продукция всех скважин по нефтепроводу подается на дожимные насосные станции (ДНС) – предназначены для первой ступени сепарации нефти от газа, подачи газа для сжигания на факел и перекачки жидкости по нефтепроводу нефтесборным коллекторам на УППН (установка первичной подготовки нефти) [10].

Назначение УППН – подготовка нефти товарного качества путем переработки нефтяной эмульсии (обезвоживания и обессоливания) и откачка товарной нефти в систему магистральных трубопроводов для дальнейшей транспортировки.

Нефть и нефтепродукты рассеиваются в окружающей природной среде повсеместно, так как в современном мире нет такой области хозяйственной деятельности человека, где бы они не использовались. В области, свободной от хозяйственной деятельности человека (заповедники, труднодоступные территории), углеводороды транспортируются с воздушными и водными потоками. Глобальное или региональное рассеяние углеводородов происходит, как правило, из суммы источников, находящихся иногда на значительных расстояниях и мало связанных между собой [17].

Главные потенциальные источники загрязнения природной среды нефтью и нефтепродуктами – это нефтепромыслы, нефтепроводы, нефтеперерабатывающие предприятия, нефтехранилища, наземный и водный транспорт, перевозящий нефтепродукты.

Характеристика этих источников приведена в таблице 2 [158, 154, 128, 68, 101, 31].

Таблица 2

Главные потенциальные источники загрязнения природной среды нефтью и нефтепродуктами [158, 154, 128, 68, 101, 31]

Предприятие	Источник загрязнения	Основные причины загрязнений	Вещества, загрязняющие природную среду
Нефтепромысел	Скважины	Стравливание во время ремонта, нарушение герметичности, арматуры, аварийные выбросы	Сырая нефть, товарная нефть, минерализованные воды
	Трубопроводы	Коррозия и механические повреждения труб	NaCl, $CaSO_4$ и др.
	Сборные пункты, нефтехранилища	Испарение углеводородов в атмосферу, утечки в результате нарушения герметичности емкостей	Конденсаты
	Пункты первичной подготовки нефти	То же, что на сборных пунктах и трубопроводах; сброс сточных вод	Конденсаты, сажа, канцерогенные углеводороды
	Факелы	Неполное сгорание нефтепродуктов, конденсация стравленных в воздухе углеводородов	Конденсаты, сажа, канцерогенные углеводороды
Нефтепроводы	Нефтепроводы, нефтепродуктопроводы	Механические повреждения труб, коррозия	Товарная нефть (обезвоженная и обессоленная), жидкие нефтепродукты
Нефтеперерабатывающие заводы, нефтехранилища	Очистные сооружения, канализация	Аварии, разгерметизация соединений трубопроводов, испарение нефтепродуктов в атмосферу	Сточные воды с нефтью и нефтепродуктами (от 100 до 15000 мг/л)
	Резервуары для хранения нефтепродуктов	Выбросы в атмосферу через клапаны при избыточном давлении паров, нарушение герметичности резервуаров	Легкие углеводороды, мазуты, дизельные и другие топлива
	Технологические установки	Выбросы через предохранительные клапаны	Углеводороды, сероводород
	Факельные системы	Неполное сгорание углеводородов, сероводорода, отсутствие пламени на факеле	Углеводороды, сероводород, окислы серы, углерода, фенолы, бензол, бенз(а)пирен

Наиболее распространенный и менее всего управляемый источник – нефтепроводы, по которым перекачивается сырая и товарная нефть, а также различные жидкие нефтепродукты.

Нефтепроводы густой сетью располагаются в нефтедобывающих районах, их нитки протягиваются через всю страну, пересекая реки, каналы, горные хребты. Аварии нефтепроводов часто случаются вблизи рек, которыми нефть разносится на большие расстояния [17].

На территориях нефтепромыслов главными источниками загрязнения являются эксплуатационные и разведочные скважины, из которых происходят аварийные выбросы. На отдельных промыслах число таких скважин достигает нескольких сотен. На нефтепромыслах имеются и другие источники загрязнения: трубопроводы, сборные пункты, хранилища, пункты подготовки нефти [17]. В зависимости от положения нефтепромысла в ландшафтно-геохимической системе потоки нефти и нефтяных вод могут захватывать и смежные территории.

Нефтеперерабатывающие предприятия и заводы (НПЗ) и нефтехранилища – локальные источники загрязнения. Они загрязняют среду главным образом через атмосферу и сточные воды.

Единовременные выбросы на почву при этом относительно невелики, но их постоянное действие создает вокруг значительный ареал устойчивого загрязнения [17].

При попадании нефти в почву в ней происходят глубокие и часто необратимые изменения морфологических, физических, физико-химических, микробиологических свойств, а иногда и существенная перестройка всего почвенного профиля, что приводит к потере загрязненными почвами плодородия и выведению загрязненных территорий из сельскохозяйственного использования.

В результате разлива нефти высокомолекулярные продукты ее деградации образуют на поверхности почвы, весьма устойчивые к разложению, корочки.

В процессе просачивания смолисто-асфальтовые компоненты нефти сорбируются большей частью верхними горизонтами почв, прочно цементируя их, что ухудшает водно-воздушные свойства почв [154, 46, 93, 134].

С момента поступления нефти в почву начинается процесс ее естественного фракционирования. Изменение нефти в почвах, ее деградация происходит под влиянием трех основных взаимозависимых и взаимообусловленных факторов: микробиологического, физического и химического. Действие их в отдельности весьма

трудно вычленить, и можно лишь решить вопрос об относительном доминировании на отдельных стадиях деградации нефти физических, химических, либо биологических процессов. Физические процессы ведут к испарению легких фракций, вымыванию и рассеиванию за пределы площади загрязнений части углеводородов. Химические процессы ведут к образованию трех основных видов продуктов: воднорастворимых соединений, асфальтово-смолистых веществ и слаборастворимых или нерастворимых в органических растворителях продуктов типа оксикеритов и гуминокеритов, т.е. битуминозные вещества в почвах переходят постепенно в нерастворимое состояние и гумифицируются [100, 24, 174].

В работах Н. М. Исмаилова (1988) выделяется 3 этапа трансформации нефти в почвах:

- физико-химическое разрушение легких фракций УВ;
- микробиологическое разрушение низкомолекулярных фракций;
- трансформация высокомолекулярных смол.

Нормальные алканы деградируют в первые месяцы загрязнения, более устойчивыми являются циклоалканы и тетраароматические УВ; высокоустойчивы к деградации пентаароматические УВ, асфальтены и смолы.

Три основных этапа естественного разрушения нефти на земной поверхности приводятся на основании методик Д. Г. Звягинцева [41]:

I этап длится в среднем 1,5 года. Преобладают физико-химические процессы, включающие проникновение нефти вглубь почвы, испарение легких фракций, вымывание, окисление атмосферным кислородом и фотохимическое разложение нефтяных углеводородов. Концентрация нефти в почве за этот период снижается на 40-50%.

II этап длится 3-4 года после окончания первого. Разложение нефти происходит под воздействием почвенных углеводородокисляющих микроорганизмов, численность которых при этом увеличивается в 25 раз. Происходит разрушение метано-нафтеновых фракций, являющихся самыми токсичными компонентами нефти для растений и почвенных животных.

III этап начинается через 4,5-5 лет после разлива нефти и длится до ее полного разрушения. Этап характеризуется

микробиологическим разложением остальной менее токсичной части углеводородов и смолисто-асфальтеновых компонентов, которые образуют на загрязненной поверхности сплошные жесткие корочки – так называемые, киры. В самом начале этапа возможно возобновление некоторых видов растений, устойчивых к повышенному содержанию нефти в грунте. Но их появлению препятствуют киры, которые не позволяют воздуху проникать в корнеобитаемый слой почвы, вызывая своеобразное удушье растений и почвенных животных. С химической точки зрения, полностью процесс естественного разрушения нефти заканчивается не менее чем через 25 лет, однако токсические свойства нефти исчезают уже через 10-12 лет, продукты ее разложения частично включаются в почвенный гумус, частично растворяются и удаляются

Для каждого региона существует свой региональный фон содержания углеводородов в почвах. Этот фон колеблется в широких пределах – от 10 до 500 мг на 1 кг сухого веса почвы. В этих пределах нефтепродукты не оказывают заметного вредного влияния на окружающую среду. Для территории Самарской области региональный фон составляет 50 мг/кг почвы [33].

Нижний безопасный уровень содержания нефтепродуктов в почвах составляет 1000 мг/кг [102, 29]. Ниже этого уровня в почвенных экосистемах происходят процессы самоочищения. Верхний безопасный уровень содержания нефтепродуктов зависит от типа почвы, климатической зоны и состава нефтепродуктов.

Почвы считаются загрязненными нефтепродуктами, если концентрация их достигает уровня, при котором:

- начинается угнетение или деградация растительного покрова;
- падает продуктивность сельскохозяйственных земель;
- нарушается природное равновесие в почвенном биоценозе;
- происходит вытеснение одним или двумя бурно произрастающими видами растительности остальных видов, ингибируется деятельность микроорганизмов, исчезают виды альгофлоры, мезофауны;
- происходит вымывание нефти из почв в подземные или поверхностные воды;
- изменяются водно-физические свойства и структура почв [100, 34, 155].

При очень слабой степени загрязнения (до 1%) нефть является активатором восстановительных процессов, при слабой (1-3%) –

заметно снижение продуктивности растений, а некоторых чувствительных, даже гибель. Концентрация нефти более 5% оказывает ингибирующие влияние [62, 132, 40, 50, 155].

По многочисленным исследованиям [100, 42, 155, 50] концентрации нефтепродуктов в почвах, можно сделать вывод, что:

- максимальная безопасная концентрация нефтепродуктов в почвах и грунтах составляет 1 г/кг;
- при загрязнении от 1 до 5 г/кг достаточно мягких мероприятий по усилению процессов самоочищения (рыхление, увлажнение, аэрация);
- при концентрациях от 5 до 10 г/кг требуются интенсивные мероприятия по рекультивации;
- при уровне загрязнения выше 10 г/кг необходимы целенаправленные мероприятия по рекультивации.

При воздействии нефти и нефтепродуктов на почвенный покров происходят следующие изменения: с увеличением степени загрязнения почвы нефтепродуктами увеличивается плотность почвы, происходит ухудшение структурного состояния, уменьшается водопроницаемость [13].

Техногенное воздействие объектов нефтедобывающего комплекса наряду с загрязнением нефтепродуктами, сопровождается засолением окружающей среды.

Причиной этого процесса являются разливы засоленных вод, залегающих в одних и тех же пластах, что и нефть. Причиной разливов, как правило, являются неисправности в проводящей системе трубопроводов [67].

Попадая в почвенные горизонты, соли вызывают значительные изменения практически всех почвенных показателей. Прежде всего, накопление в почвенных горизонтах легкорастворимых солей ведет к изменению условия питания растений. Степень влияния засоленных вод на свойства почв во многом определяется составом вод. Воды, содержащие в своем составе значительные количества кальция, оказывают менее негативное влияние на физические свойства, чем аналогичные концентрации натрия. В целом натрий является наиболее токсичным катионом среди компонентов легкорастворимых солей. Даже при незначительных количествах этого элемента в почве наблюдается разрушение почвенной структуры, повышение плотности почв, уплотнение почв, резкое ухудшение водно-физических свойств [55, 59].

Чаще всего загрязнение почвенно-растительного покрова высокоминерализованными водами происходит в результате разлива подтоварной воды, а также воды, используемой в системе поддержания пластового давления (ППД). Наибольшую опасность для окружающей природной среды представляют водоводы высокого и низкого давления из-за аварий вследствие коррозии стенок трубопроводов, так как подтоварная вода обладает наиболее агрессивными химическими свойствами.

Засоление почв (*salinity of soils*) – процесс накопления в почве солей (чаще хлоридов и сульфатов натрия, кальция и магния, карбоната и нитрата калия), приводящий к образованию солонцеватых и солончаковатых почв. Повышение концентрации солей в почве в конечном итоге делает невозможным рост растений. Засоленными считаются почвы, в которых сумма солей (или плотный остаток) – 0,05 % в случае хлоридного типа засоления, 0,1 % – если имеет место сульфатно-хлоридный тип засоления, и более 0,2 %, если хлоридно-сульфатный тип засоления.

В зависимости от состава и количества соотношения солей разных кислот различают следующие типы засоления: а) хлоридное (среди легкорастворимых солей преобладают соли HCl); б) сульфатное (преобладают соли H_2SO_4); в) содовое (обусловлено солями H_2CO_3); г) смешанные типы (обусловлены присутствием солей двух или всех трех кислот).

Засоление приводит к созданию в почве низкого водного потенциала, поэтому поступление воды в растение сильно затруднено. Важнейшей стороной вредного влияния солей является нарушение процессов обмена. В работах физиолога Б. П. Строганова показано, что под влиянием солей в растениях нарушается азотный обмен, что приводит к интенсивному распаду белков, в результате происходит накопление промежуточных продуктов обмена веществ, токсически действующих на растение, таких как аммиак и другие ядовитые продукты.

В условиях засоления отмечено образование таких токсичных продуктов, как кадаверин и путресцин, являющихся аналогами трупного яда. На фоне сульфатного засоления накапливаются продукты окисления серосодержащих аминокислот (сульфоксиды и сульфоны), которые также являются ядовитыми для растений. Повышенная концентрация солей, особенно хлористых, может

действовать как разобщитель процессов окисления и фосфорилирования и тем самым нарушать снабжение растений макроэргическими фосфорными соединениями. Под влиянием солей происходят нарушения ультраструктуры клеток, в частности изменения в структуре хлоропластов (набухание гранул и ламелл).

Надо учесть также, что на засоленных почвах большая концентрация натрия препятствует накоплению других катионов, в том числе и таких необходимых для жизни растения, как калий и кальций.

Часто главной причиной замедления роста растений в условиях засоления является не прямое влияние избытка солей в их тканях, а ослабление способности корней поставлять в побеги необходимые для их роста продукты метаболизма, т.е. замедление поступления питательных элементов из субстрата, угнетение их метаболизации в корнях и транспорта в побеги.

Раньше всего отрицательное действие высокой концентрации солей сказывается на корневой системе растений. При этом в корнях страдают наружные клетки, непосредственно соприкасающиеся с раствором соли. Характерной особенностью корневых систем на почвогрунтах с глубинным засолением является их поверхностное распространение. Внезапное увеличение концентраций NaCl в среде приводит к скачкообразному увеличению ионной проницаемости корневой системы. Корни растений при избытке солей теряют тургор, отмирают и приобретают темную окраску.

Повреждающее действие засоления усиливается при недостаточной обеспеченности растений основными элементами минерального питания, что, по-видимому, обусловлено угнетением корней. Листья также в значительной мере чувствительны к засолению.

В результате обобщения данных о влиянии высокоминерализованных вод выделены следующие факторы угнетения растений при засолении:

а) затрудненное водоснабжение целого растения вызывает отрицательные изменения в работе механизмов осморегуляции;

б) дисбаланс минерального состава среды, в результате которого происходят нарушения минерального питания растений;

в) стресс на сильное засоление;

г) токсикация.

Самарская область входит в число экологически неблагополучных регионов России. Неблагоприятная экологическая ситуация обусловлена высокой антропогенной нагрузкой, нарушенностью природных ландшафтов, практически отсутствием территорий, не затронутых хозяйственной деятельностью. Несмотря на то, что в предыдущее десятилетие в области сохранялась тенденция снижения абсолютных объемов ряда показателей, характеризующих загрязненность окружающей природной среды, уровень загрязнения среды Самарской области продолжает оставаться высоким и снова увеличивается.

Самыми значимыми источниками негативного воздействия на экологическое состояние территории области являются разрабатываемые нефтяные месторождения со всей сопутствующей инфраструктурой (скважины, сеть технологических, межпромысловых, промысловых и транзитных трубопроводов и коллекторов, водоводов и продуктопроводов, нефтеочистительные и нефтеперекачивающие станции и пр.).

По состоянию на 2002-2003 гг. на территории Самарской области было официально зарегистрировано загрязнение почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения на территории площадью 594 га, в границах Алексеевского – 46 га, Безенчукского – 3 га, Богатовского – 1 га, Борского – 17 га, Волжского – 257 га, Кинельского – 51 га, Кинель-Черкасского – 19 га, Красноармейского – 110 га и Сергиевского – 90 га районов [143].

Официальных данных о загрязнении почвенного покрова земель категории сельскохозяйственного назначения за период с 2003 г. по 2018 г. нет, так как комплексного масштабного обследования территории Самарской области не проводилось.

Однако, ежегодно проводится отбор образцов почв на содержание нефтепродуктов, тяжелых металлов и других загрязняющих веществ на мониторинговых площадках.

Так как ПДК нефтепродуктов в почве не разработана, степень загрязнения ими почвы оценивается по фоновому критерию, равному для почв Самарской области 50 мг/кг.

В 2017 г. наблюдения за загрязнением почв тяжелыми металлами (кадмием, марганцем, медью, свинцом, цинком, никелем и алюминием) и нефтепродуктами проводились:

• на участках многолетних наблюдений (УМН) АО «Арконик СМЗ» (парке пансионата «Дубки» и в парке «60 лет Октября»);

• на территории фоновых участков (в НПП «Самарская Лука» и АГМС АГЛОС).

Среднее содержание нефтепродуктов превышает уровень фонового критерия в почве НПП «Самарская Лука» в 2,0-2,6 раза. Почвы участков по многолетним наблюдениям загрязнены нефтепродуктами выше фонового критерия в 47-100 % отобранных проб.

Превышение фонового уровня содержания нефтепродуктов в почве Национального парка «Самарская Лука» наблюдалось в 100 % отобранных проб.

В 2017 г. проводилось определение содержания нефтепродуктов в почве с. Подбельск Похвистневского района (место разлива дизельного топлива). Средняя и максимальная концентрации нефтепродуктов превысили уровень фонового критерия в 11,9 и 93,5 раз соответственно. Загрязнение выше фонового критерия наблюдалось в 90 % отобранных проб, более чем в пять раз – в 30 % проб, выше чем в 10 раз – в 10 % проб, выше чем в 50 раз – в 10 % проб [33].

Среднее содержание большинства тяжелых металлов в почвах обеих площадок не превысило уровень ПДК (ОДК) и составило 0,2-0,7 ПДК (ОДК), за исключением никеля, среднее содержание которого в почве парка «60 лет Октября» составило 1,3 ОДК [33].

Максимальное содержание металлов в обоих парках соответствовало уровню 0,2-1,9 ПДК (ОДК). Загрязнение обнаружено только по никелю в парке «60 лет Октября» (1,9 ОДК), загрязнено 73% отобранных проб.

Однако полученные результаты были выше фоновых концентраций большинства исследуемых металлов. В почве участков средние концентрации металлов в 1,2-6,1 раза превысили уровень Фона, за исключением содержания в почве свинца и кадмия в парке пансионата «Дубки» и содержания свинца, кадмия и марганца в почве парка «60 лет Октября». Среднее содержание цинка в почве парка пансионата «Дубки» отмечалось на уровне фоновых концентраций [33].

Максимальные концентрации большинства металлов, кроме свинца в почве парка пансионата «Дубки», были выше фоновых и варьировали в пределах 1,3-4,5 раза выше фоновых концентраций, в почве парка «60 лет Октября» – кроме свинца, кадмия и марганца – в пределах 1,4-7,5 раза выше фоновой концентрации [33].

Продолжено определение концентраций тяжелых металлов в почвах Национального природного парка «Самарская Лука» и АГМС АГЛОС.

Среднее и максимальное содержание металлов в почве НПП «Самарская Лука» и АГМС АГЛОС не превысило предельно допустимое и составило 0,1-0,7 ПДК (ОДК).

Среднее содержание металлов в ряде случаев превысило фоновое и составило:

• в почвах национального парка для никеля, цинка и алюминия выше значения фоновой концентрации в 1,1, 1,1 и 2,8 раза, соответственно. Максимальное содержание металлов, за исключением свинца, превысило уровень фоновой концентрации в 1,2-3,2 раза.

• в почвах АГМС АГЛОС содержание никеля, цинка и алюминия, превысило уровень фоновой концентрации в 1,1-5,8 раза. Среднее содержание меди наблюдалось на уровне фоновой концентрации. Максимальное содержание большинства металлов в 1,1-6,4 раза выше фоновой концентрации, только максимальное содержание марганца не превысило гигиенических нормативов.

По результатам наблюдений почвы фоновых участков и УМН можно отнести к почвам «допустимой» категории загрязнения (суммарный индекс загрязнения почв (ZФ) парка пансионата «Дубки» – ZФ=3 ед.; парка «60 лет Октября» – ZФ=5 ед.; НПП «Самарская Лука» – ZФ= 1 ед.; АГМС АГЛОС – ZФ=4 ед.) [33].

Изучением состоянием нефтезагрязненных земель на опытных полях на территории Похвистневского и Кинель-Черкасского районов, а также разработкой мероприятий по рекультивации занимался И. В. Бурлака [12].

Крупными нефтедобывающими предприятиями Самарской области каждый год проводится обследование участков сельскохозяйственных земель с целью выявления нефтезагрязненных и засоленных земель. За период с 2016 по 2018 г. было проведено почвенное обследование на территории Северной группы месторождений на площади – 15 га, Центральной – 65 га, Южной – 27 га, по результатам анализов почвенных образцов были разработаны мероприятия по рекультивации нефтезагрязненных и засоленных земель.

По результатам обследования земель сельскохозяйственного назначения в период с 2016 по 2018 г. более 80 % земель засолены

высокоминерализованными пластовыми водами, нежели загрязнены нефтепродуктами.

На основании полевых обследований установлено, что по окраске почвенного покрова выделяются участки с варьированием от темно-серой до светло-серой с белесым налетом; с окраской как у зональных почв, но с запахом нефти: с отсутствием гумусового горизонта. Выявлено, что часть пашни перешла в залежь, встречаются участки, полностью лишенные растительного покрова.

Загрязнение более сильной степени приводит к изменению окраски горизонтов почвы, они становятся более темными, происходит укрупнение структурных отдельностей, по граням их появляется маслянистая пленка, почвенный профиль приобретает более уплотненное сложение, происходят процессы битумизации и нарушается структура почвы.

Почвенный покров, подвергшийся загрязнению нефтепродуктами, в случае отсутствия мероприятий по рекультивации (восстановлению земель), теряет свои свойства и способность к самоочищению, и как следствие выводится из сельскохозяйственного оборота по причине непригодности. В связи с этим необходим постоянный контроль за состоянием почвы на территории разрабатываемых и эксплуатируемых месторождений, и своевременная разработка мероприятий по рекультивации нефтезагрязненных земель и их детальное выполнение.

На территории Самарской области отмечено существенное загрязнение почвы нефтепродуктами, солями тяжелых металлов, пестицидами, что в значительной мере обусловлено размещением в Самарской области 45 тыс. км газо- и нефтепродуктопроводов, а также большого количества промышленных предприятий по нефтедобыче и переработке углеводородного сырья.

В целях улучшения экологической ситуации в регионе целесообразна разработка и реализация следующих первоочередных мероприятий:

на региональном уровне:

- законодательное закрепление режимов экологической защиты с дифференциацией требований к природопользованию и экономической деятельности всех размещенных на территории организаций;

- экологическая инвентаризация всех источников загрязнения и проведение мониторинга окружающей среды в местах размещения предприятий нефтехимического комплекса (НХК);

- разработка и внедрение современных технологий по переработке отходов взамен их полигонного захоронения;

- разработка и тиражирование ресурсо- и энергосберегающих технологий и оборудования в НХК, направленных на снижение воздействия на окружающую среду до экологически безопасного уровня и др.

на федеральном уровне:

- установление нормативов воздействия на окружающую среду, основанных на технологических требованиях к производству продукции, и оказание услуг в соответствии с действующим законодательством о техническом регулировании и об охране окружающей среды;

- формирование эффективной системы экономических санкций за нарушение установленных требований по охране окружающей среды; инвестиционная поддержка проектов, направленных на улучшение экологического состояния окружающей среды.

Актуальные прогнозы и рекомендации по предупреждению и устранению негативных процессов (включаются площади земель, на которые разработаны схемы землеустройства, схемы охраны и использования земель, схемы защиты земель от деградации и др.) на территории Самарской области не разрабатывались. Таким образом, сложившая экологическая ситуация требует проведения системных наблюдений, оценки и прогнозирования негативных процессов должна быть прямая заинтересованность государства на всех уровнях власти в выполнении систематических и всесторонних наблюдений за использованием и состоянием земель [33].

На территории Самарской области все более актуальным становится вопрос о проведении комплексного почвенного обследования всей территории области. Рекультивация земель – мероприятия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почвы, восстановления плодородного слоя почвы и создания защитных лесных насаждений [103].

По данным государственной статистики предприятия нефтяной отрасли РФ нарушают до 25 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения ежегодно [27]. Объекты нефтедобычи по степени воздействия на окружающую природную среду находятся в лидерах. Нефтяная промышленность по опасности воздействия на среду занимает третье место в числе 130 отраслей современного производства [93].

При выборе метода очистки (на месте или на специально-оборудованных площадках) и технологии очистки загрязненных почв необходимо учитывать совокупность следующих факторов:

- содержание нефтепродуктов в загрязненном грунте;
- глубина просачивания нефтепродуктов;
- степень засоления токсичными солями;

кроме того,

- площадь загрязненного участка,
- природно-климатические условия района работ (геологические и гидрологические условия, вид почв, характер растительности);
- рельеф загрязненного участка,
- близость открытых водоемов,
- инфраструктура региона (для определения расстояния транспортировки гипса, удобрений, семян, а также наличия агропромышленного сектора и предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, «обеспечивающих» органическими отходами с высоким содержанием целлюлозы и биогенных элементов для целей рекультивации),
- экономическая целесообразность транспортировки грунта на специально оборудованные площадки,
- время года, когда произошло загрязнение.

Целью рекультивации нефтезагрязненных и засоленных земель является их перевод в состояние, соответствующее санитарно-гигиеническим нормам. Поскольку основными загрязняющими веществами, образующимися при нефтедобыче, являются нефть и нефтепромысловые воды хлоридно-натриевого типа, показателем очистки нефтезагрязненных земель является остаточное содержание в почве нефтепродуктов, обменного и водорастворимого натрия, водорастворимого хлора и суммарное содержание легкорастворимых солей (плотный остаток).

Согласно ГОСТ Р 57447-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Основные положения», рекультивация нефтезагрязненных земель представляет собой сложный комплекс инженерных мероприятий по технической подготовке земель и их биологическому освоению с максимальным учетом мер по сохранению биоразнообразия.

Рекультивация нефтезагрязненных земель для сельскохозяйственных, лесохозяйственных и других целей осуществляется последовательно в два этапа: технический и биологический.

В настоящее время разработан ряд методов ликвидации нефтяных загрязнений почвы, включающих механические, физико-химические, биологические методы (табл. 3).

Механическая очистка предусматривает сбор нефти и нефтепродуктов либо вручную, либо с помощью обычных, а также специальных машин и механизмов. Как правило, на первом этапе данного способа очистки производят локализацию пролитой нефти путем создания вокруг разлива с помощью бульдозера земляного вала около 1 м высотой. После этого, если позволяют местные условия, рядом с местом разлива нефти оборудуют котлован-отстойник, который устилают нефтенепроницаемой пленкой.

Затем из места локализации нефть перекачивают в котлован (который, как правило, обустраивают ниже уровня места разлива), а из него её отправляют на товарный склад для дальнейшей переработки. Согласно А. И. Булатову с соавторами (1997), степень механической очистки может достигать 80 %.

Физико-химические методы применяются для очистки от нефти как самостоятельно, так и в сочетании с другими способами. Широко используются сорбционные методы. В качестве сорбентов применяют природные и синтетические адсорбционные материалы органической и неорганической природы. Для сорбции нефти и нефтепродуктов могут применяться такие вещества, как торф, торфяной мох, бурый уголь, кокс, рисовая шелуха, кукурузная лузга, древесный опил, диатомовая земля, солома, сено, песок, резиновая крошка, активированный уголь, перлит, пемза, лигнин, тальк, снег (лед), меловой порошок, отходы текстильной промышленности, вермикулит, изопреновый каучук и некоторые другие материалы.

Таблица 3

Методы ликвидации нефтяных загрязнений почвы

Методы	Способы ликвидации	Особенности применения
Механические	Обвалка загрязнения, откачка нефти в ёмкости	Первичные мероприятия при крупных разливах при наличии соответствующей техники и резервуаров (проблема очистки почвы при просачивании нефти в грунт не решается)
	Замена почвы	Вывоз почвы на свалку для естественного разложения
Физико-химические	Сжигание	Экстренная мера при угрозе прорыва нефти в водные источники. В зависимости от типа нефти и нефтепродукта уничтожается от 50 до 70% разлива, остальная часть просачивается в почву. Из-за недостаточно высокой температуры в атмосферу попадают продукты возгонки и неполного окисления нефти; землю после сжигания необходимо вывозить на свалку
	Предотвращение возгорания	При разливе легковоспламеняющихся продуктов в цехах, жилых кварталах, на автомагистралях, где возгорание опаснее загрязнения почвы; изолируют разлив сверху противопожарными пенами или засыпают сорбентами
	Промывка почвы	Проводится в промывных барабанах с применением ПАВ, промывные воды отстаиваются в гидроизолированных прудах или ёмкостях, где впоследствии проводятся их разделение и очистка
	Дренирование почвы	Разновидность промывки почвы на месте с помощью дренажных систем; может сочетаться с использованием нефтеразлагающих бактерий
	Экстракция растворителями	Обычно проводится в промывных барабанах летучими растворителями с последующей отгонкой их остатков паром
	Сорбция	Разливы на сравнительно твёрдой поверхности (асфальт, бетон, утрамбованный грунт) засыпают сорбентами для поглощения нефтепродукта и снижения пожароопасности при разливе легковоспламеняющихся продуктов
	Термическая десорбция	Проводится редко при наличии соответствующего оборудования, позволяет получать полезные продукты вплоть до мазутных фракций
Биологические	Биоремедиация	Применяют нефтеразрушающие микроорганизмы. Необходима запашка культуры в почву. Периодические подкормки растворами удобрений, ограничение по глубине обработки, температуре почвы (выше 15°С), процесс занимает 2-3 сезона
	Фиторемедиация	Устранение остатков нефти путём высева нефтестойких трав (клевер ползучий, щавель, осока и др.).

Особый практический интерес представляют сорбенты растительного происхождения (торф, опилки, ДВП и другие) ввиду их невысокой стоимости и значительного объема запасов.

Сорбционная способность гранулированного торфа составляет 1,3-1,7 г/г, степень очистки – 60-88 %.

Среди возможного сырья для производства сорбентов наиболее привлекательными являются естественное органическое сырье и отходы производства растительного происхождения. К такому сырью относятся торф, сапропели, отходы переработки сельскохозяйственных культур и др. На базе такого сырья разработаны, например, такие сорбенты, как «Сорбест», «РС», «Лессорб» и др.

В качестве сорбентов используют также разнообразные отходы промышленных предприятий, которые весьма эффективны при сборе нефти с поверхности воды и почвы. Они имеют низкую стоимость и высокую нефтепоглощающую способность.

При сжигании нефти, засыпке загрязненных участков грунтом, вывозе загрязненной почвы в отвалы, т.е. при ликвидации разливов нефти на почвы последствием часто может быть необратимое уничтожение плодородного слоя почвы. Такие способы рекультивации совершенно неприемлемы. Механические и физические методы не могут обеспечить полного удаления нефти и нефтепродуктов с почвы, а процесс естественного разложения их в почвах чрезвычайно длителен, поэтому в настоящее время наиболее приемлемыми являются биологические методы рекультивации нефтезагрязненных почв.

Биологический этап рекультивации нефтезагрязненных земель на основании ГОСТ Р 57447-2017 включает мероприятия по восстановлению их хозяйственной и экологической ценности, к которым относят комплекс агротехнических, биотехнологических и фитомелиоративных мероприятий: внесение органических и минеральных удобрений, биопрепаратов нефтеокисляющего действия, посев трав и высадка древесных растений, уход за рекультивированной территорией до сдачи земель собственнику. Проводимые на биологическом этапе мероприятия направлены на ускорение процессов биологической очистки почв от нефти и создание условий для восстановления экологических функций почв, их биологической продуктивности и видового разнообразия экосистем, т.е. улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почвы, создание условий для последующего восстановления почвы, видового разнообразия флоры и фауны. Сразу после загрязнения почвы нефтью и/или нефтепродуктами основную роль играют физико-химические процессы.

Интенсификация возможна различными методами. После удаления из почвы наиболее токсичных легких фракций нефти существенную роль в очищении почв начинают играть микроорганизмы [4, 30]. Для ускорения процессов микробной деструкции в почве углеводородов нефти в настоящее время применяют главным образом два подхода: стимуляцию аборигенной почвенной углеводородокисляющей микрофлоры и интродукцию в нефтезагрязненную почву углеводородокисляющих микроорганизмов и их ассоциаций (бактериального препарата) [47].

Стимуляция естественной нефтеокисляющей микрофлоры основана на создании в почве оптимальных условий для ее развития, в том числе нейтрализации изменений, вызванных попаданием в почву нефти [100]. Так, для улучшения водно-воздушного режима нефтезагрязненной почвы рекомендуются ее рыхление, частая вспашка, дискование, добавление композиций, улучшающих промывной режим и порозность загрязненной почвы, перемешивание с незагрязненной почвой. С помощью агротехнических приемов можно ускорить процесс самоочищения нефтезагрязненных почв путем создания оптимальных условий для проявления потенциальной активности микроорганизмов, входящих в состав естественного микробиоценоза. Одним из основных факторов, лимитирующих процесс разложения углеводородов, является газовоздушный режим загрязненной почвы. Нефтяное загрязнение ухудшает газовый обмен почвы, создает условия для усиления восстановительных процессов.

Для окисления углеводородов микроорганизмами необходимо наличие молекулярного кислорода, в анаэробных условиях процесс окисления крайне затруднен.

Из свыше 100 видов бактерий, грибов, дрожжей, способных утилизировать один или несколько нефтяных углеводородов, в качестве источника углерода и энергии только один принадлежал к анаэробам.

Обеспеченность почв биогенными элементами: азотом, фосфором и калием – важный фактор, определяющий интенсивность разложения нефти и нефтепродуктов. Недостаток биогенных элементов необходимо восполнять путем внесения в почву минеральных удобрений. Практически во всех случаях внесение биогенных элементов в виде минеральных удобрений стимулирует разложение углеводородов в почве. Наиболее интенсивно разложение

углеводородов протекает при ежегодном внесении комплекса N-, P-, K-содержащих удобрений в сочетании с навозом, а также при внесении в почву биогумуса [4].

Биогумус получают переработкой навоза (крупного рогатого скота, свиного, конского), опилок, измельченной вермикультурой соломы. Биогумус поддерживает высокую численность бактерий, утилизирующих органические и минеральные формы азота, целлюлозоразрушающих микроорганизмов, нитрификатов. Способствует перестройке микробного ценоза нефтезагрязненной почвы, что проявляется в расширении видового разнообразия бактериальной флоры. Почвенная микрофлора использует компоненты биогумуса в качестве источника азота, фосфора и калия, обеспеченность которыми в нефтезагрязненной почве снижается. Многие органические вещества биогумуса служат энергетическим материалом для почвенной микрофлоры, благодаря чему в почве повышается активность микробиологических процессов, соответственно усиливается мобилизация питательных веществ [4].

Посев на нефтезагрязненную почву люцерны и других бобовых культур, трав с разветвленной корневой системой способствует ускорению разложения углеводородов [3]. Положительное воздействие посевов сельскохозяйственных растений, и в частности многолетних трав, объясняется тем, что своей развитой корневой системой они способствуют улучшению газовоздушного режима загрязненной почвы, обогащают почву азотом и биологически активными соединениями, выделяемыми корневой системой в почву в процессе жизнедеятельности растений. Все это стимулирует рост микроорганизмов и соответственно интенсифицирует разложение нефти и нефтепродуктов.

Механические, агротехнические и химические способы рекультивации нефтезагрязненных земель зависят от степени загрязнения.

При малой степени загрязнения 10 л на 1 $м^2$ почвы для восстановления земель было достаточно многократной механической обработки почвообрабатывающими машинами: плугами, культиваторами, оборудованными пассивной или активной рабочей частью. Полная рекультивация достигалась в течение года.

Если степень загрязнения достигала 24 л на 1 $м^2$, рекультивацию проводили в течение двух лет. К механическим мерам воздействия добавляют агротехнические: проводят известкование,

гипсование [130, 96], вносят минеральные [133, 37] и органические удобрения [130, 131], применяют эмульгаторы.

При высокой степени загрязнения для восстановления почв применяют комплекс механических, агротехнических и химических мер. Наряду с механической обработкой почвы и внесением удобрений, загрязненную почву обрабатывают химическими веществами, которые, вступая в реакцию с вредными элементами нефтепродуктов, образовывают соединения, удаляемые из почвы под воздействием солнца, дождя, снега. Полная рекультивация достигается в течение трех лет. Таким образом, с помощью агротехнических приемов можно ускорить процесс самоочищения нефтезагрязненных почв путем создания оптимальных условий для проявления потенциальной каталитической активности углеводородокисляющих микроорганизмов, входящих в состав естественного микробиоценоза.

В состав мероприятий по рекультивации земель входит посев трав – фитомелиорация. Для посева на восстанавливаемых участках в состав травосмеси включают семена трав, произрастающих в естественных условиях или специально подобранных для рекультивационных работ. Наиболее устойчивыми однолетними культурами к нефтяному загрязнению являются: подсолнечник > овес > ячмень > пшеница > вика > горох (в порядке уменьшения их устойчивости). Из многолетних трав наибольшей толерантностью обладают злаковые: ежа сборная, полевица белая, тимофеевка луговая, овсяница луговая, мятлик луговой, пырей сизый, кострец безостый, кострец прямой, лисохвост луговой, бекмания восточная, а также бобовые: люпин многолетний, лядвенец рогатый, донник желтый, люцерна гибридная, клевер шведский, луговой и ползучий.

Таким образом, технология рекультивации нефтезагрязнённых почв должна включать следующие мероприятия:

1. Нанесение сорбентов на поверхность почвы, сбор сорбирующих материалов и их утилизация (в зависимости от степени загрязнения).

2. Интенсивное разноглубинное рыхление почвы, особенно в первый год после загрязнения.

3. Внесение минеральных и органических удобрений.

4. Внесение гипса и/или других компонентов, нормализующих состав почв.

5. В случае рекультивации сильнозагрязнённых нефтепродуктами (более 10% от веса) почв, необходимо предусматривать применение биопрепарата.

6. Посев однолетних и многолетних культур, устойчивых к нефтяному загрязнению.

Одним из способов искусственного восстановления плодородия пахотных земель является использование сидеральных культур. Сидераты – растения частично или полностью используемые в качестве зелёного удобрения. Мощная корневая система сидератов, пронизывающая глубокие горизонты почвы, делает так называемый биологический дренаж, улучшает агрофизические и биологические свойства почвы. Более того, сидераты являются неисчерпаемыми, постоянно возобновляемыми источниками органического вещества [92].

К основным сидеральным культурам, возделывание которых возможно в нашем и соседних регионах на схожих типах почв, относятся: клевер луговой, люпин многолетний и однолетний, горох, вика яровая и озимая, донник; из семейства капустных – горчица белая, рапс яровой и озимый, редька масличная, сурепица яровая и озимая. В зависимости от культуры их можно использовать в различных вариантах [170].

Одним из сочетаний сидеральных культур является совместный посев злакобобовой смеси в виде овса и гороха. В исследованиях данной смеси культур, как сидерата, выяснилось, что удобрение обеспечивает положительный баланс гумуса. На опыте с использованием твёрдой пшеницы, как последующей культуры после использования данной органической смеси, повысилась урожайность до 0,2 с 1 га, в сравнении с чёрным паром. С зелёной массой и корнями сидеральных культур в почву поступает до 140 кг на га биологического азота, до 30 кг фосфора и до 146 кг калия. [86]. Более того, урожайность зелёной массы самой злакобобовой смеси составляет примерно 162,5 ц/га. Однако, в исследованиях Н.А. Максютова выяснилось отрицательное действие использования сочетания овса и гороха в качестве сидерата перед посевом яровой твёрдой пшеницы. Очевидно, из-за избыточного накопления в почве питательных веществ на удобренном фоне питания после злакобобовой смеси культура снижает урожайность [72]. В качестве сидерата рассматривается посев донника однолетнего, в исследованиях многих авторов [122, 113] отмечается его

положительное влияние на последующие сельскохозяйственные культуры. В 1919 году, Д. Н. Прянишников отмечал несомненную целесообразность применения донника в качестве сидеральной культуры [121], Г. И. Макарева, В. Е. Шевчук и позднее А. М. Берзин отмечают непревзойдённость донника как сидерата в степной зоне Сибири. Авторы отмечают положительное влияние донниковых сидератов на плодородие, восстановление деградированных почв и т.д. Установлен оптимальный возврат органического вещества в виде количества растительных остатков по сравнению с другими сидеральными культурами и чистым паром. Данный показатель составил 27,77 т/га. Выход зерна последующей культуры по сравнению с чистым паром был значительно выше и составил 1,12 т/га.

В работе А. В Зеленева сделан вывод, что на каштановых почвах в зоне Нижнего Поволжья эффективны биологизированные севообороты с донником на сидерат. Они увеличивают возврат органического вещества в почву, положительно влияют на гумусообразователиные процессы и служат эффективным приемом стабильного выхода кормовых единиц и перевариваемого протеина с 1 га севооборотной площади [44].

В работе П. А Литвинцева и И. А Кобзевой (2014) установлено, что возделывание беспокровного донника в паровом поле четырехпольного севооборота обеспечивает поступление в почву с биомассой сидерата до 350 кг/га азота, 40-60 кг/га фосфора и 100-180 кг/га калия, что повышает обеспеченность почвы нитратным азотом, подвижными формами фосфора и калия в среднем на 31, 11 и 10% соответственно. Урожайность же зелёной массы самого донника составляет приблизительно 27-32 т/га [135]. Однако, при запашке в почву донника на сидерат запасы продуктивной влаги снижаются, по сравнению с черным паром, на 1,5 %. Это связано с дополнительным расходом почвенной влаги на процессы гумификации растительных остатков донника [43].

На практике также используется и смесь донника с суданской травой в качестве сидератных растений, однако в литературе содержится мало описания последующего процесса, что делает исследование этой травосмеси ещё более актуальным. С. В. Макарычев (2016) в своей работе заметил, что в последствие их совместного сидерального посева улучшилась структура почвы, поскольку свежеобразованные гуминовые кислоты способствовали созданию

водопрочных агрегатов. Обогащение почвы растительными остатками повлияло на тепловые свойства пахотного слоя почвы. В результате объемная теплоемкость снизилась, а температуропроводность возросла, что в начале вегетации способствовало ускоренному прогреванию почвенного профиля и созданию в нем благоприятного теплофизического состояния.

В работе М. А. Марсовича (2010) отмечается, что смесь суданской травы и донника даёт низкую урожайность при слабой и средней солонцеватости почвы, что в последствии приводит к низкому накоплению органических веществ при запашке, по сравнению с другими сидератными культурами.

Также мало изучены последствия запахивания смеси горчицы и редьки масличной. В работах В. А Алексеева и Н. И Прониной (2012) при исследовании посева картофеля выяснилось, что промежуточные сидераты, в виде данной смеси положительно влияли на рост и развитие растений картофеля. Они существенно ослабили негативное влияние нематод. Так же отмечается, что процессы разложения растительных остатков сельскохозяйственных культур, используемых на сидераты наиболее интенсивно протекают при посеве горчицы и редьки масличной. Исследования и в условиях лесостепи Среднего Поволжья показали, что в качестве яровых сидеральных культур можно широко использовать редьку масличную и горчицу белую. При этом продуктивность следующей после них культуры в севообороте повышается на 5-9% [45], а низкие затраты совокупной энергии на заделку и выращивание данных сидератов делают применение этого агроприёма доступным в хозяйствах всех форм собственности [32].

2. Биогеохимические особенности тяжелых металлов и пути их поступления в агроландшафты

В группу тяжелых металлов входит свыше 40 химических элементов с плотностью не менее 5 г/см^3 и атомной массой более 50 единиц. Многие из этих элементов: медь, цинк, кобальт, марганец, железо, молибден и другие являются биогенными, входят в состав ферментных систем и участвуют в жизненно важных процессах организма [79].

Недостаток или отсутствие их опасно, так как они являются незаменимыми элементами для человека, животных, растений и микроорганизмов. В малых количествах их используют в составе биологически активных добавок в пищу, в качестве удобрений для сельскохозяйственных растений и минеральных подкормок в рационах животных. Однако в повышенных концентрациях эти элементы становятся токсичными и вызывают гибель биологических объектов. По степени опасности тяжелые металлы делят на три группы: 1 – высокотоксичные: ртуть (Hg), мышьяк (As), кальций (Ca), свинец (Pb), селен (Se), цинк (Zn); 2 – среднетоксичные: бор (B), кобальт (Co), никель (Ni), молибден (Mo), сурьма (Sb), хром (Cr); 3 – малотоксичные: барий (Ba), ванадий (V), марганец (Mn), вольфрам (W), стронций (Sr) [96].

Кадмий (Cd) – металл серебристо-белого цвета плотностью – 8,6 г/см^3. Содержание Cd в земной коре равно 0,0005% от общего веса, он относится к редким элементам. В природе встречается в виде гринокита (CdS), отавита ($CdCO_3$), кадмоселита (CdSe), ксантохроита ($CdS(H_2O)_x$). Чаще всего Cd присутствует в виде примесей в цинковых, свинцовых, медных и полиметаллических рудах [79].

По мнению Н. М. Матвеева и др. (1997), биологическая роль Cd изучена еще недостаточно. Однако, по сведениям В. А. Ковды (1985), данный элемент является токсиканом, канцерогеном и тератогеном. По данным Д. Эмсли (1993), избыток Cd в окружающей среде вызывает болезнь человека «Итаи-Итаи», сопровождаемую сильными болями в пояснице и мышцах, анемией, хрупкостью и ломкостью костей. Особенно опасно вдыхание паров его оксида (CdO). Растворимые соединения Cd после всасывания в

кровь поражают центральную нервную систему, печень, нарушают фосфорно-кальциевый обмен, вызывают онкологические заболевания. Исключительно куммулятивен, из тканей человека Cd удаляется в течение 20-30 лет [96].

Кадмий обнаруживается в организме всех животных на уровне в среднем около 0,5 мг/кг. В небольших количествах он благотворно влияет на углеводный обмен, синтез в печени гиппуровой кислоты, активность некоторых ферментов, а также на обмен цинка, меди, железа и кальция. Однако повышенное количество Cd в организм животных угнетает синтез гемоглобина, нарушает репродуктивные функции [79].

Кадмий не входит в число необходимых для растений элементов, но эффективно поглощается ими. Содержание Cd в растительных организмах зависит от концентрации его подвижных форм в почве. Нормальное количество Cd в растениях равно 0,0001% на сухое вещество. Его избыток вызывает хлороз листьев и ингибирование фотосинтеза, нарушение фиксации и транспирации CO_2, а также задержку роста корневой системы. Наибольшее количество Cd способны аккумулировать злаковые культуры, шпинат, салат, свекла, сельдерей, а также многие виды грибов, табак, горох. Загрязненные растения могут содержать до 400 мг Cd на 1 кг сухого веществ. Ионы Cd, обладая большой подвижностью в почвах, легко переходят в растения, накапливаются в них и затем поступают в организм человека и животных. Высокая фитотоксичность Cd объясняется его близостью по химическим свойствам к Zn, поэтому Cd может замещать Zn во многих биохимических процессах, нарушая работу большинства ферментов [78].

Основной источник поступления Cd в почву это внесение удобрений, особенно суперфосфата, куда Cd входит в качестве компонента руды. Мощными загрязнителями окружающей среды являются предприятия, добывающие и использующие Cd, а также объекты топливно-энергетического комплекса. Cd поступает в агроландшафты с атмосферными осадками, сточными водами промышленных предприятий. До 70% попадающего в почву Cd связывается почвенно-химическими комплексами, доступными для растений. В почвенных растворах и грунтовой воде Cd присутствует в виде сульфата ($CdSO_4$), хлорида ($CdCl_2$), нитрата кадмия $Cd(NO_3)_2$ и во взвешенном виде в составе органо-минеральных комплексов, а также в виде галогенидов Cd бесцветных

соединений $CdCl_2$, $CdBr_2$ и CdI_2, растворимых в воде. Cd легко растворяется во многих кислотах: соляной – $Cd + 2HCl = CdCl_2 + 2H_2$; азотной – $Cd + HNO_3 = Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ [79].

Свинец (Pb) – голубовато – белый метал плотностью 11,3 г/м³. Содержание в земной коре составляет 0,0016% от массы. В природе чаще всего встречается в виде галенита (PbS), церуссита ($PbCO_3$), пироморфита ($PbCle_2 \cdot 3Pb_3(PO_4)_2$), миметита ($PbCl_2 \cdot 3Pb(AsO_4)_2$) и т. д. [49].

Соединения Pb ядовиты. Попадая в организм человека, Pb накапливается в костях, вызывая их разрушение, блокирует деятельность многих ферментов, обуславливает анемию, поражает почки, мозг, снижает интеллект. В отравленном организме происходит замещение кальция на ионы Pb, что является постоянным источником токсикации [78].

При попадании соединений Pb в организм животных угнетается окислительно-восстановительный процесс, синтез гемоглобина. Нарушается функция нервных тканей почек, печени и т.д. Животные постепенно худеют, мышцы спины и конечностей атрофируются [78].

Большинство исследователей считает, что биологическая роль Pb в растительном организме очень мала, а его токсичность из-за малой растворимости соединений невысока (М. А. Тойкка, 1981; H. Kahle et al., 1989). Установлено, что Pb входит в состав физиологически активных комплексов и при повышенном содержании вызывает функциональное нарушение в пигментных комплексах и уменьшение содержания хлорофилла в тканях (M. Tomasevic et al., 1989). По данным C. B. Cierder et al. (1980), В. С. Горбатого и др., (1989) при высокой концентрации Pb в растениях угнетаются ростовые процессы, снижается содержание витаминов С и А.

Источниками поступления Pb в окружающую среду являются: выбросы предприятий цветной металлургии, нефтехимической и радиоэлектронной промышленности, автотранспорт, машиностроение, пиротехнические средства, предприятия топливо-энергетического комплекса. Pb широко используется во многих сферах деятельности и по данным Я. В. Зачиняева (2011) за последние 5 тыс. лет его содержание в организме человека и животного увеличилось в 100 раз. В настоящее время практически все пищевые продукты, вода и другие объекты окружающей среды загрязнены Pb.

В грунтовых водах, почве и почвенном растворе Pb может присутствовать в виде оксидов $2Pb+O_2+2H_2O=2Pb(OH)_2$, растворимых плюмбитов $Pb(OH)_2+2OH=Pb_2^{2-}+2H_2O$, гидрокарбоната $2Pb+4CO_2+O_2+2H_2O=2Pb(HCO_3)_2$ или катионов. Кроме этого в агроландшафты Pb может попадать и с пестицидами в виде арсената $Pb_3(AsO_4)_2$ и арсенита свинца $Pb_3(AsO_3)_2$. Из почвы он более интенсивно поглощается капустой, корнеплодами, картофелем, салатом, сельдереем и меньше зеленым луком, злаковыми травами, зерновыми культурами [50].

Цинк (Zn) – синевато-белый металл, плотностью 7,1 г/см^3. Его запасы в земной коре составляют 0,02% от веса. Главные природные соединения Zn: галмей ($ZnCO_3$) и цинковая обманка (ZnS). Цинк используют в металлургической промышленности при производстве сплавов, в химических источниках электроэнергии, в стекольном и оптическом производстве, изготовлении красок и белил, резинотехнических изделий в полиграфии и т.д.

Он входит в состав более 300 ферментов и комплексов, обеспечивающих важнейшие функции организма человека: синтез белков, образование клеток, активизацию иммунных реакций, усвоение углеводов и жиров, репродуктивных функций. Человеку требуется от 10 до 20 мг этого металла в день. Избыток Zn приводит к малокровию, бесплодию, задержанию роста, онкологическим заболеваниям, нарушению работы печени, сердца, лёгких [49].

Недостаток Zn в рационе животных ведет к задержке роста и истощению животных, нарушениям развития шёрстного покрова, снижению воспроизводительной функции. Потребность животных в Zn варьирует от 15 до 60 мг на 1 кг сухого корма. При излишнем поступлении Zn в организм животных нарушается работа желудочно-кишечного тракта, происходит задержка роста костной ткани, развивается малокровие [49].

По сведениям В. В. Полевого (1989), E. Monge et al., (1990) Zn играет важную роль в жизни растений. Он принимает участие в дыхании клеток, входит в состав дыхательного фермента – карбоангидразы, активизирует работу 13 металлоферментных комплексов, способствует более полному использованию CO_2 в фотосинтезе, влияет на синтез белков и стимулятора роста ауксина. При недостатке Zn нарушается фосфорный обмен, уменьшается содержание сахара и крахмала, возрастает концентрация органических кислот и небелкового азота. Растения формируют мелкие листочки

и снижают темпы линейного роста [96]. Избыток Zn также угнетает растения и вызывает пятнистость листьев, в результате чего снижается урожайность зерновых культур, картофеля и свеклы. Однако по данным В. А. Алексеенко и др. (2002) большинство растительных видов обладают высокой толерантностью к избытку Zn. В тоже время имеются сведения о том, что гвоздичные и крестоцветные культуры способны концентрировать значительное количество Zn. Большое количество цинка аккумулируют бобовые, лук, чеснок, злаковые, тыквенные, капуста, картофель [78].

Источниками техногенного поступления Zn в агроландшафты являются добывающие и перерабатывающие предприятия, топливно-энергетический комплекс, машиностроительное производство, автотранспорт и т.д. При этом Zn в почве может присутствовать в виде водорастворимых ($ZnSO_4$, $ZnCl_2$ и др.) и обменно-поглощённых солей в виде цинка находящегося в решетке некоторых разновидностей монтмориллонита, замещая алюминий, и Zn, связанного с органическим веществом почвы. При орошении сточными водами цинк поступает в агроэкосистему в виде катионов Zn^{2+}, которые связываются обменной сорбцией с минеральными коллоидами почвы [23].

Медь (Cu) – пластичный металл золотисто-розового цвета плотностью 8,9 г/см³. Содержание меди в земной коре составляет 0,01 % от общей массы. Известно более 200 природных медьсодержащих минералов. Наиболее распространенный медный блеск (Cu_2S), медный колчедан – ($CuFeS_2$), куприт – (Cu_2O) и малахит – $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$. Медь широко используется в электротехнике и радиоэлектронике, в теплотехнике, в металлургии для производства различных сплавов, в машиностроении, химической промышленности, при производстве микроудобрений и т. д. [49].

Медь относится к истинным биоэлементам, поскольку всегда присутствует в почвах, растениях, тканях животных. Она участвует в синтезе многих белков и ферментов, в процессе деления и роста клеток, контролирует процесс кроветворения и работу иммунной системы, рост костной ткани. Без Cu не может нормально функционировать мозг и нервная система. Однако при избытке Cu у человека отмечается рвота, боли в животе. Повышенное содержание Cu в продуктах питания может вызвать отравление и поражение мозга, печени, почек, развитие болезни Вильсона (гепатоцеребральная дистрофия), анемию [37].

Медь необходима для всех сельскохозяйственных животных. Она нужна для нормального развития организма и повышения мясной и молочной продуктивности. Но при избытке Cu в рационах отмечается некроз клеток печени, потеря аппетита, желтушность, жажда. Смерть животных наступает от печеночной комы [37].

Медь влияет на углеводный и белковый обмен растений, повышает их устойчивость к неблагоприятным факторам среды, к грибным заболеваниям. При недостатке Cu тормозится рост растения, снижается тургор клеток, появляется пятнистость листьев, уменьшается продуктивность плантации. При излишках у растений обесцвечиваются листья, образуются некрозы. В дальнейшем они увядают и погибают. По данным Ю. В. Алексеева (1987), миграция Cu из почвы в растения происходит слабо, и фитотоксичные концентрации находятся в пределах 10-20 мг/кг сухого вещества. Однако Cu активно поглощается из почвы картофелем, морковью, гречихой, подсолнечником, многолетними травами [93].

В почве Cu находится: в водорастворимой форме; в форме труднорастворимых медных солей; в металлоорганических соединениях Cu, большая часть которых нерастворима и трудно растворима; в обменной форме, поглощенная органическими и минеральными коллоидами. По данным Г. М. Туникова и др. (2001), наиболее доступными соединениями Cu являются ее соли: $CuCl_2 \cdot 2H_2O$; $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Доступность катионов (Cu^{2+}), поглощенных органическими коллоидами, сравнительно невысока. Одним из факторов, повышающих усвояемость Cu, является подкисление почвы. При pH=4,5 начинается выпадение осадков гидроокиси $Cu(OH)_2$, образование сульфитов и карбонатов Cu. Подвижность Cu увеличивается при внесении физиологически кислых азотных и калийных удобрений, накоплении в почве нитратов и аммиака, минерализации органического вещества почвы. И, наоборот, поступление Cu в растения уменьшается при известковании почвы внесением органических удобрений, увеличении запасов гумуса в почвенном горизонте [79].

Кобальт (Co) – серебристо-белый металл, плотностью 8,9 г/см^3. Мало распространен в природе, его содержание в земной коре составляет лишь 0,002% от веса. Он входит в состав минералов: каролит ($CuCo_2S_4$), кобальтин (CoAsS) и еще около 30 кобальтосодержащих минералов [49].

Кобальт – один из жизненно важных для организма человека микроэлементов. Он входит в состав витамина B_{12}, играет важную роль в кроветворении, нормальном функционировании нервной системы, печени. Принимает участие в ферментативных реакциях, влияет на обмен веществ, углеводов и жиров, синтез нуклеиновых кислот. Аналогичные функции Со выполняет в животном организме. При этом ·наибольшую потребность в Со испытывают жвачные виды, поскольку он необходим для развития симбиотической микрофлоры в желудке коров, овец и т. д. [93].

Избыток Со в организме человека сопровождается нарушением деятельности сердечнососудистой системы, отеком легких и кровотечением, поражением слухового нерва, увеличением артериального давления и уровня липидов в крови. У всех животных резкий избыток Со вызывает полицитомию крови, гиперплазмию костного мозга, потерю аппетита, нарушение роста [93].

Кобальт присутствует во всех высших и низших растениях, его содержание в растительных клетках варьируется от 0,06 до 1,6 мг/кг. Больше всего Со содержат водные растения, а также злаковые, сахарная свекла и бобовые культуры, аккумулируя их в генеративных органах. Причем, у бобовых он также концентрируется и в клубеньках. Исследованиями Ф. Я. Сапрыкина (1984) установлено, что Со участвует в процессе фотосинтеза, активизирует ферменты белкового обмена, фиксации молекулярного азота, энергетического обмена.

В почве Со чаще всего встречается в форме окисла (CoO_2), закиси (CoO), гидроокиси ($Co(OH)_2$) и в виде солей Со (III) или Со (II). При взаимодействии с соляной и серной кислотой Со образует хлориды $CoCl_2$ и сульфаты $CoSO_4$, а с азотной кислотой – образует нитраты $Co(NO_3)_2$, хорошо растворимые в воде. Он входит в состав почвенных алюмосиликатов, а также может находиться в поглощенном состоянии на поверхности минеральных и органических коллоидов. С органическими веществами Со может образовать комплексные соединения. Он слабо реагирует с водой и легко адсорбируется гидрооксидами марганца, глинами и другими высокодисперсными минералами [49].

Основными источниками поступления Со в окружающую среду являются предприятия цветной металлургии, транспорт, удобрения и пестициды, продукты гальванизации [23].

Марганец (Mn) – блестящий металл плотностью 7,2 г/см^3. Содержание в земной коре равно 0,1% от общей массы. Из соединений Mn наиболее часто встречаются пиролюзит (MnO_2), гаусманит (Mn_3O_4), браунит (Mn_2O_3), родонит ($MnSiO_3$) и другие горные породы [49].

В организме человека Mn контролирует работу центральной нервной системы, формирование костных тканей, работу пищеварительной и иммунной системы, участвует в обменных процессах, стимулирует рост и восстановление хрящей. Обеспечивает профилактику сахарного диабета и заболевание щитовидной железы, а также некоторых сердечнососудистых нарушений. Нарушается работа печени и репродуктивные функции организма [93].

Жизненно необходим Mn и для животных, он принимает участие в окислительно-востановительных процессах, костеобразовании, кроветворении, в нормальном функционировании печени и т.д. При больших дозах Mn снижается рост животных, падает уровень гемоглобина, нарушается работа органов пищеварения. Основной источник Mn в рационах скота это клевер, кормовая свекла, отруби [93].

Марганец содержится в тканях всех растений и играет важнейшую роль в процессах фотосинтеза, синтеза белков аскорбиновой кислоты (M. Jordar et al., 1991). Симптомами его недостатка являются вытянутые бледно-желтые пятна на листьях с серым оттенком, скручивание и отмирание листьев. (E. Monge et al., 1991). Считается, что Mn не является загрязнителем почвы, однако известно, что в кислой среде наблюдаются эффекты фитотоксичности (Ю. В. Алексеев, 1987). Признаками токсичности являются некрозы на коре яблони, черная штриховатость стебля у картофеля, хрупкость черешков листьев. Относительно толерантны к избытку Mn овес, рожь, сахарная свекла, бобы [78, 79]. В почве Mn может находиться в виде водорастворимых солей: $MnCl_2$, $Mn(NO_3)_2$, $MnSO_4$, $Mn(HCO_3)_2$. Нерастворимых в воде: оксида марганца (III); оксида марганца (IV), а также трудно растворимых солей: $MnCO_3$, $Mn_3(PO_4)_2 \cdot 7H_2O$. В кислых почвах образуются более растворимые однозамещенные фосфаты $Mn(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$, на нейтральных и слабощелочных – труднорастворимые трехзамещенные фосфаты Mn. В органической части – гумусе – Mn находится в составе растительных остатков и органических удобрений, а также в виде комплексных соединений [49].

3. Агроэкологические условия Самарской области

Самарская область расположена в среднем течении реки Волга. Границы территории определяются координатами 51°45' и 54°40' северной широты и 47° 55' и 52° 35' восточной долготы. Река Волга делит территорию области на две неравные части – правобережную и левобережную (Самарское Заволжье), занимающую 9/10 площади [109, 110].

Климат региона – континентальный, с ярко выраженным неустойчивым, а на южных границах недостаточным, увлажнением. Средняя температура воздуха наиболее теплого месяца (июль) +19…+22^{0}С, самого холодного (январь) -13,5…-14,0^{0}С. Сумма эффективных температур (выше 10^0 С) колеблется от 2200^{0}С на севере области до 2600^{0}С – на юге. Атмосферные осадки распределяются неравномерно как по годам, так и по отдельным периодам года. Их количество колеблется от 200 до 600 мм. При этом большая часть осадков выпадает в теплое время года [147].

Рельеф представлен асимметрично построенными водоразделами с преобладанием открытых степных равнин, лежащих на высоте 75-100 м над уровнем моря с наклоном в сторону рек. Местами они пересекаются балками и лощинами [109, 110].

Почвенный покров области подчинен общей широтной закономерности, обусловленной постепенным изменением биохимических факторов с севера на юг. В пределах лесостепной зоны чередуются ареалы серых лесных почв, оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов. В переходной зоне наряду с обыкновенными и типичными черноземами встречаются почвы лесного типа, выщелоченный чернозем. В южной зоне вместе с обыкновенными, южными черноземами и темно-каштановыми почвами присутствуют солонцы [109, 110].

По совокупности природно-экономических условий, по особенностям климата и почв территория области делится на три зоны: Северную, Центральную и Южную (рис. 1).

Северная зона занимает 25,7 % площади области. За год выпадает 350-450 мм осадков. Среднегодовая температура воздуха равна +2,6…+3,5^{0}С. Сумма активных температур – 2200-2300^{0}С. Гидротермический коэффициент – 1,0-1,1. Запасы продуктивной

влаги весной составляют 150-200 мм. Безморозный период наиболее короткий – 132-145 дней. Преобладающие почвы – выщелоченные и типичные черноземы среднегумусовые и среднемощные.



Рис. 1. Агроклиматическое районирование Самарской области

Центральная зона занимает 2,7 млн га, или 46,3 % территории области, в том числе 1,2 млн га пашни. Количество осадков за год равно 350-400 мм. Среднегодовая температура воздуха +3,2…+3,6^{0}С. Сумма активных температур 2500-2700°С. Гидротермический коэффициент 0,7-0,8. Запасы продуктивной влаги в почве весной составляют 125-150 мм. Продолжительность безморозного периода 144-152 дня. Преобладающие почвы: черноземы типичные среднегумусовые и среднемощные.

Южная зона занимает около 1,5 млн га. или 28,0% площади области, в том числе 1,1 млн га пашни. Среднегодовая температура воздуха равна +3,3…+4,1^{0}С. За год выпадает лишь 270-300 мм осадков. Сумма активных температур – 2600-2800^{0}С. Гидротермический коэффициент – 0,6-0,7. Весенние запасы почвенной влаги составляют 100-120 мм. Продолжительность безморозного периода – 148-154 дня. Преобладающие почвы: черноземы южные среднемощные, и темно-каштановые почвы.

Опытное поле Фонда сельскохозяйственного обучения, где проводились исследования по влиянию агротехнических приемов на характер локализации тяжелых металлов в почве и растениях, находилось в Центральной зоне. Климат местности характеризуется резко выраженной континентальностью. Среднегодовое количество осадков составляет 410 мм. За вегетационный период их выпадает в среднем 241 мм. Среднесуточная температура резко возрастает и максимума (20,9^{0}С) достигает во второй декаде июля. Преобладающая почва чернозем типичный [147].

4. Природно-хозяйственная характеристика территории месторождений нефти и газа Самарской области

Объектами исследований являлись почвы территорий месторождений нефти и газа северной (СГМ), центральной (ЦГМ) и южной (ЮГМ) групп месторождений.

В границах северной группы месторождений нефти проведены исследования на территории Смагинского (Шенталинский район) и Козловского (Сергиевский район) месторождений.

Шенталинский район расположен на северо-востоке Самарской области. По природно-сельскохозяйственному районированию страны данная территория относится к Предуральской провинции лесостепной зоны.

Северо-восток области является наиболее возвышенной частью Заволжья и характеризуется сложным волнисто-увалистым и холмисто-увалистым древнеэрозионным рельефом [147].

Плосковершинные и гребневидные междуречья (Большой Черемшан–Сок–Кондурча) находятся на высоте 180-250 м и до 300 м над уровнем моря. Разветвленной сетью малых рек, балок и оврагов основные междуречья расчленены на второстепенные увалы – водоразделы, обычно асимметричного строения: южные их склоны крутые и короткие, часто ступенчатые, северные – пологие и длинные. Долины рек и оврагов врезаны глубоко, до отметок 90-120 м. Амплитуда высот составляет 100-150 м. Такой перепад высот и густота гидрографической сети делают этот район особо эрозионно опасным [109, 110].

Поймы рек в основном неширокие – 150-300 м. Наибольшую ширину имеет пойма р. Большой Черемшан – 500-700 м. Важным элементом ландшафта являются лесные массивы, состоящие из смешанных пород. В геологическом отношении описываемая территория сложена древними пермскими отложениями. Среди них преобладают породы казанского и татарского ярусов, которые на большей части территории перекрыты более молодыми отложениями четвертичного периода.

На водоразделах основными почвообразующими породами являются делювиальные глины и суглинки. На покатых волнистых

склонах значительное распространение имеют элювиальные отложения, отличающиеся высокой карбонатностью и наличием щебня. На возвышенных волнисто-бугристых элементах рельефа почвообразующей породой является элювий плотных карбонатных пород, который характеризуется плотным сложением, высокой карбонатностью, наличием камней и щебня, на глубине 0,7-1,0 м подстилается сплошными плитами известняков [109, 110].

На надпойменных террасах рек почвообразующими породами являются древнеаллювиальные отложения, в поймах – современные аллювиальные отложения. Основной фон почвенного покрова на водоразделах составляют черноземы. Они сформировались на открытых степных пространствах, характеризуются хорошо выраженным гумусовым горизонтом и значительной его мощностью. Среди черноземов наибольшим плодородием отличаются черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные и типичные карбонатные, которые сформировались на делювиальных отложениях, занимают пологие и слабопокатые выровненные склоны и в основном используются в пашне [109, 110, 147].

На территории Смагинского месторождения получили распространение подтипы почв – черноземы выщелоченные и типичные, с баллами бонитета 76 и 49 соответственно [98].

Смагинское нефтяное месторождение разрабатывается с 1983 г. расположено на территории Шенталинского (Смагинский купол) и Исаклинского административных районов Самарской области (рис. 2). Территория месторождения расположена в основном на водоразделе рек и представлена вершинами, покатыми и крутыми склонами, сильно пересеченными оврагами и балками. Объектами нефтедобывающего комплекса на территории Смагинского месторождения являются одиночные скважины, кусты скважин и нефтесборные трубопроводы к ним.

Козловское месторождение нефти территориально расположено в границах Сергиевского района Самарской области, эксплуатируется с 1967 года (рис. 3). Согласно геоморфологическому районированию территория района относится к провинции Высокого Заволжья, оконечности Бугульмино-Белебеевской возвышенности. По характеру рельефа территория Козловского месторождения относится к району Высокого Заволжья, отличающемуся пересеченной поверхностью с хорошо развитой гидрографической сетью и овражно-балочными системами [108].

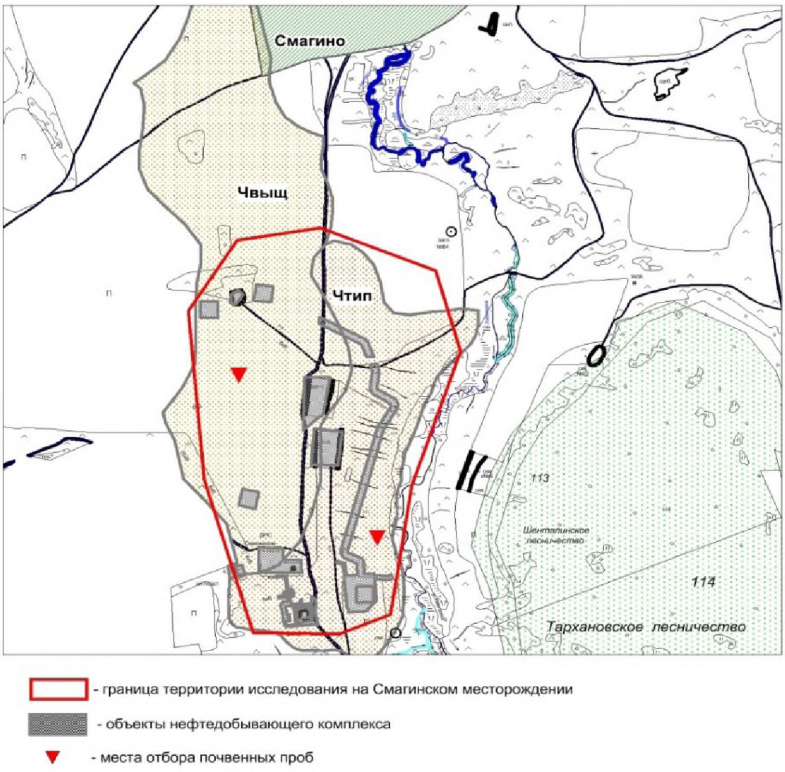


Рис. 2 . Граница территории исследования Смагинского месторождения и места отбора почвенных проб

Гидрографическая сеть района развита хорошо и представлена реками Сок, Сургут, Шунгут, Липовка, Кондурча. Наиболее многоводной является р. Сок, протекающая по территории района с северо-востока на юго-запад.

Почвенный покров территории района представлен черноземами выщелоченными и типичными, нередко типичными остаточно-карбонатными, карбонатными перерытыми в различной степени смытыми, редко встречаются серые лесные, на террасах – лугово-черноземные, в поймах рек – аллювиальные почвы.

Наибольшее распространение получили черноземы типичные (55 % от общей площади сельскохозяйственных угодий), черноземы выщелоченные – 10 %, типичные остаточно-карбонатные – 23,5%.

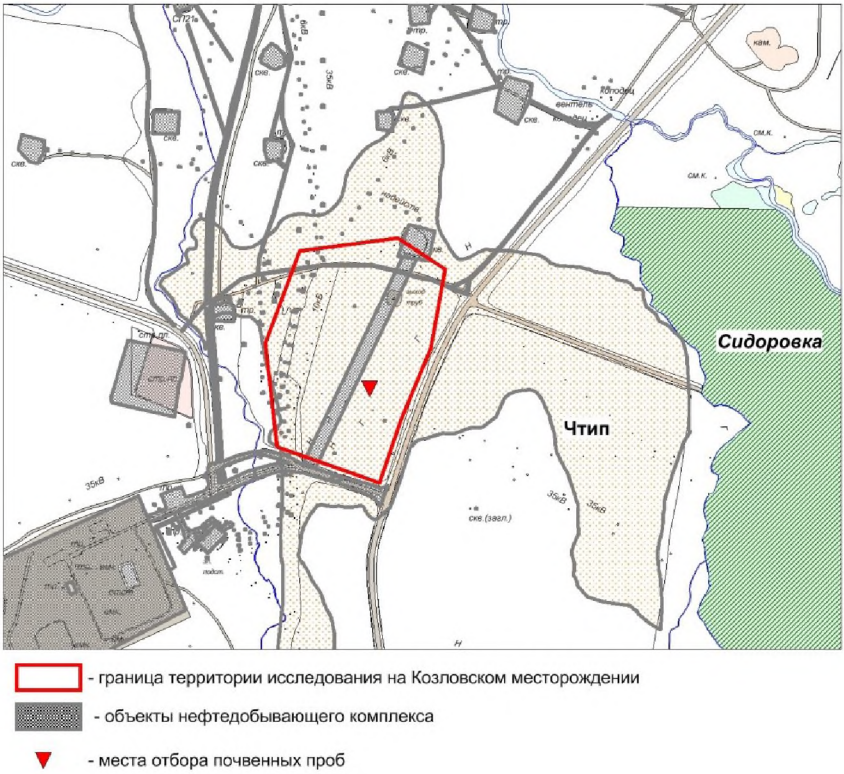


Рис. 3. Граница территории исследования Козловского месторождения и места отбора почвенных проб

Почвообразующими породами для них служат делювиальные глины и суглинки и элювий коренных пород.

Почвенный покров исследуемой территории представлен одним подтипом – черноземы типичные с баллом бонитета 61.

Объектами нефтедобывающего комплекса на территории Козловского месторождения являются одиночные скважины, кусты скважин и нефтесборные трубопроводы к ним.

В границах центральной группы месторождений нефти были проведены исследования на территории Алакаевского и Михайловско-Коханского месторождений, расположенных на территории Кинель-Черкасского района Самарской области.

По природно-сельскохозяйственному районированию Кинель-Черкасский район относится к Предуральской провинции лесостепной зоны и Заволжской провинции степной зоны. Он расположен в северо-восточной части области и представляет собой возвышенную равнину, глубоко расчлененную руслами рек, оврагами и балками. Основными элементами рельефа являются увалы с эрозионноопасными склонами.

Территория района находится в зоне умеренно континентального климата и относится к III агроклиматическому району с пониженным увлажнением.

Территория исследований в целом характеризуется равнинно-волнистым рельефом. Весь массив находящихся рядом небольших речек, таких как Мокрая Черновка, Сухая Черновка, Черновка делится на плоско-волнистые крупные увалы. Кормовые угодья располагаются по пологим, слабопокатым и покатым водораздельным склонам, по днищам и склонам балок и в поймах речек Черновки и Мокрой Черновки.

Вершины увалов представлены слабо-волнистой равниной, постепенно понижающейся с юго-востока на северо-запад.

Склоны имеют большую протяженность, волнистую поверхность. Они постепенно падают к оврагам и балкам. Лишь в нижней части крутизна склонов, как правило, возрастает. Здесь они значительно рассечены короткими мелкими овражками и промоинами. Поймы вышеупомянутых речек характеризуется ровной слабоволнистой поверхностью с выраженным микрорельефом в виде понижений.

В почвенном покрове господствуют черноземы типичные. Они занимают плато водоразделов, пологие и покатые выровненные склоны. На меньшей площади встречаются черноземы выщелоченные. Основными почвообразующими породами названных почв являются делювиальные глины и суглинки [142].

Алакаевское нефтяное месторождение разрабатывается с 1959 г. и расположено на территории Кинельского и Кинель-Черкасского административных районов Самарской области (рис. 4.).

Почвенный покров исследуемой территории представлен одним подтипом – черноземы типичные, балл бонитета 81.

Обследование Алакаевского месторождения проводилось на территории, подвергшейся загрязнению нефтепродуктами

в результате порыва напорного нефтепровода. Порыв произошел в результате внутренней коррозии трубы. В результате неудовлетворительного состояния существующего трубопровода и высокого давления идущих по нему нефтепродуктов началась утечка. Время разлива пришлось на раннюю весну. Нефть постепенно вытекала потоком вдоль дороги по лощине с востока на запад. Обследование проводилось на площади 10 га. По результатам обследования выявлено загрязнение нефтепродуктами и засоление почвенного покрова на площади 1,24 га.

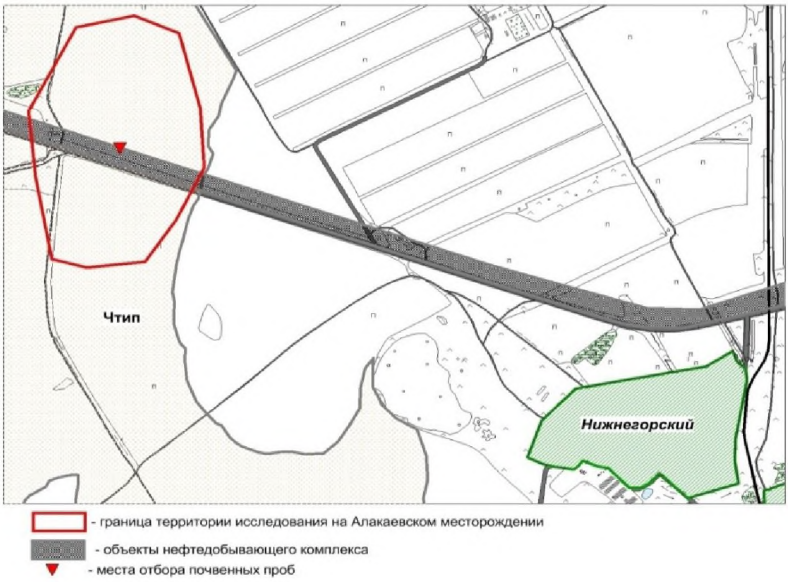


Рис. 4. Граница территории исследования Алакаевского месторождения и места отбора почвенных проб

Михайловско-Коханское нефтегазовое месторождение, открытое в 1949-1950 гг., находится в Самарской области, в Кинель-Черкасском и Борском районах (рис. 5, 6). По характеру рельефа территория Михайловско-Коханского месторождения относится к переходной степной полосе Заволжья и расположена на междуречье Большой Кинель – Кутулук.

Почвенный покров исследуемой территории представлен двумя подтипами черноземов: выщелоченные (балл бонитета 85) и типичные (балл бонитета 81) (табл. 6) [98].

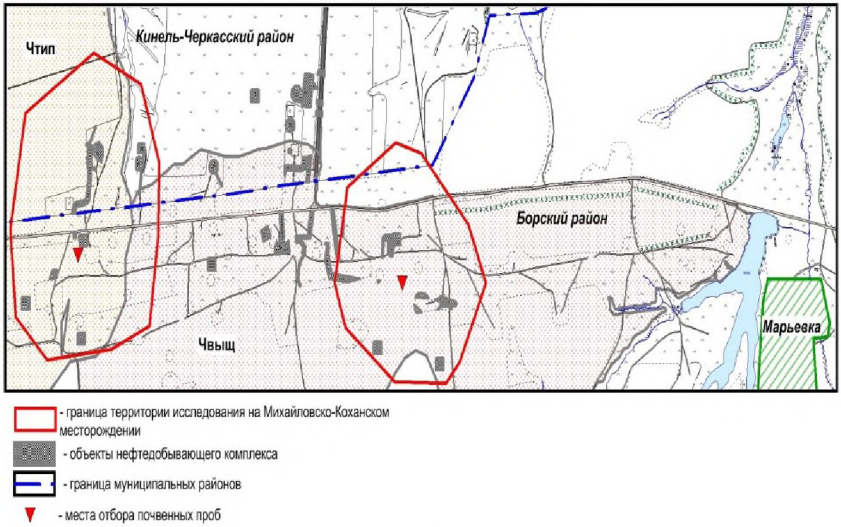


Рис. 5. Граница территории Борского района исследования Михайловско-Коханского месторождения и места отбора почвенных проб

Объектами нефтедобывающего комплекса на территории Михайловско-Коханского месторождения являются одиночные скважины, кусты скважин и нефтесборные трубопроводы к ним.

Территория Горбатовского месторождения приурочена к Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Основной полезный компонент – нефть. Имеются запасы попутного газа. Месторождение находится на территории Волжского района между сёлами Ровно-Владимировка и Берёзовый Гай. Приурочено к Тверскому валу широтного простирания Кулешовской системы валов. Выделяется шесть залежей: по одной в карбонатных породах башкирского яруса (на глубине 1530 м), в песчаниках визейского яруса (2130 м), в карбонатных породах турнейского яруса карбона (2170 м) и фаменского яруса девона (2231 м), две наиболее продуктивные залежи находятся в песчаниках и алевролитах франского яруса девона (2840-2850 м).

Высота залежей до 51 м. Плотность нефти до 870 кг/м^3, нефть сернистая.

Месторождение открыто в 1968 г., разрабатывается с 1971 г.

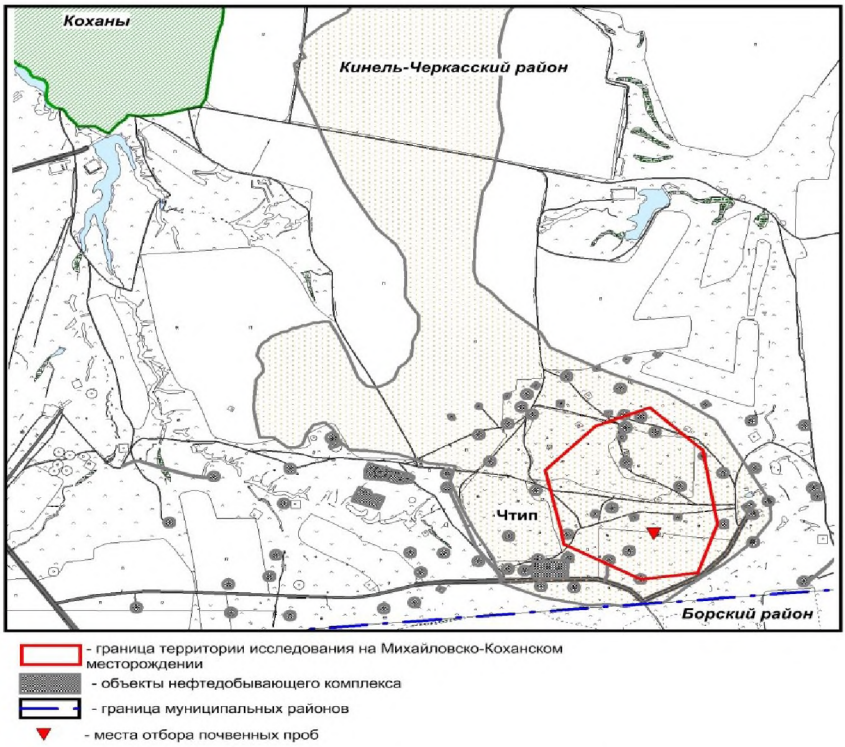


Рис. 6. Граница территории Кинель-Черкасского района исследования Михайловско-Коханского месторождения и места отбора почвенных проб

По мере расширения объемов нефтедобычи, соответственно, увеличивается нагрузка по почвенный и растительный покров территории.

По агроклиматическому районированию территория исследований относится к III агроклиматическому району, характеризующемуся значительными колебаниями суточных и среднегодовых температур, неустойчивостью и недостатком атмосферных осадков, сухостью воздуха, достатком света и тепла. Общий недостаток влаги в течение всего вегетационного периода ведет к развитию ксерофитной растительности с преобладанием ковылей, типчака, эфемеров и эфемероидов [138].

Среднемесячная температура самого жаркого месяца июля составляет +27,5°С, самого холодного – января -17,1°С [65].

Участок исследований находится в северной части степной зоны, в полосе разнотравно-типчаково-ковыльных степей. Из-за влияния важнейших экологических факторов (климата, рельефа, почв) растительный покров естественных кормовых угодий хозяйства характеризуется довольно большим разнообразием. Большую часть пастбищ занимают настоящие степи, все они разнотравно-типчаковые, нередко сильно сбитые [112].

Участки исследования находятся в южной части Волжского района, на территории Сыртового Заволжья. Основными орографическими элементами здесь являются протяженные и приподнятые до 130-160 м массивные долины направленных к Волге рек – Самары, Чапаевки, Чагры, Каралыка и Большого Иргиза. Почвенный покров исследуемой территории представлен двумя подтипами черноземов: обыкновенные (балл бонитета 49-74) и южные (балл бонитета 35), в комплексе с черноземами обыкновенными представлен солонец черноземный (балл бонитета 40) [98].

Обследуемые участки на Горбатовском месторождении расположены на 3-х массивах. На исследуемых участках расположены действующие и законсервированные скважины по добыче нефти. По всем участкам проходит сеть нефтепроводов и водоводов, заглубленных в землю, и линии электропередач. Все скважины обвалованы земляным валом высотой до 2-х метров (рис. 7, 8).

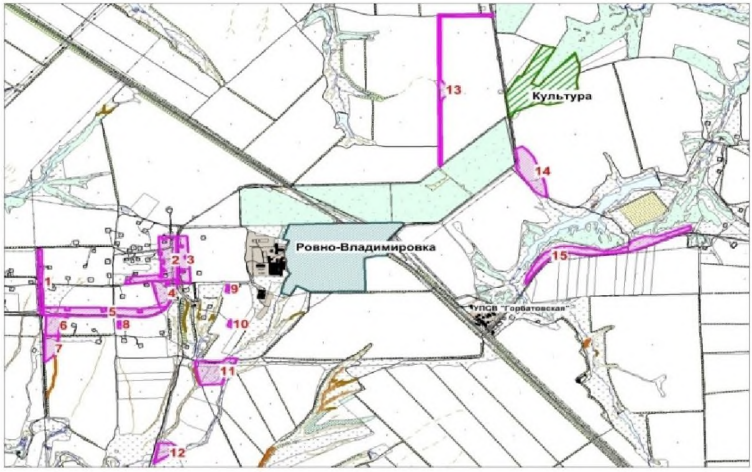


Рис. 7 . Участки исследования территории Горбатовского месторождения (ЮГМ) в 2003 г.

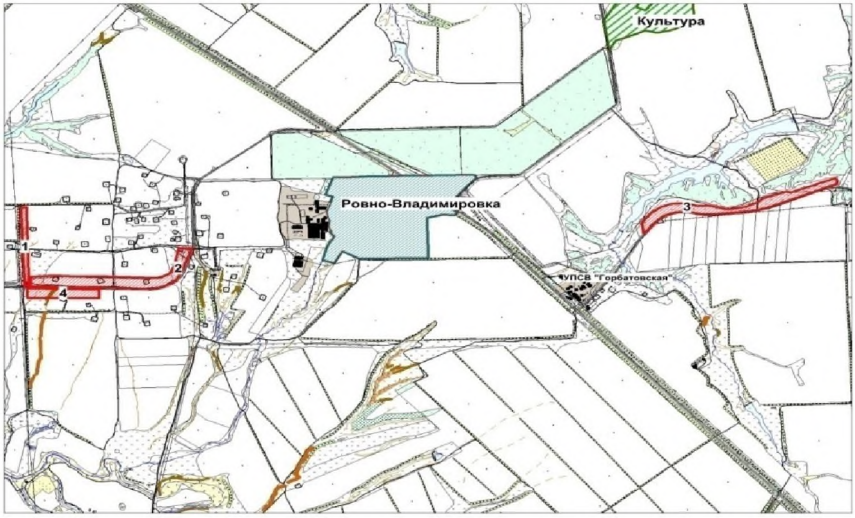


Рис. 8. Участки исследования территории Горбатовского месторождения (ЮГМ) в 2012 г.

Самый большой массив расположен западнее с. Ровно-Владимировка, на поле с наибольшей концентрацией нефтяных скважин.

Второй массив расположен восточнее села за автодорогой, вытянут узкой полосой между лесом и асфальтированной дорогой. Третий массив – на северо-востоке хозяйства по границе с сельхозпредприятием «Прогресс».

Общая площадь обследования территории Горбатовского месторождения составила 63,8 га. расположена в степной зоне Заволжской почвенной провинции. Почвенный покров участка работ представлен обыкновенными черноземами.

Черноземы обыкновенные карбонатные характеризуются устойчивым поверхностным вскипанием, т.е. наличием карбонатов во всем почвенном профиле, начиная с поверхности.

Почвообразующими породами для обыкновенных карбонатных черноземов послужили сыртовые карбонатные легкие глины

На исследуемых участках расположены действующие и законсервированные скважины по добычи нефти.

По всем участкам проходит целая сеть нефтепроводов и водоводов, заглубленных в землю, а также линии электропередач. Все скважины обвалованы земляным валом высотой до 2-х метров.

Визуально при полевом обследовании на участке обследования наблюдается засоление пластовыми водами в виде белесого налета на почве, а также присутствие растений типичных для засоленных почв. Присутствие пластовых вод неблагоприятно влияет на агрофизические свойства почвы.

На территории исследуемых месторождений почвы преимущественно представлены типом черноземы, подтипами: типичные, выщелоченные, обыкновенные и южные (табл. 4).

Таблица 4

Почвенный покров территории исследуемых месторождений

Название месторождения	Тип почвы	Подтип почвы	Род	Балл бонитета
СГМ				
Смагинское	чернозем	выщелоченный	обычный	76
	чернозем	типичный	остаточно-карбонатный	49
Козловское	чернозем	типичный	карбонатный	61
ЦГМ				
Алакаевское	чернозем	типичный	обычный	81
Михайловско-Коханское	чернозем	выщелоченный	обычный	85
	чернозем	типичный	обычный, карбонатный	81
ЮГМ				
Горбатовское	чернозем	обыкновенный	обычный, карбонатный	49-74
	чернозем	южный	карбонатный	35
	солонец	черноземный	солончаковатый	40

Основным интегральным показателем оценки плодородия почв является балл бонитета почв. Определение балла бонитета включает установление признаков и свойств почв, существенно влияющих на их плодородие, расчет средних физических значений в зависимости от их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур и перевод данных значений в относительные величины – баллы. Полученные бонитеты сельскохозяйственных угодий по административным районам сопоставлены с многолетней средней урожайностью зерновых культур.

5. Особенности накопления тяжелых металлов различными подтипами черноземов

Изучением динамики накопления тяжелых металлов в черноземах различных географических районов занимались многие исследователи (В. В. Добровольский, 1997; Ю. А. Мажайский и др., 2002; Н. В. Прохорова, 2002; С. Н. Немцов, 2003; Т. С. Улигова и др., 2003; Л. Г. Горковенко и др., 2004; Н. Г. Гайдукова и др., 2004; Е. Е. Кузьмина, 2005; Н. М. Матвеев и др., 2008; Н. Г. Гайдукова и др., 2010), которые отмечают, что объемы локализации токсикантов в пахотном горизонте во многом определяются физико-механическими и агрохимическими свойствами почв. Анализ почвенных образцов показал, что изучаемые подтипы черноземов имеют существенные отличия по ряду параметров, определяющих металлоаккумулятивную способность почвы и уровень ее плодородия. Так, выщелоченные черноземы имеют сравнительно большой удельный вес в структуре агрегатов мелкодисперсных глинистых (<0,01 м) – 57% и илистых частиц (<0,001 мм) – 44%, обуславливающих высокую сорбционную емкость.

В типичном черноземе их количество не превышало в среднем 53 % и 35 %, в южном – 47 % и 31 %, что соответственно на 7,5 %; 25,7 % и 21,3; 41,9 % меньше контрольного индекса (табл. 5). Четко прослеживаются различия и по содержанию гумуса. В верхнем горизонте выщелоченного чернозема (0-10 см) его концентрация равнялась 6,3%, в среднем по пахотному профилю (0-30 см) – 6,2%, что на 18,8-19,6% больше показателей чернозема типичного и на 61,5-63,1% – южного. С продвижением на юг меняется реакция почвенной среды и сумма обменных оснований. У чернозема выщелоченного pH водной вытяжки варьирует в пределах 6,0-6,2 при сумме обменных оснований 370-460 мг-экв. на 1 кг почвы. При этом на долю Ca приходится 78,0-87,0 % общего объема. Реакция почвенного раствора чернозема типичного несколько сдвинута в щелочную сторону – pH – 6,6-6,9, а сумма обменных оснований составляет 373-410 мг-экв./кг. Это на 8,8-12,2 % меньше индексов первого подтипа. К тому же в нижнем горизонте (20-30 см) прослеживается наличие Na, возрастает и удельный вес Mg – до 16,6-22,1%.

Чернозем южный имеет щелочную реакцию почвенной среды с pH в горизонте 0-20 см – 7,2-7,3, а в слое 20-30 см – 7,5. Сумма обменных оснований уменьшается до 380, в нижнем горизонте (20-30 см) – до 300 мг-экв./кг. По всему почвенному профилю отмечается присутствие ионов Na^+. На долю ионов Ca^{2+} приходится 71,7-82,4 % общей суммы поглощенных оснований.

Анализ контрольных индексов наличия подвижных форм P_2O_5 и K_2O показал, что лучше обеспечен этими биогенными элементами чернозем выщелоченный, в среднем – 211 мг/кг почвы и 213 мг/кг почвы. При этом максимальная концентрация P_2O_5 и K_2O отмечалась в верхнем горизонте почвы (0-20 см). Запасы P_2O_5 и K_2O в черноземе типичном снижались в среднем до 191 и 201 мг/кг или на 10,5 % и 6,0 %, а в черноземе южном – до 180 и 197 мг/кг, или на 17,2 % и 8,1 %.

Таблица 5

Физико-химические свойства различных типов почв, 2008-2010 гг.

Почва	Слой почвы, см	Фракции, мм, %		pH водной вытяжки	Гумус, %	Поглощенные основания, мг-экв./кг почвы				Содержание подвижных форм, мг/кг почвы	
		<0,01	<0,001			сумма	Ca	Mg	Na	P_2O_5	K_2O
Чернозем выщелоченный	0-10	58	40	6,2	6,3	460	400	60	-	216	220
	10-20	56	45	6,2	6,2	420	350	70	-	210	230
	20-30	56	47	6,0	6,1	370	290	80	-	206	188
	среднее	57	44	6,1	6,2	417	347	70	-	211	213
Чернозем типичный	0-10	56	33	6,6	5,3	410	342	68	-	200	210
	10-20	54	35	6,8	5,0	370	300	70	-	192	200
	20-30	50	37	6,9	4,9	340	265	75	8	180	194
	среднее	53	35	6,8	5,1	373	307	71	-	191	201
Чернозем южный	0-10	50	28	7,2	3,9	380	313	62	5	190	205
	10-20	47	30	7,3	3,8	330	254	67	9	185	200
	20-30	43	34	7,5	3,7	300	215	70	15	167	186
	среднее	47	31	7,3	3,8	337	260	66	10	180	197

Исследованиями выявлено, что во всех изучаемых подтипах чернозема присутствуют Cd, Pb, Zn, Cu, Co, Mn. Однако их валовые объемы не превышают ПДК. При этом наибольшее количество тяжелых металлов аккумулирует чернозем выщелоченный. Так, уровень накопления в нем Cd (0,44 мг/кг) в 1,22 раза превышал показатели чернозема типичного (0,36 мг/кг) и в 1,69 раза (0,26 мг/кг) – чернозема южного (табл. 6). Аналогичные закономерности прослеживаются и по Pb, соответственно – 18,7 мг/кг против 11,1 мг/кг и 7,86 мг/кг или в 1,68 и 2,37 раза. Объемы аккумулирования Zn были примерно равными и составляли в степной зоне около 40,0 мг/кг, в лесостепной – 44,0 мг/кг. Концентрация Cu в черноземе выщелоченном на 24,8 % и 89,0 % превышала индексы типичного и южного черноземов и равнялась в среднем 19,9 мг/кг. Содержание Co в почвах северной и центральной зоны было примерно равным и варьировало от 9,17 мг/кг до 9,92 мг/кг. В степной зоне концентрация данного элемента в пахотном горизонте не превышала в среднем 6,31-6,56 мг/кг, или была на 45,3-51,2% ниже. Зональные особенности наблюдаются и в отношении Mn. На севере области в черноземе выщелоченном его количество в пахотном горизонте составляло в среднем 707 мг/кг, в центре – в типичном – 612 мг/кг и на юге – в черноземе южном – 464 мг/кг. Таким образом, по количественному содержанию валовых форм Cd, Pb, Zn, Cu, Co, Mn почвы Самарского Заволжья образуют убывающий ряд: чернозем выщелоченный > чернозем типичный > чернозем южный.

Повышенный уровень металлоаккумуляции черноземом северной лесостепи наряду с физико-химическими свойствами почвы и комплексом природно-климатических условий, очевидно, обусловлен и техногенным воздействием на агробиоценозы.

Определенные закономерности прослеживались и при распределении химических элементов по профилю пахотного горизонта. Во всех подтипах черноземов наибольшее их количество концентрировалось в верхнем гумусовом горизонте (0-10 см), что обусловлено большой поглотительной емкостью органо-минеральной части этого слоя почвы.

На глубине 10-20 см их содержание уменьшалось в среднем на 1,5-5,6%. В нижнем горизонте (20-30 см) вновь возрастало до средних значений.

Таблица 6

Содержание тяжелых металлов в различных типах почв, мг/кг, 2008-2010 гг.

Почва	Слой почвы, см	Валовая форма (кислотная экстракция HNO_3 1:1)						Подвижная форма (ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4,8)					
		Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn	Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозем выщелоченный	0-10	0,44	19,8	44,1	20,8	9,57	701	0,123	0,73	0,35	0,75	0,46	35,4
	10-20	0,43	18,1	43,6	18,2	9,17	698	0,112	0,63	0,35	0,57	0,49	37,9
	20-30	0,45	18,4	44,3	20,6	9,48	722	0,121	0,70	0,31	0,58	0,41	38,6
	среднее	0,44	18,7	44,0	19,9	9,41	707	0,118	0,69	0,34	0,63	0,45	37,3
	фон	0,94	13,5	32,8	18,0	13,5	489	0,068	0,32	0,20	0,15	0,20	32,3
Чернозем типичный	0-10	0,37	11,1	40,4	17,0	9,92	625	0,080	0,48	0,59	0,16	0,11	54,5
	10-20	0,35	10,8	40,3	16,8	9,48	600	0,071	0,53	0,63	0,13	0,14	51,2
	20-30	0,37	11,3	40,6	15,8	9,69	612	0,073	0,53	0,52	0,12	0,10	54,2
	среднее	0,36	11,1	40,4	16,5	9,70	612	0,074	0,51	0,58	0,14	0,12	53,3
	фон	0,80	15,1	35,0	17,0	15,6	526	0,059	0,35	0,60	0,09	0,20	20,3
Чернозем южный	0-10	0,28	8,01	40,6	11,0	6,3	486	0,029	0,51	0,33	0,10	0,31	25,3
	10-20	0,24	7,41	40,1	10,7	6,29	449	0,036	0,39	0,53	0,10	0,26	28,2
	20-30	0,27	8,18	40,3	11,1	6,56	456	0,025	0,61	0,40	0,09	0,29	23,3
	среднее	0,26	7,86	40,3	10,9	6,40	464	0,030	0,50	0,42	0,10	0,28	25,6
	фон	0,87	15,0	34,5	14,0	13,8	470	0,037	0,63	0,70	0,14	0,20	32,3
ПДК		2,0	30,0	100,0	55,0	14,0	1500	0,5	6,0	23,0	3,0	5,0	100,0

Очевидно, это вызвано вымыванием тяжелых металлов атмосферными осадками из верхнего и среднего слоев почвы и перемещением в иллювиальный горизонт, где происходит их абсорбция глинистыми и илистыми частицами почвы.

Анализ количественного состава аккумулянтов показал, что во всех изучаемых подтипах черноземов наибольшую долю в общем объеме занимает Mn – в среднем 87,6-88,7%, далее в порядке убывания следует Zn – 5,5-7,6%, Cu – 2,1-2,6%, Pb – 1,5-2,3%, Co – 1,2-1,4% и Cd – 0,04-0,05%. Для более объективной оценки объемов накопления металлотоксикантов и определения уровня их биологической опасности проведено сравнение полученных результатов с индексами ПДК и фоновыми значениями. Расчеты показали, что в северной лесостепи, несмотря на относительно небольшое валовое количество, близко к пороговому параметру находится Co – 0,65 ПДК, далее в порядке убывания располагаются: Pb – 0,62; Mn – 0,47; Zn – 0,44; Cu – 0,36 и Cd – 0,15 ПДК (табл. 7). По отношению к фоновому значению, тяжелые металлы образуют следующий ряд: Mn>Pb>Zn>Cu>Co>Cd. При этом уровень аккумуляции Mn, Pb, Zn и Cu оказался соответственно на 44,0 %, 38,0 %, 34,0 % и 10,0 % выше фонового показателя.

Таблица 7

Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах, 2008-2010 гг.

Почва	Элементы					
	Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозем выщелоченный	0,15 0,46	0,62 1,38	0,44 1,34	0,36 1,10	0,65 0,69	0,47 1,44
Фон	0,94	13,5	32,8	18,0	13,5	489
Чернозем типичный	0,12 0,45	0,37 0,73	0,40 1,15	0,30 0,97	0,69 0,62	0,41 1,16
Фон	0,80	15,1	35,0	17,0	15,6	526
Чернозем южный	0,08 0,30	0,26 0,52	0,40 1,16	0,20 0,78	0,45 0,46	0,31 0,99
Фон	0,87	15,0	34,5	14,0	13,8	470
ПДК	3,0	30,0	100,0	55,0	14,0	1500

Примечание. Числитель – ПДК, знаменатель – фоновые значения.

Определенные закономерности прослеживались и на черноземе типичном. Наибольший индекс ПДК – 0,69 так же отмечался у Co. Примерно на равном уровне проявлялась токсичность Mn и Zn – 0,41 и 0,40 ПДК. Накопление Pb не превышало 0,37, а Cu –

0,30 ПДК, что на 67,5 % и 20,0 % ниже параметров чернозема выщелоченного. Минимальное значение – 0,12 ПДК выявлено у Cd. По отношению к фоновому уровню накопления элементы располагаются в следующем порядке: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd. При этом превышение фонового значения отмечено только у Mn и Zn, соответственно на 16,0 % и 15,0 %.

Объем аккумуляции токсикантов в черноземе южном был существенно ниже, чем значения этого показателя в северной и центральной зонах. Однако и в этом случае ближе к предельному индексу находился Co – 0,45 ПДК, далее следовал и Zn – 0,40 и Mn – 0,21 ПДК. Количество Pb и Cu не превышало 0,26 и 0,20, а Cd – 0,08 ПДК. В годы исследований превалирование над фоновым показателем отмечалось только у Zn – на 16,0%. По отношению к данному параметру изучаемые металлы образовывали следующий убывающий ряд: Zn> Mn>Cu>Pb>Co>Cd.

Важным критерием, характеризующим степень накопления тяжелых металлов в агроценозах, является их запас в корнеобитаемом слое (0-30 см), выраженный в килограммах на 1 га. Расчетами установлено, что количество валовых форм элементов в выщелоченном черноземе может варьировать от 1,32 кг на 1 га – у Cd до 2121 кг на 1 га – у Mn. Относительно много пахотный горизонт северной зоны содержал Zn, Cu и Pb, соответственно 132,0; 59,7; 56,1 кг/га. Объем аккумуляции Co равнялся 28,2 кг/га. При этом общий вес изучаемых металлотоксикантов на 1 га достигал 2398 кг. В соответствии с выявленными ранее закономерностями чернозем типичный на 1 га содержал на 0,24 кг меньше Cd, 22,8 кг – Pb, 10,8 кг – Zn, 10,2 кг – Cu и 285 кг – Mn, Co – наоборот, на 0,9 кг/га больше. Их общий вес на 1 га составлял 2070 кг (табл. 8). Уровень накопления Cd, Zn, Cu, Co в черноземе южном был в 1,09-1,82 раза, а Pb в 2,37 раза меньше, чем в почвенном покрове северной зоны, и в 1,02-1,51 раза меньше, чем в центральной. Общий вес тяжелых металлов на 1 га равнялся 1589 кг, что на 809 кг и на 481 кг меньше, чем в северной и южной зонах соответственно.

По мнению многих авторов (А. С. Цигуткин и др., 2007; И. В. Глебова и др., 2008; И. И. Серегина и др., 2010), наибольшую опасность для биологических объектов представляют не валовые, а мобильные формы металлов. Проведенные исследования показали, что объем вовлечения металлотоксикантов в биологический круговорот и их подвижность в агроландшафтах Самарского

Заволжья во многом определяются зональными особенностями почвенной среды.

Таблица 8

Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве, 2008-2010 гг.

Почва	Показатели	Элементы					
		Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозем выщелоченный	Валовая форма, кг/га	1,32	56,1	132,0	59,7	28,2	2121
	Подвижная форма, кг/га	0,35	2,07	1,02	1,89	1,35	111,9
	% подвижности	26,5	3,7	0,8	3,2	4,8	5,2
Чернозем типичный	Валовая форма, кг/га	1,08	33,3	121,2	49,5	29,1	1836
	Подвижная форма, кг/га	0,22	1,53	1,74	0,42	0,36	159,9
	% подвижности	20,4	4,6	1,4	0,8	1,2	8,7
Чернозем южный	Валовая форма, кг/га	0,78	23,6	120,9	32,7	19,2	1392
	Подвижная форма, кг/га	0,09	1,50	1,26	0,30	0,89	76,8
	% подвижности	11,5	6,3	1,0	0,9	4,6	5,5

Анализами выявлено, что подвижность Cd с продвижением с севера на юг снижается в среднем с 26,5% – у чернозема выщелоченного до 20,4 % у типичного и 11,5 % – у южного. При этом потенциально опасный объем токсиканта на 1 га уменьшается с 0,35 кг – на севере до 0,22 кг – в центре и 0,09 кг – на юге.

В отношении Pb в годы исследований прослеживалась обратная зависимость. Наибольшая его подвижность (5,2-7,5 %) отмечалась в черноземе южном, наименьшая – 3,5-3,8 % – в выщелоченном. Мобильность токсиканта в черноземе типичном равнялась в среднем 4,6 %, а его доступные объемы в пахотном горизонте (0-30 см) составляли в среднем 1,53 кг/га, что на 35,3 % меньше значений показателей чернозема выщелоченного – 2,07 кг/га. Запасы доступного Pb в черноземе южном равнялись в среднем 1,50 кг/га.

Подвижность Zn больше проявлялась в черноземе типичном и достигала в среднем 1,4 %. В черноземе выщелоченном она равнялась 0,8 %, а в южном – 1,0 %. Это существенно меньше результатов, полученных в опытах Н. В. Прохоровой (1996) и Н. М. Матвеева и др., (2008). Очевидно, низкая миграция Zn в годы исследований обусловлена засушливым типом погодных условий и недостаточностью увлажнения почвенного профиля. Установлено, что в почвах северной зоны накапливается около 1,02 кг потенциально доступного растениям Zn на 1 га, в центральной – 1,74 кг/га, а в южной – 1,26 кг/га.

Мобильность Cu больше проявлялась в черноземе выщелоченном и варьировала от 2,8 до 3,6 %. При этом объем биологически активной Cu равнялся 1,89 кг/га. В черноземе типичном и южном ее подвижность не превышала 0,8-0,9 %, а биодоступность составляла соответственно 0,42 и 0,30 кг/га, что в 4,6 и 6,3 раза меньше, чем в почве северной зоны.

Чернозем выщелоченный обуславливал и относительно высокую мобильность Co – 4,3-5,3 %. Абсорбция Co повышалась, а мобильность уменьшалась до 1,0-1,5 %. И вновь возрастала в условиях чернозема южного – 4,1-4,8 %. Содержание подвижного Co в изучаемых подтипах почв равнялась соответственно: 1,35; 0,36 и 0,84 кг/га.

Марганец, наоборот, большую биологическую активность проявлял в черноземе типичном, достигая мобильности на уровне 8,5-8,8%. При этом содержание подвижных форм в пахотном горизонте составляло в среднем 159,9 кг/га. В почве северной зоны мобильность Mn варьировала от 5,0 до 5,4%, а его запасы в верхнем слое почвы (0-30 см) равнялись 111,9 кг/га. В черноземе южном объемы аккумулирования доступного Mn находились в пределах 76,8 кг/га, или 5,5% от валового содержания.

Математический анализ полученных результатов выявил тесную связь содержания валовых форм тяжелых металлов с наличием в почве глинистой и илистой фракций. Коэффициенты корреляции равнялись соответственно r = 0,71-0,92 и r = 0,64-0,92, а также с содержанием гумуса (r = 0,53-0,98) (табл. 9).

Причем концентрация Cd, Pb, Zn и Cu в большей степени определялась наличием органического вещества в почве (r = 0,85-0,98). Прослеживалась четкая зависимость присутствия Pb с объемом поглощенных оснований и в частности с содержанием в почве подвижных форм P_2O_5 (r = 0,72 и r = 0,88).

Аналогичная зависимость также прослеживалась по Cd, Zn, Mn, и Co – r = 0,62-0,85. Анализ показал, что уровень концентрации как валовых, так и подвижных форм металлов в почве в годы исследований практически не зависел от pH почвенной среды. Очевидно, пределы ее вариации в агроландшафтах Самарского Заволжья относительно невелики и не оказывают существенного влияния на процессы металлонакопления в почве.

Таблица 9

Коэффициенты корреляции (r) зависимости содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте от физико-химических свойств почвы, 2008-2010 гг.

Показатели	Валовое содержание (кислотная экстракция HNO_3 1:1)						Подвижная форма (ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4,8)					
	Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn	Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Фракция, мм < 0,01	0,89	0,83	0,71	0,92	0,82	0,92	0,91	0,54	- 0,12	0,75	0,42	0,32
Фракция, мм < 0,001	0,89	0,92	0,89	0,85	0,64	0,87	0,89	0,82	-0,46	0,85	0,60	0,22
pH водной вытяжки	-0,97	0,03	-0,88	-0,96	-0,78	-0,97	-0,98	-0,72	0,34	-0,88	-0,52	-0,38
Гумус, %	0,98	0,96	0,85	0,98	0,53	0,77	-0,37	0,68	-0,34	0,75	0,46	0,51
Сумма поглощенных оснований, мг-экв./кг почвы	-0,26	0,72	0,37	0,08	0,38	0,58	-0,27	0,53	-0,25	0,75	0,52	0,32
Содержание подвижных форм P_2O_5 мг/кг почвы	0,83	0,88	0,83	0,10	0,62	0,85	0,89	0,6	-0,35	0,87	0,58	0,23
Содержание подвижных форм K_2O мг/кг почвы	0,47	0,54	0,47	0,43	0,33	0,48	0,52	0,26	-0,2	0,56	0,47	0,09

Расчетами установлена тесная связь подвижных форм Cd, Pb, Cu и Co с дисперсностью почвы и наличию в ней P_2O_5 (r = 0,58-0,91). Присутствие подвижного Mn в средней степени коррелировала с наличием гумуса (r = 0,51), глинистых фракций (r = 0,32) и насыщенностью поглощенными основаниями (r = 0,32), а Zn в определенной мере с реакцией почвенной среды (r = 0,34).

Таким образом, по степени подвижности тяжелых металлов в почвах можно выстроить следующие ряды:

чернозем выщелоченный – Cd>Mn>Co>Pb>Cu>Zn;

чернозем типичный – Cd>Mn>Pb>Zn>Co>Cu;

чернозем южный – Cd>Pb>Mn>Co>Zn>Cu.

Сравнительный анализ полученных результатов и индексов ПДК для подвижных форм металлотоксикантов выявил, что уровень аккумуляции химических элементов в почвах лесостепной и степной зон Самарского Заволжья находится существенно ниже контрольных индексов и не превышает у чернозема выщелоченного по Mn, Ca и Cи соответственно 0,37; 0,23 и 0,21 ПДК (табл. 10).

Концентрация Pb, Co и Zn была еще меньше и равнялась 0,11; 0,09 и 0,02 ПДК. Аналогичные закономерности прослеживались в черноземе типичном и южном. При этом в почвах центральной зоны металлы располагались в следующем убывающем ряду: Mn>Cd>Pb>Cu>Zn>Co, а южной зоны – Mn>Pb>Cd>Co>Cu>Zn.

Таблица 10

Содержание подвижных форм тяжелых металлов (по отношению к ПДК), 2008-2010 гг.

Почва	Элемент					
	Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозем выщелоченный	0,23	0,11	0,02	0,21	0,09	0,37
Чернозем типичный	0,15	0,09	0,03	0,05	0,02	0,53
Чернозем южный	0,07	0,08	0,02	0,03	0,06	0,27
ПДК	0,5	6,0	23,0	3,0	5,0	100,0

По результатам исследований можно сделать заключение, что наибольшее количество валовых форм Cd, Pb, Zn, Mn и Cu в условиях Самарского Заволжья аккумулирует чернозем выщелоченный, а Co – чернозем типичный. Максимальный уровень локализации подвижных форм Cd, Pb, Cu и Co также приходится

на чернозем выщелоченный, а Zn и Mn – на чернозем типичный. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве во многом определяется наличием глинистой и илистой фракций (r = 0,71-0,92 и r = 0,64-0,92), а также содержанием гумуса (r = 0,53-0,98), особенно Cd, Pb, Zn и Cu (r = 0,85-0,98). Присутствие подвижных форм Cd, Pb, Cu и Co связано с дисперсностью почвы и наличию в ней P_2O_5 (r = 0,58-0,91), а присутствие Mn – с гумусом (r = 0,51). В годы исследований уровень концентрации валовых и подвижных форм металлотоксикантов во всех изучаемых подтипах черноземов был близок к фоновым значениям и не превышал ПДК.

6. Агрохимические свойства черноземов сельскохозяйственных угодий, подвергшихся нефтяному загрязнению

На территории исследуемых месторождений наибольшее содержание органического вещества в виде гумуса определено в горизонте 0-40 см и варьирует от 3,67 % (ЮГМ) до 4,62% (СГМ), данные показатели характеризуют почвы как слабогумусированные и малогумусные. Вниз по почвенному профилю наблюдается снижение содержания органического вещества. Наибольшее содержание питательных веществ определяется в верхнем горизонте 0-40 см (табл. 11).

Таблица 11

Агрохимическая характеристика почв участков месторождений нефти и газа

Горизонт	Слой почвы, см	Гумус, %	Содержание, мг/кг почвы			pH водная
			$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O	
СГМ						
А	0-40	4,62	19,32	36,1	139,6	7,56
В1	40-60	3,1	17,56	36,5	119,58	7,65
В2	60-80	2,3	13,33	23,31	30,3	7,6
С	90-100	1,6	11,0	20,41	20,41	7,9
ЦГМ						
А	0-40	4,0	8,84	40,84	89,57	8,35
В1	40-60	3,23	5,18	38,3	75,17	8,03
В2	60-80	2,3	4,7	7,04	30,3	7,5
С	90-100	1,6	3,3	7,0	20,1	7,9
ЮГМ						
А	0-40	3,67	14,43	25,84	322,79	8,7
В1	40-60	3,1	12,21	19,77	237,87	8,8
В2	60-80	1,3	10,4	12,3	200,3	8,6
С	90-100	0,7	9,3	10,1	196,4	8,3

Реакция среды почвенного раствора на территории СГМ по всему профилю слабощелочная pH водная 7,6-7,9, на территории ЦГМ в горизонте 0-40 см реакция почвенной среды среднещелочная, далее по профилю происходит сдвиг в слабощелочную сторону, реакция почвенной среды по всему почвенному профилю в почвах ЮГМ среднещелочная. Почвы исследуемых месторождений имеют очень низкую обеспеченность нитратным азотом –

менее 30 мг/кг почвы, наибольшее содержание нитратного азота выявлено на территории СГМ – 19,32 мг/кг почвы в горизонте 0-40 см. Обеспеченность почв подвижным фосфором на территории СГМ и ЦГМ повышенная, ЮГМ – средняя по отношению к зерновым культурам, обменным калием очень низкая обеспеченность почв ЦГМ, низкая на территории СГМ – и повышенная на территории ЦГМ.

Средние показатели объемной массы в почвах легкоглинистого механического состава в пахотном слое для черноземов выщелоченного и типичного составляют 1,13 г/см^3, для черноземов обыкновенного и южного – 1,20 г/см^3 (данные «ВолгоНИИгипрозем»). В исследованиях авторов объемная масса почв на территории СГМ – 1,26 г/см^3, ЦГМ – 1,29 г/см^3, ЮГМ – 1,38 г/см^3, данные величины указывают на уплотненное сложение пахотного слоя. Наибольшее уплотнение верхнего пахотного слоя наблюдается на территории Горбатовского месторождения (ЮГМ) (табл. 12).

Таблица 12

Показатели плодородия почв месторождений нефти Самарской области

Показатели плодородия почв	Месторождение		
	СГМ	ЦГМ	ЮГМ
Агрофизические свойства почвы			
Пахотный слой, г/см^3	1,26	1,29	1,38
Плотность, г/см^3	1,30	1,31	1,40
Агрохимические и физико-химические свойства почвы			
Гумус, %	5,23	4,52	3,48
Азот нитратный, мг/кг	18,85	10,72	14,82
Фосфор подвижный, мг/кг	32,03	43,72	21,30
Калий обменный, мг/кг	146,9	92,13	327,86

Оценка плотности сложения почв проводится по Н. А. Качинскому (1965), плотность почвы в среднем определяется величинами 1,21-1,4 г/см^3, к ним экологически приспособлено большинство растений. В исследованиях авторов данный показатель варьирует от 1,30 г/см^3 до 1,4 г/см^3, что указывает на сильное уплотнение почв сельскохозяйственных угодий. При таких показателях почва оказывает большое сопротивление развитию корневой системы растений. По содержанию органического вещества в виде гумуса почвы всех исследуемых месторождений относятся к слабогумусированным и малогумусным 3,48-5,23%. Обеспеченность почв

нитратным азотом очень низкая, подвижным фосфором на территории ЮГМ – средняя, на территории СГМ и ЦГМ – повышенная, обеспеченность обменным калием на территории ЦГМ – очень низкая, на территории СГМ – низкая, на территории ЮГМ – повышенная.

6.1. Почвы, подвергшиеся нефтяному загрязнению

Северная группа месторождений. В пределах площади северной группы месторождений нефти и газа обследование проводилось на территории Смагинского и Козловского месторождений в 2005 г. и 2012 г.

Обследование территории Смагинского месторождения проводилось на площади 10 га, из данной площади 0,5 га определены как засоленные и 1,0 га как загрязненные нефтепродуктами. Обследование Козловского месторождения проводилось на площади 15 га, из данной площади 1,35 га определены как засоленные и 0,35 га как загрязненные нефтепродуктами (табл. 13).

Таблица 13

Распространение засоленных и нефтезагрязненных почв районов месторождений нефти Самарской области

Территория месторождения	Площадь с.-х. угодий, га	Обследованная площадь с.-х. угодий, га	Площадь засоленных земель	Степень засоления			Площадь нефтезагрязненных земель
				Очень сильная	Сильная	Средняя +слабая	
Северная группа месторождений							
Смагинское	1737	10	0,5	-	-	0,5	1,0
Козловское	7659	15	1,35	1,35	-	-	0,35
Центральная группа месторождений							
Михайловско-Коханское	4603	15	1,3	-	-	1,3	1,5
Алакаевское	10622	10	1,24	-	0,64	0,6	1,24
Южная группа месторождений							
Горбатовское	3703	63,8	30,02	18,08	1,51	1,26 +9,17	5,3
Всего:		113,8	34,41	19,43	2,15	12,83	9,39

В границах обследованной территории закладывались разрезы на глубину до 1,2 м, почвенные образцы отбирались по слоям 0-20 см, 20-40 см, 40-60 см, на территории Смагинского месторождения было отобрано 28 почвенных образцов, Козловского месторождения – 35 образцов почвы.

В качестве фоновых значений использовались результаты комплексного обследования 2002-2003 гг. (данные предоставлены АО «ВолгоНИИгипрозем»).

Результаты почвенного обследования 2005 г. территории Смагинского и Козловского месторождений показывают (табл. 14), что по всему почвенному профилю наблюдается подщелачивание почвенного раствора; снижение содержания органического вещества, в виде гумуса на Смагинском месторождении на глубине 0-20 см – 0,6 % (чернозем выщелоченный) и 1,5 % (чернозем типичный), ежегодная потеря гумуса составила 4,52 т/га и 11,3 т/га соответственно, на Козловском месторождении на глубине 0-20 см снижение гумуса – 1,15%, ежегодная потеря – 8,66 т/га.

При оценке степени загрязнения земель и земельных участков нефтью и нефтепродуктами в качестве допустимого уровня использовалось значение, равное 1000 мг/кг [29].

Содержание нефтепродуктов в почвенном профиле черноземов Смагинского месторождения не превышает допустимый уровень и составляет в верхнем горизонте 62,87 мг/кг (чернозем выщелоченный) и 45,61 мг/кг (чернозем типичный).

В сравнении с фоном по Самарской области (равным 50 мг/кг) наблюдается превышение в 1,2 и 0,9 раза, соответственно. На территории Козловского месторождения в верхнем горизонте черноземной почвы количество нефтепродуктов составляет 101,6 мг/кг, что не превышает допустимый уровень содержания нефтепродуктов в почве, но в 2 раза выше фонового значения по Самарской области.

Повторное обследование на территории Северной группы месторождений было проведено в 2012 г. По данным этого обследования содержание органического вещества в виде гумуса на территории Смагинского месторождения изменилось в сторону уменьшения по сравнению с данными 2005 г.

Таблица 14

Агрохимические показатели почв
на территории Северной группы месторождений нефти, 2005 г.

Тип и подтип почвы	Глубина взятия образца	pH водной вытяжки	Гумус, %	Обменный Na^+, мг-экв. на 100 г	НП, ** мг/кг	Плотный остаток, %
Смагинское нефтяное месторождение						
Чернозем выщелоченный среднегумусный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	6,64	6,2	0,01	62,87	0,068
	20-40	6,92	4,1	0,01	69,83	0,060
	40-60	6,98	3,4	0,02	69,03	0,056
Чернозем типичный остаточно-карбонатный малогумусный маломощный среднесмытый среднещебневатый среднеглинистый	0-20	6,58	5,3	0,02	45,61	0,068
	20-40	6,75	4,0	0,01	53,21	0,058
	40-60	6,78	3,0	0,02	50,2	0,053
ФОН*	0-20	6,5	6,8	0,01	50**	0,074
Козловское нефтегазоносное месторождение						
Чернозем типичный карбонатный перерытый среднегумусный маломощный слабосмытый легкоглинистый	0-20	7,77	5,05	0,12	101,6	0,48
	20-40	7,57	4,3	0,10	99,3	0,34
	40-60	7,3	2,9	0,10	88,7	0,21
ФОН*	0-20	7,2	6,2		50**	0,068

Примечание: * – показатели приведены по данным ВолгоНИИгипрозем (2002 г.); ** – региональный фон по нефтепродуктам в Самарской области (Государственный доклад, 2017).

Оценивая верхний пахотный слой, выявили, что содержание гумуса в черноземе выщелоченном снизилось на 0,4 %, в черноземе типичном – на 0,9 %. Это составило потерю гумуса на 1,13 т/га и 2,54 т/га, соответственно (табл. 15). Реакция среды почвенного раствора чернозема выщелоченного сдвинулась в сторону подщелачивания, для чернозема типичного реакция среды соответствует данным 2005 г.

Содержание органического вещества в виде гумуса на территории Козловского месторождения в верхнем горизонте равно

5,7 %. По сравнению с 2005 г. наблюдается увеличение его содержания на 0,65 %, что составляет прибавку 1,84 т/га.

Таблица 15

Агрохимические показатели почв на территории Северной группы месторождений нефти, 2012 г.

Тип и подтип почвы	Глубина взятия образца, см	pH водной вытяжки	Гумус, %	Обменный Na^+, мг-экв. на 100 г	НП, мг/кг	Плотный остаток, %
Смагинское нефтяное месторождение						
Чернозем выщелоченный среднегумусный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	7,11	5,8	0,01	1023,3	0,1
	20-40	7,52	3,9	0,01	609,75	0,1
	40-60	7,54	3,3	0,02	393,5	0,1
Чернозем типичный остаточно-карбонатный малогумусный маломощный среднесмытый среднещебневатый среднеглинистый	0-20	6,66	4,2	0,02	384,9	0,06
	20-40	6,69	3,3	0,01	489,6	0,07
	40-60	6,71	2,5	0,02	356,3	0,06
Козловское нефтегазоносное месторождение						
Чернозем типичный карбонатный перерытый среднегумусный маломощный слабосмытый легкоглинистый	0-20	8,8	5,7	12,2	1180,0	0,664
	20-40	8,6	4,8	17,4	610,0	0,654
	40-60	8,7	3,5	16,5	264,0	0,620

Содержание нефтепродуктов исследуемой территории Смагинского месторождения, на глубине 0-20 см – 1023,3 мг/кг (чернозем выщелоченный), 384,9 мг/кг (чернозем типичный). Наибольшее скопление нефтепродуктов установлено на глубине 0-20 см на почве чернозем выщелоченный. Уровень загрязнения нефтепродуктами в верхнем горизонте оценивается как умеренный (чернозем выщелоченный) и как фоновый (чернозем типичный). На черноземе выщелоченном наблюдается превышение

допустимого уровня содержания нефтепродуктов в почве в 1,02 раза. В сравнении с фоновым значением содержания нефтепродуктов в почвах Самарской области на территории Смагинского месторождения наблюдается превышение, в черноземе выщелоченном – на глубине 0-20 см – 20,5 раза, 20-40 см – 12,19 раза, 40-60 см – 7,87 раза, в черноземе типичном – на глубине 0-20 см – 7,7 раза, 20-40 см – 9,79 раза, 40-60 см – 7,13 раза (табл. 15).

Содержание нефтепродуктов на территории Козловского месторождения, на глубине 0-20 см – 1180 мг/кг, на глубине 20-40 – 610 мг/кг, на глубине 40-60 – 264 мг/кг. Наибольшее скопление нефтепродуктов установлено на глубине 0-20 см. Уровень загрязнения нефтепродуктами в верхнем горизонте оценивается как умеренный. Допустимый уровень превышен в 1,18 раза, в сравнении с фоновым содержанием нефтепродуктов, на территории Козловского месторождения превышение составляет на глубине 0-20 см – 24 раза, 20-40 см – 12 раза, 40-60 см – 5 раз.

По состоянию на 2005 г. обеспеченность почв Смагинского месторождения элементами питания подвижным фосфором – высокая для чернозема выщелоченного (средневзвешенная величина 55,07 мг/кг) и повышенная для чернозема типичного (42,93 мг/кг). Обеспеченность почв обменным калием – низкая для чернозема выщелоченного (средневзвешенная величина – 139,0 мг/кг) и низкая для чернозема типичного (117,7 мг/кг) по отношении к зерновым культурам. Выявлена очень низкая обеспеченность почв нитратным азотом – черноземы выщелоченный и типичный – 24,2 мг/кг и 28,23 мг/кг, соответственно. По состоянию на 2005 г. обеспеченность почв Козловского месторождения элементами питания подвижным фосфором – средняя (средневзвешенная величина – 24,12 мг/кг), обменным калием – очень низкая (98,03 мг/кг), нитратным азотом – средняя (44,2 мг/кг) (табл. 16). Полученные анализы почвенных образцов почв Смагинского месторождения обследования 2012 г. указывают на повышенную обеспеченность подвижным фосфором чернозема выщелоченного (средневзвешенная величина – 43,86 мг/кг) и типичного (45,9 мг/кг). Выявлена очень низкая обеспеченность почв обменным калием чернозема выщелоченного (средневзвешенная величина – 83,17 мг/кг) и чернозема типичного (65,27мг/кг). Нитратным азотом – очень низкая обеспеченность чернозема выщелоченного и типичного (10,02 мг/кг и 15,17 мг/кг, соответственно).

Таблица 16

Содержание питательных элементов в почвах
на территории Северной группы месторождений, 2005 г., 2012 г.

Тип и подтип почв	Глубина взятия образца, см	Фосфор подвижный, мг/кг		Калий обменный, мг/кг		Азот нитратный, мг/кг	
		2005	2012	2005	2012	2005	2012
Смагинское нефтяное месторождение							
Чернозем выщелоченный среднегумусный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	68,5	29,3	164	97,6	21,2	7,85
	20-40	56,3	52,2	132	76,6	31,1	12,1
	40-60	40,4	50,1	121	75,3	20,3	10,1
Чернозем типичный остаточно-карбонатный малогумусный маломощный среднесмытый среднещебневатый среднеглинистый	0-20	50	13,6	132	68,7	12,0	17,5
	20-40	45,3	19,0	123	64,0	47,6	14,1
	40-60	33,5	13,3	98,1	63,1	25,1	13,9
ФОН*		38		98		нет	
Козловское нефтегазоносное месторождение							
Чернозем типичный карбонатный перерытый среднегумусный маломощный слабосмытый легкоглинистый	0-20	24,8	53,2	141,8	274,4	45,2	31,2
	20-40	24,46	49,3	79,2	256,3	46,1	33,2
	40-60	23,1	46,1	73,1	220,1	41,3	28,7
ФОН*		69		105		нет	

Примечание: * – показатели по данным ВолгоНИИгипрозем, 2002 г.

По состоянию на 2012 г обеспеченность подвижным фосфором почв Козловского месторождения – высокая (средневзвешенная величина – 49,53 мг/кг), обменным калием – средняя (250,27 мг/кг), нитратным азотом – низкая (31,03 мг/кг).

Центральная группа месторождений. Центральная группа месторождений представлена Алакаевским и Михайловско-Коханским месторождениями.

Обследование Алакаевского месторождения проводилось на территории 10 га, часть которой площадью 1,24 га определена как засоленная и 1,24 га как загрязненная нефтепродуктами. На территории Михайловско-Коханского месторождения обследование 15 га, из которой 1,3 га определены как засоленные и 1,5 га, как загрязненные нефтепродуктами. Обследование проводилось на глубину до 1,2 м, почвенные образцы отбирались по слоям 0-20 см, 20-40 см, 40-60 см, всего было отобрано 110 почвенных образцов на Алакаевском и 38 почвенных образцов на территории Михайловско-Коханского месторождения.

Состояние почвенного покрова территорий Алакаевского и Михайловско-Коханского месторождений на период обследования в 2005 г. характеризуется следующими показателями: по всему почвенному профилю сильное подщелачивание почвенного раствора; по содержанию гумуса в почвах Алакаевского месторождения наблюдается снижение на 1,03 %, в верхнем горизонте ежегодная потеря гумуса – 7,75 т/га, в почвах Михайловско-Коханского месторождения снижение – 0,7 %, ежегодная потеря гумуса – 5,27 т/га (табл. 17).

Содержание нефтепродуктов в почвах Алакаевского месторождения превышает допустимый уровень и составляет в верхнем горизонте 26445 мг/кг, что соответствует высокому уровню загрязнения в сравнении с фоном по Самарской области превышение в 529 раз. Вниз по профилю содержание нефтепродуктов уменьшается, но остается высоким на глубине 40-60 см – 10527 мг/кг.

Содержание нефтепродуктов в почвенном профиле черноземов Михайловского-Коханского месторождения не превышает допустимый уровень нефтепродуктов, и составляет в верхнем горизонте 167,97 мг/кг, что в сравнение с фоном по Самарской области составляет превышение в 3,36 раза.

Таблица 17

Агрохимические показатели почв Центральной группы месторождений нефти, 2005 г.

Тип и подтип почвы	Глубина взятия образца	pH водной вытяжки	Гумус, %	Обменный Na^+, мг-экв. на 100 г	НП, ** мг/кг	Плотный остаток, %
Алакаевское нефтяное месторождение						
Чернозем типичный среднегумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	8,05	5,27	5,6	26445	0,80
	20-40	8,06	4,5	4,8	16825	0,85
	40-60	7,77	3,7	3,36	10527	0,87
ФОН*	0-20	6,6	6,3	0,9	50**	0,07
Михайловско-Коханское нефтегазоносное месторождение						
Чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	7,9	5,9	0,08	215,9	0,09
	20-40	7,88	4,1	0,03	28,37	0,07
	40-60	7,81	2,1	0,02	31,1	0,08
Чернозем типичный среднегумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	7,94	5,7	0,12	120,1	0,09
	20-40	7,99	3,9	0,05	22,53	0,09
	40-60	7,95	2,0	0,01	16,82	0,06
ФОН*	0-20	7,2	6,5	0,01	50**	0,07

Примечание: * – показатели по данным ВолгоНИИгипрозем, 2002 г., ** – региональный фон по нефтепродуктам в Самарской области (Государственный доклад, 2017).

Содержание органического вещества в виде гумуса на территории Алакаевского месторождения в 2012 г. выше по сравнению с данными 2005 г. Оценивая верхний пахотный слой, содержание гумуса в черноземе типичном увеличилось на 1,08 %, что составило прибавку 3,05 т/га. Реакция среды почвенного раствора соответствует данным 2005 г., и находится в градации среднещелочных почв (табл. 18). Содержание нефтепродуктов на исследуемой территории Алакаевского месторождения, на глубине 0-20 см – 2987,0 мг/кг, что в 8,85 раза меньше, чем при обследовании 2005 г. Максимальное скопление нефтепродуктов установлено на глубине 0-20 см. Уровень загрязнения нефтепродуктами в верхнем

горизонте оценивается, как умеренный. В сравнении с фоновым содержанием нефтепродуктов по Самарской области на территории Алакаевского месторождения превышение составляет, на глубине 0-20 см – 59,74 раза, 20-40 см – 9,27 раза, 40-60 см – 1,19 раза, превышение допустимого уровня в верхнем горизонте – 2,99 раза.

Таблица 18

Агрохимические показатели почв Центральной группы месторождений нефти, 2012 г.

Тип и подтип почвы	Глубина взятия образца	pH водной вытяжки	Гумус, %	Обменный Na^+, мг-экв. на 100 г	Нефтепродукты, мг/кг	Плотный остаток, %
Алакаевское нефтяное месторождение						
Чернозем типичный среднегумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	7,9	6,35	3,6	2987,0	0,83
	20-40	7,7	5,55	3,21	463,81	0,3
	40-60	7,3	5,4	0,15	59,39	0,08
Михайловско-Коханское нефтегазоносное месторождение						
Чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	8,5	3,7	5,2	6995,0	0,232
	20-40	8,5	2,0	1,0	576,0	0,098
	40-60	8,4	1,9	0,9	300,0	0,07
Чернозем типичный среднегумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	8,8	3,5	7,4	1761,0	0,616
	20-40	8,7	2,9	6,3	152,0	0,46
	40-60	8,4	2,4	0,9	376,0	0,09

Содержание органического вещества на территории Михайловско-Коханского месторождения в верхнем горизонте чернозема выщелоченного 3,7 %, типичного 3,5 %, по сравнению с 2005 г. наблюдается уменьшение содержания гумуса на 2,2 %, что меньше на 6,21 т/га. Содержание нефтепродуктов на территории Михайловско-Коханского месторождения, на глубине 0-20 см – 6995,0 мг/кг (чернозем выщелоченный) и 1761 мг/кг в черноземе типичном, на глубине 20-40 – 576 мг/кг и 152 мг/кг, на глубине 40-60 – 300 мг/кг и 376 мг/кг, соответственно. Максимальное скопление нефтепродуктов установлено на глубине 0-20 см. Уровень

загрязнения нефтепродуктами в верхнем горизонте оценивается как умеренный на черноземе типичном и средний на черноземе выщелоченном. При обследовании территории месторождения в 2005 г. не наблюдалось превышения допустимого уровня. При обследовании в 2012 г. на территории Михайловско-Коханского месторождения наблюдали превышение допустимого уровня содержания нефтепродуктов почв в верхнем горизонте в 6,99 и 1,76 раза. Обеспеченность элементами питания почв Алакаевского месторождения по состоянию на 2005 г. подвижным фосфором – повышенная (средневзвешенная величина по почвенному профилю – 45,0 мг/кг), обменным калием – низкая (средневзвешенная величина – 190,33 мг/кг), нитратным азотом очень низкая обеспеченность – 9,57 мг/кг.

Обеспеченность элементами питания почв Михайловско-Коханского месторождения: подвижным фосфором – очень высокая для чернозема выщелоченного (средневзвешенная величина – 74,56 мг/кг) и высокая для чернозема типичного (58,05 мг/кг); обменным калием – очень низкая для чернозема выщелоченного (средневзвешенная величина – 97,36 мг/кг) и очень низкая для чернозема типичного (96,3 мг/кг); нитратным азотом очень низкая обеспеченность и чернозема выщелоченного и типичного 3,78 мг/кг и 4,07 мг/кг, соответственно (табл. 19).

В 2012 г. обеспеченность элементами питания почв Алакаевского месторождения: подвижным фосфором – средняя (средневзвешенная величина – 22,66 мг/кг); обменным калием – очень низкая (83,43 мг/кг); нитратным азотом – очень низкая (9,2 мг/кг), Михайловско-Коханского месторождения: подвижным фосфором – высокая для чернозема выщелоченного (средневзвешенная величина – 48,03 мг/кг) и для чернозема типичного (49,3 мг/кг); обменным калием – очень низкая для чернозема выщелоченного (средневзвешенная величина – 91,97 мг/кг) и для чернозема типичного (78,9 мг/кг); нитратным азотом очень низкая обеспеченность и чернозема выщелоченного и типичного 9,6 мг/кг и 4,08 мг/кг, соответственно.

Южная группа месторождений. Территория южной группы месторождений представлена Горбатовским месторождением нефти. Обследование территории Горбатовского месторождения в

2003 г. проводилось на 15 участках загрязненных нефтепродуктами и засоленных пластовыми водами.

Таблица 19

Содержание питательных элементов в почвах территории Центральной группы месторождений (2005, 2012 гг.)

Тип и подтип почвы	Глубина взятия образца	Фосфор подвижный, мг/кг		Калий обменный, мг/кг		Азот нитратный, мг/кг	
		2005	2012	2005	2012	2005	2012
Алакаевское нефтяное месторождение							
Чернозем типичный среднегумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	51,0	13,57	213,0	66,8	10,8	11,3
	20-40	49,0	10,4	198,0	89,8	9,5	8,7
	40-60	35,0	44,0	160,0	93,7	8,4	7,6
ФОН*	-	10,9		75,0		-	-
Михайловско-Коханское нефтегазоносное месторождение							
Чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	70,5	56,3	103,87	110,3	5,72	15,3
	20-40	85,3	48,1	96,9	85,1	3,17	7,89
	40-60	67,9	39,7	91,3	80,5	2,47	5,6
Чернозем типичный среднегумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	57,35	61,3	105,7	99,3	4,83	5,56
	20-40	88	55,4	137,8	86,1	4,2	4,33
	40-60	28,8	31,2	45,4	51,3	3,08	2,36
ФОН*	-	113		164		-	-

Примечание: * – показатели по данным ВолгоНИИгипрозем, 2002 г.

По содержанию гумуса почвенные разновидности участков отнесены к мало- и слабогумусированным. Значения гумуса в верхнем пахотном горизонте изменяется от 2,9 до 5,63 % (табл. 20). Реакция почвенной среды в пахотном слое (0-20 см) на всех участках неодинакова и колеблется от слабо- до сильнощелочной (pH 7,6-8,9). Такая реакция почвенной среды оказывает существенное негативное влияние на рост и развитие полевых культур. В прямой зависимости от содержания гумуса находится емкость поглощения. Эта величина характеризует обменную поглотительную способность почвы. Этот показатель также зависит и от реакции почвенной среды. На исследуемых участках при невысоком содержании гумуса, щелочной реакции почвенной среды, присутствия Na+ и легкорастворимых солей емкость поглощения очень низкая и составляет 14,25-15,25 мг-экв. на 100 г почвы.

Таблица 20

Агрохимические показатели почв Горбатовского месторождения нефти, 2003 г.

Номер участка, тип и подтип почвы	Глубина взятия образца	pH водной вытяжки	Гумус, %	Обменный Na^+, мг-экв. на 100 г	НП, мг/кг	Плотный остаток, %
1	2	3	4	5	6	7
1. Чернозем южный карбонатный солончаковый очень сильно засоленный хлоридный сильно солонцеватый слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый в комплексе с черноземом обыкновенным слабогумусированным малосреднемощным легкоглинистым 10-25%	0-20	8,73	3,37	26,2	24710	0,44
	20-40	8,15	2,8	15,2	2230	0,70
	40-60	8,0	2,3	13,1	1250	0,52
2. Чернозем обыкновенный солончаковый очень сильно засоленный хлоридный сильносолонцеватый малогумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	8,5	5,6	14,8	2820	0,95
	20-40	8,2	5,2	20,0	4650	0,71
	40-60	8,0	4,9	15,0	3380	0,33
3. Чернозем обыкновенный солончаковый очень сильно засоленный сульфатно-хлоридный сильно солонцеватый малогумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	8,6	4,6	13,4	3750	0,64
	20-40	8,6	5,1	15,2	8530	0,68
	40-60	8,6	4,9	25,9	7680	0,71
4. Чернозем обыкновенный карбонатный солончаковый очень сильнозасоленный хлоридный сильносолонцеватый малогумусный среднемощный слабосмытый легкоглинистый	0-20	8,4	4,0	11,8	3840	0,94
	20-40	8,4	4,5	22,0	28920	0,84
	40-60	8,5	4,2	27,2	15880	0,90
5. Чернозем обыкновенный карбонатный слабогумусированный маломощный легкоглинистый с нарушенным почвенным покровом легкоглинистый	0-20	7,7	3,8	1,2	560	0,09
	20-40	7,8	3,6	1,3	680	0,08
	40-60	7,8	3,3	1,2	720	0,08
6. Чернозем обыкновенный карбонатный переувлажненный слабогумусированный среднемощный слабосмытый в комплексе с солонцом черноземным солончаковым хлоридным слабозасоленным	0-20	7,6	3,0	1,6	330	0,22
	20-40	7,7	2,9	1,1	570	0,13
	40-60	7,7	2,5	1,0	370	0,12

Продолжение табл. 20

1	2	3	4	5	6	7
остаточно-натриевым мелким легкоглинистым 10-25%						
7. Чернозем южный карбонатный солончаковый слабозасоленный хлоридно-сульфатный слабогумусированный маломощный слабосмытый легкоглинистый	0-20	8,3	2,9	1,5	370	0,17
	20-40	8,4	2,7	1,5	520	0,18
	40-60	8,4	2,5	1,3	440	0,15
8. Чернозем обыкновенный карбонатный солончаковый среднезасоленный сульфатный малогумусный маломощный легкоглинистый	0-20	8,9	4,3	1,3	680	0,33
	20-40	8,8	4,2	1,3	570	0,34
	40-60	8,7	4,0	0,9	480	0,30
9. Чернозем обыкновенный солончаковый среднезасоленный хлоридно-сульфатный слабогумусированный среднемощный легкоглинистый	0-20	8,4	3,9	0,8	330	0,30
	20-40	8,4	3,6	0,9	250	0,29
	40-60	8,5	3,2	0,7	150	0,27
10. Чернозем обыкновенный карбонатный солончаковый слабозаселенный хлоридно-сульфатный малогумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	8,4	4,4	0,8	730	0,20
	20-40	8,5	4,3	0,7	650	0,19
	40-60	8,3	4,0	0,7	580	0,14
11. Чернозем обыкновенный карбонатный слабогумусированный маломощный среднесмытый легкоглинистый в сочетании с черноземом обыкновенным карбонатным солончаковым очень сильно засоленным сульфатно-хлоридный сильносолонцеватым малогумусный маломощный легкоглинистый	0-20	8,47	3,87	24,0	2990	0,87
	20-40	8,1	4,1	16,8	2750	3,14
	40-60	8,2	5,3	30,0	11820	2,70
12. Аллювиальная дерновая насыщенная остепеняющая солончаковая слабозасоленная хлоридно-сульфатная слабогумусированная среднемощная легкоглинистая	0-20	8,8	3,6	1,6	480	0,15
	20-40	8,6	3,6	1,4	320	0,38
	40-60	8,8	4,0	1,2	220	0,37
13. Чернозем обыкновенный солончаковый сильно засоленный хлоридно-сульфатный малогумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	8,23	5,63	1,2	570	0,13
	20-40	8,3	5,30	1,1	490	0,24
	40-60	8,4	5,20	0,9	380	0,22
14. Чернозем обыкновенный карбонатный переувлажненный слабогумусированный	0-20	7,9	3,8	0,7	680	0,09
	20-40	8,0	3,6	0,8	560	0,08
	40-60	8,1	3,5	0,9	430	0,09

Окончание табл. 20

1	2	3	4	5	6	7
маломощный среднесмытый легкоглинистый						
15. Чернозем обыкновенный карбонатный солончаковатый слабозасоленный сульфатно-хлоридный сильно солонцеватый малогумусный среднемощный легкоглинистый.	0-20	8,8	5,4	12,9	9190	0,15
	20-40	8,1	5,2	13,5	2810	0,13
	40-60	8,2	5,1	13,0	2800	0,11

Это играет немаловажную роль и имеет особенно большое значение при взаимодействии почвы с удобрениями. Приведенная характеристика говорит о невысоком потенциальном плодородии исследуемых почв, которое практически утратилось в условиях антропогенного воздействия в результате осолонцевания и засоления.

По результатам анализов содержание нефтепродуктов обнаружено на участках №№ 1, 2, 3, 4, 11, 15, но не повсеместно, а локально. Степень загрязнения разная: очень высокая на участках №№ 1, 3, 4, 11, и 15, высокая на участке № 2. Превышение допустимого уровня загрязнения нефтепродуктами почвенного покрова составляет 1,25-28,9 раза, фоновых значений 25-578 раз. Глубина проникновения нефтепродуктов до 60 см.

Максимальное содержание нефтепродуктов (28920 мг/кг) почвы отмечено на глубине 20-40 см на участке № 4.

Оптимальный процесс очищения почв от нефтепродуктов протекает при содержании их в почве в пределах 5000-7000 мг/кг. При более высоком содержании нефтепродуктов процесс самоочищения почв подавляется. Для усиления процесса разложения нефтепродуктов необходимо проведение специальных мероприятий. Помимо загрязнения почвенного покрова высокоминерализованными пластовыми водами и нефтью на исследуемой территории выделены участки, которые невозможно обрабатывать и выращивать на них сельскохозяйственные культуры. Это произошло в результате эксплуатации и развитии нефтепромыслового хозяйства.

Участки 5, 6, 7, 14 не эксплуатируются в сельскохозяйственном производстве. Участок №5 лишен почвенно-растительного слоя, участки № 6, 7, 14 заросли сорной растительностью и подвержены эрозионным процессам. На них произошло снижение

гумуса, начались процессы заболачивания. Все исследуемые участки являются техногенно нарушенными.

При обследовании территории Горбатовского месторождения в 2012 г, 15 участков были объединены в 4 (рис. 8) общей площадь 63,8 га.

По результатам почвенного обследования 2012 г. почвы участка №1 площадью 5,72 га являются слабогумусированными, среднее содержание гумуса в верхнем горизонте составляет – 3,4 %, сильнощелочными (pH 8,1-9,0), обеспеченность почв подвижным фосфором колеблется от очень низкой до высокой (13,2-54,6 мг/кг почвы), обменным калием – от средней до очень высокой (215-635 мг/кг) в верхнем горизонте по отношению к зерновым культурам (табл. 21, 22).

Таблица 21

Агрохимические показатели почв
Горбатовского месторождения нефти, 2012 г.

Номер участка, тип и подтип почвы	Глубина взятия образца, см	pH водной вытяжки	Гумус, %	Обменный Na^+, мг-экв. на 100 г	НП, мг/кг	Плотный остаток, %
1	2	3	4	5	6	7
1.Чернозем южный карбонатный солончаковатый очень сильно засоленный хлоридный сильно солонцеватый слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	8,6	3,5	27,2	133,8	1,20
	20-40	8,8	3,3	28,3	126,1	1,22
	40-60	8,6	3,1	29,1	125,3	1,25
Чернозем южный карбонатный солончаковатый очень сильно засоленный хлоридный сильно солонцеватый малогумусный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	8,1	4,5	21,7	47,3	2,15
	20-40	8,2	3,8	22,8	48,12	2,30
	40-60	8,3	2,5	27,9	49,2	2,40

Продолжение табл. 21

1	2	3	4	5	6	7
Солонец черноземный очень сильнозасоленный хлоридный многонатриевый среднеглинистый	0-20	8,7	2,67	25,77	290,55	1,83
	20-40	8,8	2,53	23,47	261,71	1,84
	40-60	8,9	2,17	27,67	178,96	1,86
Чернозем южный карбонатный солончаковатый очень сильно засоленный сульфатно-хлоридный среднесолонцеватый слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	9,0	3,5	4,6	318,58	0,70
	20-40	8,7	3,3	4,8	313,25	0,75
	40-60	8,8	3,0	4,5	303,65	0,6
Чернозем южный карбонатный солончаковатый слабозасоленный хлоридно-сульфатный не солонцеватый слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	8,7	3,5	1,5	293,95	0,20
	20-40	8,7	3,5	1,3	335,69	0,36
	40-60	8,8	2,3	1,2	247,16	0,39
Чернозем южный карбонатный солончаковатый среднезасоленный сульфатно-хлоридный не солонцеватый слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	9,0	3,9	1,3	334,63	0,24
	20-40	9,2	3,5	1,3	835,88	0,36
	40-60	9,8	2,3	1,1	347,16	0,39
2. Чернозем обыкновенный карбонатный слабогумусированный маломощный легкоглинистый с нарушенным почвенным покровом легкоглинистый	0-20	8,74	3,44	0,7	21,25	0,10
	20-40	8,9	1,4	0,6	30,37	0,17
	40-60	9,3	1,4	0,5	33,82	0,11

Продолжение табл. 21

1	2	3	4	5	6	7
Солонец черноземный очень сильнозасоленный хлоридный многонатриевый среднеглинистый	0-20	8,75	2,52	32,78	98,95	1,86
	20-40	8,4	2,9	50,3	699,18	2,44
	40-60	8,45	2,45	30,2	318,15	2,0
Чернозем обыкновенный карбонатный слабозасоленный хлоридный малогумусный маломощный легкоглинистый с нарушенным почвенным покровом легкоглинистый	0-20	8,7	4,7	1,1	10,96	0,15
	20-40	8,8	4,6	1,1	11,3	0,16
	40-60	8,9	4,3	1,0	12,5	0,13
Чернозем обыкновенный карбонатный очень сильнозасоленный хлоридный сильносолонцеватый слабогумусированный маломощный легкоглинистый с нарушенным почвенным покровом легкоглинистый	0-20	8,9	2,62	20,06	235,11	1,02
	20-40	8,66	2,9	21,94	115,18	1,61
	40-60	8,54	2,84	27,16	487,4	1,48
3. Чернозем обыкновенный карбонатный малогумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	8,65	5,0	0,9	2464,0	0,13
	20-40	8,4	4,5	0,85	1500,0	0,11
	40-60	8,2	4,2	0,78	978,0	0,09
Чернозем обыкновенный карбонатный слабозасоленный сульфатно-хлоридный среднемощный легкоглинистый	0-20	9,3	4,04	1,1	6247,8	0,52
	20-40	9,2	5,42	1,2	9519,2	0,41
	40-60	9,05	5,87	1,2	12014,2	0,41
4. Чернозем южный карбонатный среднезасоленный	0-20	8,9	4,0	2,3	51,7	0,46
	20-40	8,9	3,9	2,1	47,8	0,36
	40-60	8,9	3,7	2,0	46,3	0,35

Окончание табл. 21

1	2	3	4	5	6	7
хлоридно-сульфатный слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый						
Чернозем обыкновенный карбонатный слабогумусированный среднемощный слабосмытый легкоглинистый	0-20	8,4	4,1	1,0	30,76	0,07
	20-40	8,2	4,3	0,98	75,80	0,07
	40-60	8,8	2,5	0,87	129,27	0,09
Чернозем обыкновенный карбонатный малогумусный маломощный легкоглинистый	0-20	8,4	4,3	1,1	75,12	0,07
	20-40	8,5	4,1	1,3	67,8	0,04
	40-60	8,6	3,9	1,0	55,3	0,04
ФОН	0-20	8,1	4,33	0,17	50,0	0,08

Содержание нефтепродуктов на данном участке находится в пределах допустимого уровня содержания нефтепродуктов в почве. Среднее значение в верхнем горизонте составляет 236,47 мг/кг. В отношении фонового значения содержания нефтепродуктов в почвах Самарской области наблюдается превышение в 4,7 раза. Наибольшее содержание нефтепродуктов определено на глубине 20-40 см и составляет 835,88 мг/кг. Данное значение превышает региональный фон в 16,7 раза.

На участке №2 площадью 23,7 га почвы также слабогумусированные, среднее содержание гумуса в верхнем горизонте составляет 3,1 %, реакция почвенного раствора сильнощелочная pH 8,7-8,9.

Обеспеченность почв подвижным фосфором варьирует от очень низкой до высокой (8,87-46,1 мг/кг), обменным калием – от средней до повышенной (275,0-378,0 мг/кг) в верхнем горизонте по отношению к зерновым культурам (табл. 22).

Содержание нефтепродуктов находится в пределах допустимого уровня содержания нефтепродуктов и варьирует от 10,96 до 235,11 мг/кг в верхнем горизонте. Превышение фоновых значений для почв Самарской области – 2-14 раз.

Таблица 22

Содержание питательных элементов в почвах на территории Горбатовского нефтяного месторождения, 2012 г.

Номер участка, тип и подтип почвы	Глубина взятия образца, см	Фосфор подвижный, мг/кг	Калий обменный, мг/кг	Азот нитратный, мг/кг
		2012	2012	2012
1	2	3	4	5
1. Чернозем южный карбонатный солончаковатый очень сильно засоленный хлоридный сильно солонцеватый слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	54,6	455,0	43,6
	20-40	16,3	400,0	41,2
	40-60	23,1	200,0	40,3
Чернозем южный карбонатный солончаковатый очень сильно засоленный хлоридный сильно солонцеватый малогумусный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	25,0	635,0	33,1
	20-40	105,3	465,0	23,2
	40-60	45,0	305,0	20,1
Солонец черноземный очень сильнозасоленный хлоридный многонатриевый среднеглинистый	0-20	28,4	380,0	23,3
	20-40	10,4	240,0	20,1
	40-60	9,2	235,0	18,5
Чернозем южный карбонатный солончаковатый очень сильно засоленный сульфатно-хлоридный среднесолонцеватый слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	39,8	280,0	19,1
	20-40	26,2	535,0	19,2
	40-60	23,1	250,1	18,9
Чернозем южный карбонатный солончаковатый слабозасоленный хлоридно-сульфатный не солонцеватый слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	13,9	230,0	2,1
	20-40	13,3	190,03	1,9
	40-60	12,9	180,6	1,7
Чернозем южный карбонатный солончаковатый среднезасоленный сульфатно-хлоридный не солонцеватый	0-20	13,2	215,0	1,3
	20-40	13,0	199,1	1,4
	40-60	12,9	176,3	1,2

Продолжение табл. 22

1	2	3	4	5
слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый				
2. Чернозем обыкновенный карбонатный слабогумусированный маломощный легкоглинистый с нарушенным почвенным покровом легкоглинистый	0-20	8,87	297,57	8,46
	20-40	9,63	302,1	12,3
	40-60	8,83	296,1	9,3
Солонец черноземный очень сильнозасоленный хлоридный многонатриевый среднеглинистый	0-20	46,1	375,33	33,58
	20-40	102,3	488,0	34,3
	40-60	23,1	200,0	22,1
Чернозем обыкновенный карбонатный слабозасоленный хлоридный малогумусный маломощный легкоглинистый с нарушенным почвенным покровом легкоглинистый	0-20	9,6	275,0	8,1
	20-40	9,1	265,1	8,3
	40-60	9,3	271,1	8,2
Чернозем обыкновенный карбонатный очень сильнозасоленный хлоридный сильносолонцеватый слабогумусированный маломощный легкоглинистый с нарушенным почвенным покровом легкоглинистый	0-20	19,04	378,0	24,8
	20-40	12,83	388,7	23,1
	40-60	11,98	290,1	19,3
3. Чернозем обыкновенный карбонатный малогумусный среднемощный легкоглинистый	0-20	9,9	328,75	1,57
	20-40	50,55	298,25	2,3
	40-60	45,4	278,3	1,9
Чернозем обыкновенный карбонатный слабозасоленный сульфатно-хлоридный среднемощный легкоглинистый	0-20	12,64	304,0	6,34
	20-40	45,78	264,4	7,1
	40-60	36,8	243,1	6,3
4. Чернозем южный карбонатный среднезасоленный хлоридно-сульфатный слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый	0-20	8,0	192,0	3,8
	20-40	11,3	178,0	4,2
	40-60	7,9	164,0	3,3

Окончание табл. 22

1	2	3	4	5
Чернозем обыкновенный карбонатный слабогумусированный среднемощный слабосмытый легкоглинистый	0-20	19,6	306,33	9,5
	20-40	18,6	298,0	8,7
	40-60	173	245,3	8,9
Чернозем обыкновенный карбонатный малогумусный маломощный легкоглинистый	0-20	10,8	266,0	3,6
	20-40	11,2	254,0	3,43
	40-60	9,8	233,1	3,2

На участке №3 площадью 23,0 га почвы малогумусные, среднее содержание гумуса в верхнем горизонте составляет – 4,71%, реакция почвенного раствора сильнощелочная (pH 8,65-9,3), обеспеченность почв подвижным фосфором – от очень низкой до низкой (9,9-12,64 мг/кг), обменным калием – от повышенной до высокой (304,0-328,75 мг/кг) по отношению к зерновым культурам (табл. 21, 22).

Содержание нефтепродуктов в верхнем горизонте – от 2464,0 мг/кг, что соответствует умеренному уровню загрязнения, до 6247,83 мг/кг – средний уровень загрязнения в верхнем горизонте 0-20 см. Превышение допустимого уровня содержания нефтепродуктов в почве в 2,5-6,2 раза, фоновых значений – в 49,3-125,0 раза. Наибольшее содержание нефтепродуктов определено на глубине 40-60 см и составляет 12014,24 мг/кг, что превышает допустимый уровень в 12 раз, фоновые значения в 240 раз.

На участке №4 площадью 11,38 га почвы малогумусные, среднее содержание гумуса в верхнем горизонте составляет – 4,1%, реакция почвенного раствора сильнощелочная (pH 8,4-8,9), обеспеченность почв подвижным фосфором – от очень низкой до средней (8,0-19,6 мг/кг), обменным калием – от низкой до повышенной (192,0-306,33 мг/кг) по отношению к зерновым культурам (табл. 21, 22).

Содержание нефтепродуктов в верхнем горизонте и по профилю не превышает допустимых значений и варьирует от 30,76 до 75,12 мг/кг в горизонте 0-20 см. Наибольшее содержание нефтепродуктов определено на глубине 40-60 см и составляет 129,27 мг/кг, что превышает фоновые значения в 2,6 раза.

6.2. Засоленные и солонцеватые почвы

Северная группа месторождений. По содержанию плотного остатка в соответствии с классификацией Н. И. Базилевича и Е. И. Панковой (1970 г.) почвенный покров территории Смагинского месторождения на период обследования в 2005 г. не засолен. При анализе анионного состава выявлено, что анионы Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^- присутствуют в таком количестве, что не оказывают токсического действия на растения.

Содержание обменного натрия по профилю составляет в среднем 0,027 % от емкости поглощения.

Почвенный покров территории Козловского месторождения засолен в сильной степени. При анализе анионного состава выявлено, что содержание анионов Cl^-, SO_4^{2-}, оказывает сильное токсическое действие на растения.

Содержание обменного натрия в верхнем пахотном горизонте составляет 0,33% от емкости поглощения.

Результаты анализов, полученных в 2012 году, указывают на повышенное содержание ионов Cl^- в почвах Смагинского месторождения. Тип засоления – хлоридный, слабой степени.

Результаты полученных анализов образцов почв, отобранных с территории Козловского месторождения, указывают на повышенное содержание ионов Cl^- и Na^+. Тип засоления – хлоридный, степень засоления сильная. Преобладающей в растворе водной вытяжки является соль NaCl – самая токсичная по воздействию на растительность. При длительном воздействии данных солей происходит процесс осолонцевания. На данный процесс также указывает повышенное содержание обменного натрия.

Центральная группа месторождений. Содержание обменного натрия по профилю составляет в среднем 10,9 % от емкости поглощения. По данному значению почвы Алакаевского месторождения можно отнести к малонатриевым.

По содержанию плотного остатка почвенный покров территории очень сильно засолен. При анализе анионного состава выявлено, что анионы Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^- присутствуют в таком количестве, что оказывают сильное токсическое действие на растения.

Содержание обменного натрия в верхнем пахотном горизонте Михайловско-Коханского месторождения составляет 0,14 % от

емкости поглощения. Анионы Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^- не оказывают сильного токсического действия на растения (табл. 16).

Результаты полученных анализов почв Алакаевского и Михайловско-Коханского месторождений в 2012 г. указывают на повышенное содержание ионов Cl^-. Тип засоления – хлоридный. Степень засоления в верхнем горизонте является очень сильной, сильной и средней степени (табл. 17).

Южная группа месторождений. По результатам полученных анализов, химические свойства исследуемых почв находятся в неудовлетворительном состоянии и характеризуются следующими показателями (табл. 19, 20). По содержанию поглощенного натрия степень засоления определена как сильносолонцеватая. Отрицательное действие поглощенного натрия на свойства почвы начинает проявляться при содержании его более 10 % от емкости поглощения. Этот показатель важен при мелиорации почвы.

Территория обследования засолена токсичными солями в результате воздействия высокоминерализованных пластовых вод. Они содержат легкорастворимые соли в токсичных для сельскохозяйственных растений количествах.

В засоленных почвах чаще всего присутствуют легкорастворимые соли Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $NaCl$, Na_2SO_4, $MgCl_2$, $CaCl_2$, $MgSO_4$. Наиболее токсичны гидрокарбонат натрия и хлориды, менее токсичны – сульфаты натрия и магния.

Химизм и степень засоления определялись по данным водной вытяжки.

Основываясь на результатах солевого режима почв,, можно заключить, что в почве всех участков в формировании солевого режима главным образом принимают участие: анионы – Cl^-, SO_4^{2-}, из катионов – Na^+. Следовательно, определяющее значение имеют хлорид натрия или сульфат натрия. Для сульфата натрия дается следующая характеристика: растворимость очень хорошая, концентрация насыщенного раствора составляет 280 г/л, действие на растения – менее токсичное, чем хлорида натрия, действие на почву – способность накапливаться с другими солями и хорошо впитываться. На всей исследуемой почве преобладает хлоридный тип засоления.

Оценка степени засоления дается на основании содержания солей или по максимальному параметру одного наиболее значимого иона.

В результате проведенных анализов и систематизации полученных результатов на исследуемых участках выделены следующие почвенные разности:

- на участке № 1 – чернозем южный карбонатный солончаковый очень сильно засоленный хлоридный сильно солонцеватый слабогумусированный маломощный слабосмытый среднеглинистый в комплексе с черноземом обыкновенным слабогумусированным мало- и среднемощным легкоглинистым (10-25 %);

- на участке № 2 – чернозем обыкновенный солончаковый очень сильно засоленный хлоридный сильносолонцеватый малогумусный среднемощный легкосуглинистый;

- на участке № 3 – чернозем обыкновенный солончаковый очень сильно засоленный сульфатно-хлоридный сильно солонцеватый малогумусный среднемощный легкоглинистый;

- на участке № 4 – чернозем обыкновенный карбонатный солончаковый очень сильнозасоленный хлоридный сильносолонцеватый малогумусный среднемощный слабосмытый легкоглинистый;

- на участке № 5 – чернозем обыкновенный карбонатный слабогумусированный маломощный легкоглинистый с нарушенным почвенным покровом легкоглинистый;

- на участке № 6 – чернозем обыкновенный карбонатный переувлажненный слабогумусированный среднемощный слабосмытый в комплексе с солонцом черноземным солончаковым хлоридным слабозасоленным остаточно-натриевым мелким легкоглинистым(10-25 %);

- на участке № 7 – чернозем южный карбонатный солончаковый слабозасоленный хлоридно-сульфатный слабогумусированный маломощный слабосмытый легкоглинистый;

- на участке № 8 – чернозем обыкновенный карбонатный солончаковый среднезасоленный сульфатный малогумусный маломощный легкоглинистый;

- на участке № 9 – чернозем обыкновенный солончаковый среднезасоленный хлоридно-сульфатный слабогумусированный среднемощный легкоглинистый;

- на участке № 10 – чернозем обыкновенный карбонатный солончаковый слабозаселенный хлоридно-сульфатный малогумусный среднемощный легкоглинистый;

- на участке № 11 – чернозем обыкновенный карбонатный слабогумусированный маломощный среднесмытый легкоглинистый в сочетании с черноземом обыкновенным карбонатным солончаковым очень сильно засоленным сульфатно-хлоридный сильносолонцеватым малогумусный маломощный легкоглинистый;

- на участке 12 – аллювиальная дерновая насыщенная остепеняющая солончаковая слабозасоленная хлоридно-сульфатная слабогумусированная среднемощная легкоглинистая;

- на участке № 13 – чернозем обыкновенный солончаковый сильно засоленный хлоридно-сульфатный малогумусный среднемощный легкоглинистый;

- на участке № 14 – чернозем обыкновенный карбонатный переувлажненный слабогумусированный маломощный среднесмытый легкоглинистый;

- на участке № 15 – чернозем обыкновенный карбонатный солончаковатый слабозасоленный сульфатно-хлоридный сильно солонцеватый малогумусный среднемощный легкоглинистый.

Основным сдерживающим фактором по отношению к росту и развитию растений является осмотическое давление, зависящее от концентрации почвенного раствора и степени диссоциации растворенных веществ. В описываемых почвах оно повышенное и находится в прямой зависимости от степени засоления, механического состава и поглотительной способности. При повышенном осмотическом давлении сокращается вегетационный период пшеницы, задерживается кущение. При данном типе и степени засоления можно предположить о значении осмотического давления по существующему покрову на участках. Для дальнейшего использования участков в сельскохозяйственном производстве, необходимо выполнить комплекс мероприятий, направленных на восстановление их плодородия. Мероприятия должны быть направлены на снижение содержания подвижных солей в корнеобитаемом слое до допустимых значений.

Проанализировав данные химических анализов отобранных образцов почв на участке №1 в 2012 г., определяли несколько типов засоления: хлоридный, сульфатно-хлоридный

и хлоридно-сульфатный, степень засоления – от слабой до сильной. Преимущественно солончаковатые, сильно солонцеватые. Кроме того, на участке выделен солонец черноземный сильнозасоленный хлоридный многонатриевый.

На участке № 2 определен хлоридный тип засоления, степень засоления сильная. Почвы сильносолонцеватые, содержание обменного натрия более 15 %. Кроме того, на участке выделен солонец черноземный сильнозасоленный хлоридный многонатриевый. Часть территории не засолена воднорастворимыми солями.

На участке №3 определен сульфатно-хлоридный тип засоления, степень засоления слабая. Почвы несолонцеватые, содержание обменного натрия менее 5 %. Часть территории не засолена воднорастворимыми солями.

Проанализировав данные химических анализов образцов почв, отобранных на участке №4, определен хлоридно-сульфатный тип засоления, степень засоления средняя, большая часть участка не засолена воднорастворимыми солями. Почвы несолонцеватые, содержание обменного натрия менее 5 %.

Таким образом, на основании результатов агрохимических анализов, анализов водной вытяжки и содержания нефтепродуктов в почвенных образцах на участках №№ 1, 2, 3, 4 сделано заключение:

Участок №1 – площадь засоленных земель – 5,5 га, нарушенные почвы на площади 0,22 га.

Участок №2 – участок разделился на засоленные почвы на площади 15,3 га и на почвы с нарушенным почвенным покровом на площади – 8,4 га.

Участок №3 – на данном участке выделены засоленные почвы (8,36 га), загрязненные нефтепродуктами 5,3 га, и не загрязненные почвы на площади – 13,97 га.

Участок №4 – на данном участке небольшая территория слабо засолена 0,86 га, остальная часть почвы не загрязнена – 10,52 га.

Территория общей площадью 24,49 га не загрязнена и рекомендована для возвращения в сельскохозяйственный оборот.

На территориях северной, центральной и южной групп месторождений было исследовано 113,8 га. По результатам обследования площадь засоленных земель составила 34,41 га или 30,24 %, нефтезагрязненных – 9,39 га или 8,25 %. Остальная территория

представлена нарушенными землями – 61,51 % территории исследования (табл. 13).

За период между обследованиями, протяженностью в семь лет, произошло ухудшение состояния почвенного покрова территории эксплуатируемых месторождений: СГМ – выщелоченные черноземы на территории Смагинского месторождения перешли из среднегумусных (6,2 %) в малогумусные (5,8%). В сравнении с обследованием 2005 г. в почвах увеличилось содержание нефтепродуктов и наблюдается превышение допустимого уровня загрязнения в 1,02 раза (Смагинское) и в 1,18 (Козловское). На Козловском месторождении в период с 2005 г. по 2012 г. величина обменного натрия выросла более чем в 100 раз. Это свидетельствует о том, что натрий активно участвует в почвенно-поглощающем комплексе, и происходят процессы осолонцевания почвенного покрова.

На территории Алакаевского и Михайловско-Коханского месторождений при обследовании в 2005 г. определено, что почвы из среднегумусных перешли в градацию малогумусных почв. В 2012 г. почвы Алакаевского месторождения определены как среднегумусные (связано с проведенными мероприятиями по рекультивации земель), а почвы Михайловско-Коханского месторождения еще больше претерпели изменения и перешли в градацию слабогумусированных. Содержание обменного натрия в почвах месторождений увеличилось. В сравнении с 2005 г., на территории Михайловско-Коханского месторождения содержание нефтепродуктов в пахотном горизонте увеличилось в 32 раза (чернозем выщелоченный) и 14,7 раза (чернозем типичный). По содержанию элементов питания преимущественно наблюдается снижение содержания за период между обследованиями.

Временная разница между обследованиями на Горбатовском месторождении составляет 9 лет, за этот период по содержанию органического вещества в виде гумуса почвы остались в градации малогумусных и слабогумусированных, реакция среды сдвинулась еще более в щелочную сторону. Увеличилось содержание в почве обменного натрия и величина плотного остатка водной вытяжки, т.е. процессы осолонцевания протекают более интенсивно. Отмечено снижение содержания нефтепродуктов в почвах, что позволило часть территории отнести к не загрязненным и незасоленным

почвам на общей площади 24,49 га и рекомендовать для возвращения в сельскохозяйственный оборот.

В целом, почвы сельскохозяйственных угодий, переданные во временное пользование под объекты нефтедобычи, претерпевают изменения под воздействием техногенной нагрузки: высокое содержание нефтепродуктов способствует повышению содержания органического вещества, разливы нефтепромысловых вод изменяют реакцию среды почвенного раствора. В связи с этим, возврат земель в сельскохозяйственный оборот требует проведения своевременной рекультивации.

6.3. Тяжелые металлы в нефтезагрязненных почвах

Северная группа месторождений. Загрязнение почв тяжелыми металлами нефтяного происхождения (Fe, Mn, Cr, Co, Ni, V, Mo, Cu, Zn, Pb, Hg, Sn и др.) является значимой геоэкологической проблемой в регионах, связанных с добычей, транспортировкой и переработкой нефти [178, 61, 69, 60].

Изучалась концентрация эссенциальных элементов – меди (Cu), цинка (Zn) и кобальта (Co). В исследуемых почвенных образцах территории Смагинского месторождения валовое содержание меди, цинка и кобальта не превышает предельно допустимых концентраций (табл. 23). В результате проведенных исследований обнаружено превышение регионального фона тяжелых металлов для цинка в 3,25 раза, для Co в 3,76 раза.

Концентрация подвижной формы элементов ниже установленных норм, что является недостаточным для роста и развития растений. В пахотном горизонте содержание подвижной формы меди в 2,9 раза больше, чем в подпахотном.

При недостатке этого элемента в доступной форме для растений, происходит задержка роста, развиваются хлорозы листьев, потеря тургора, уменьшение урожая.

Содержание доступных форм кобальта в пахотном горизонте и в подпахотном горизонте составляет <0,1 мг/кг, что ниже необходимого в 3 раза. В растениях, испытывающих недостаток кобальта, наблюдается торможение процессов фотосинтеза, замедляется образование ферментов белкового обмена, значительно снижается устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды.

Таблица 23

Содержание тяжелых металлов в почвах Смагинского месторождения Самарской области (мг/кг)

Элемент	Содержание элемента	Глубина отбора, см		Фон*	Норма**	ПДК*
		0-30	30-60			
Zn	Валовое	66,2	63,2	19,9	-	100
	Подвижная форма	0,32	0,18	-	2,1-5,0	-
	% подвижности	0,48	0,28	-	-	-
Cu	Валовое	22,4	21,15	49,62	-	55
	Подвижная форма	0,23	0,08	-	0,21-0,5	-
	% подвижности	1,03	0,38	-	-	-
Co	Валовое	14,1	13,75	3,7	-	36
	Подвижная форма	<0,1	<0,1	-	0,16-0,3	-
	% подвижности	0,71	0,73	-	-	-

Примечание: * – по данным Н. М. Матвеева, Н. В. Прохоровой, В. А. Павловского, 1997 г., ** – по данным М. А. Флоринского, М. И. Лунева и др., 1994 г.

Содержание подвижных форм цинка в пахотном в 1,7 раза больше, чем в подпахотном горизонте. В среднем оно составляет 0,25 мг/кг, что в 2,5 раза ниже необходимых количеств. При недостатке данного элемента нарушается фосфорный обмен, накапливаются редуцирующие сахара, уменьшается содержание сахарозы и крахмала, увеличивается содержание органических кислот и небелкового азота. Симптомами недостаточности Zn являются мелколистность и розеточность листьев, хлороз и задержка роста [79]. Для всех изученных элементов (Zn, Cu, Co) вычислен процент их подвижности, который показывает прямую зависимость между содержанием валовых форм тяжелых металлов и их подвижных форм. Изучение почвенного покрова после воздействия процессов нефтедобычи выявило в исследуемых образцах недостаточное содержание жизненно важных необходимых для растений доступных форм Zn, Cu, Co. Для нормального роста и развития растений необходимо увеличить содержание подвижного Zn в 6,56 раза, подвижного кобальта – в 16 раз. Содержание подвижных форм меди необходимо контролировать, поскольку содержание этого элемента находится на уровне нижней границы необходимой концентрации.

Центральная группа месторождений. По данным ОАО «ВолгоНИИгипрозем», уровень радиологического фона на территории месторождения соответствует допустимой норме, загрязнения фосфор- и хлорорганическими пестицидами отсутствуют. Содержание в почвах тяжелых металлов, таких как никель, кадмий, свинец, медь, цинк, железо, марганец, находится в пределах допустимых концентраций, ртуть и мышьяк полностью отсутствуют. Валовое содержание хрома и кобальта превышает предельно допустимую концентрацию на 25-75 %, что объясняется влиянием зоны техногенного воздействия промышленности г. Отрадного [142].

Результаты исследования по содержанию в почве нефтепродуктов, цинка, меди, кобальта показали, что валовое содержание не превышает ПДК (табл. 24). За период эксплуатации на изученных территориях концентрации валовых форм анализируемых элементов увеличились, что свидетельствует о техногенном характере накопления.

Таблица 24

Содержание тяжелых металлов в почвах Михайловско-Коханского месторождения нефти, мг/кг (валовая форма – экстрагент 5 М HNO_3; подвижная форма – экстрагент ацетатно-аммонийный буферный раствор pH 4,8)

Участок месторождения	Элемент*		
	Цинк	Медь	Кобальт
Юго-Восточная часть Кинель-Черкасского района	62,1 0,60	21,9 0,06	13,5 0,19
Восточная часть Борского района	59,2 0,70	20,7 0,04	12,7 0,10
Восточная часть Кинель-Черкасского района	58,9 0,50	19,9 0,01	13,1 0,08
Среднее значение	60,1 0,60	20,8 0,036	13,1 0,12
ФОН	32,8 0,97	13,5 0,17	13,5 0,91
ПДК	100 23,0	55,0 3,0	36,0 5,0

Примечание: * – над чертой – содержание подвижных форм, под чертой – валовое содержание тяжелых металлов.

Выявлено увеличение содержания в почвах в 1,8 раза Zn и в 1,54 раза Cu. Расчет значений кларка концентрации (Кк), показывающего как отличается содержание химического элемента

в изучаемом природном объекте от его кларка [119], показал отсутствие превышения, что позволяет отнести Zn, Cu, Co к ассоциации рассеянных микроэлементов в исследованных почвах.

В отношении изученных микроэлементов рассчитан кларк рассеяния Кр, на основе которого выведены ряды рассеяния МЭ: Cu (2,25) > Zn (1,38) > Co (1,37).

В черноземах выщелоченных Михайловско-Коханского месторождения концентрации цинка, меди и кобальта в 1,61 раза выше, чем в черноземах южных Горбатовского месторождения. Более рассеянной в почвах месторождения является медь.

Коэффициент концентрации, позволяющий судить о том, во сколько раз содержание элемента в почве отличается от регионального фонового уровня, по суммарному значению в почвах месторождения составил 6,98. Элементами накопления являются Zn и Co, которые активно накапливаются в черноземах выщелоченных на территории Михайловско-Коханского месторождения. В процентах от валовых значений подвижность изученных элементов выражена убывающими рядами: Zn (0,97) > Co (0,91) > Cu (0,035). В черноземах месторождения выявлено недостаточное содержание подвижных форм: Zn в 8,62 раза, Cu в 14,29 раза, Co в 2,5 раза Расчет корреляционной зависимости основных агроэкологических показателей от содержания в почве нефтепродуктов выявил значимые показатели коэффициентов корреляции с pH почвенного раствора и подвижными формами элементов цинка, кобальта и меди (табл. 25).

Таблица 25

Коэффициенты парной корреляции накопления нефтепродуктов в почве и сопутствующих им агроэкологических показателей

Почва	Гумус	pH	P_2O_5	K_2O	Валовое содержание			Подвижная форма		
					Zn	Cu	Co	Zn	Cu	Co
Нефтепродукты	-0,51	0,98	-0,42	-0,57	-0,98	-0,98	-0,99	0,95	0,95	0,99

Таким образом, подвижные формы меди в почвах территории Михайловско-Коханского месторождения на уровне нормального значения, а цинка и кобальта – ниже нормы. Высокая корреляционная зависимость от содержания в почве нефтепродуктов выявлена для pH почвенного раствора (r = 0,98) и содержания подвижных форм изученных элементов (r = 0,95-0,99).

Южная группа месторождений. На территории южной группы месторождений исследован почвенный покров территории Горбатовского месторождения, который испытывает влияние нефтедобывающих скважин, УПСВ «Горбатовская» и большого количество трубопроводов. По данным агрохимических анализов, почвы обследованной территории характеризуются хлоридным типом засоления средней степени.

По результатам комплексного почвенного обследования 2002 г., на территории Горбатовского месторождения наблюдалось превышение ПДК (ОДК) по хрому в 1,07 раза от среднего значения (60 % случаев), по кобальту – в 1,15 раза (80 %), по никелю – 1,4 раза (60 %) (табл. 26).

Таблица 26

Параметры распределения валового содержания химических элементов в почвах Горбатовского месторождения, мг/кг

Параметры	Элемент*						
	Mn	Cr	Co	Ni	Pb	Cu	Zn
Среднее	713,8 467,2	107,4 82,04	16,06 7,59	111,14 40,0	17,28 10,9	35,5 15,37	75,92 34,81
Минимальное	368,0 361,0	92,0 18,8	12,0 6,4	71,7 33,3	12,0 9,1	19,5 11,9	56,0 32,1
Максимальное	1008,0 596,0	125,0 53,5	20,3 8,99	160,0 47,3	28,4 12,2	42,0 17,2	92,0 37,0
ПДК (ОДК)**	1500	100	14	80	130	132	220
Превышения ПДК (ОДК), %	нет нет	60 нет	80 нет	60 нет	нет нет	нет нет	нет нет
Фон (чернозем)***	688,6	96,9	11,3	28,2	10,8	45,3	75,8
Превышения фона, %	60 нет	60 нет	100 нет	100 100	100 55,6	нет нет	40 нет

Примечание: * – числитель – данные 2002 г., знаменатель – данные 2012 г., ** – ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве, 2006 г., *** – данные Н. М. Матвеева, Н. В. Прохоровой, В. А. Павловского, 1997 г, Н. В. Прохорова, 2002 г.

Превышение фоновых значений для черноземов Самарской области в почвах Горбатовского месторождения наблюдается по Mn, Cr, Co, Ni, Pb, Zn от 40 % до 100 %. Превышения фоновых значений по меди не выявлено.

В связи с имеющимися превышениями концентраций в почве, спектр изучаемых элементов на территории Горбатовского месторождения был расширен. По данным авторов, валовое содержание тяжелых металлов марганца (Mn), хрома (Cr), кобальта (Co), никеля (Ni), свинца (Pb), меди (Cu), цинка (Zn) находятся в пределах значений ПДК (табл. 27). Однако наблюдаются превышения фоновых значений для черноземов Самарской области по Ni в 1,68 раза и Pb – в 1,13 раза в сравнении максимальных значений в исследованных образцах.

Таблица 27

Параметры распределения содержаний подвижных форм химических элементов в почвах Горбатовского месторождения

Параметр	Элемент, мг/кг						
	Mn	Cr	Co	Ni	Pb	Cu	Zn
Среднее	50,41	5,51	0,57	1,56	1,62	0,72	1,16
Минимальное	1,5	1,09	0,17	0,425	0,61	0,315	0,125
Максимальное	174,4	16,5	1,83	4,45	4,15	1,1	7,05
ПДК (ОДК)*	100	6	5	4	6	3	23
Количество случаев превышения ПДК (ОДК), %	22	33	-	11%	-	-	-
Фон (чернозем)**	355,2	34,7	3,7	57,7	1,97	28,0	19,9

Примечание: ** – 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве, 2006 г., *** – данные Н. М. Матвеева, Н. В. Прохоровой, В. А. Павловского, 1997 г., Н. В. Прохорова, 2002 г.

По содержанию подвижных форм тяжелых металлов наблюдается превышение значений ПДК по Ni в 1,74 раза, Mn – в 1,74 раза, Cr – в 2,75 раза, что на 11, 22 и 33 % выше норм соответственно. Фоновые значения для черноземов Самарской области максимально превышены для Ni (в 1,68 раза) и Pb – в 1,12 раза (табл. 27). Таким образом, разливы высокоминерализованных нефтепромысловых вод и высокая концентрация нефтепродуктов на пастбищных почвах Горбатовского месторождения способствовали увеличению подвижности металлов, по меди и кобальту – превышению допустимых норм.

7. Восстановление черноземных почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами

7.1. Гипсование почвы, внесение органических и минеральных удобрений при рекультивационных мероприятиях

Для восстановления нарушенного и загрязненного плодородного слоя почвы и почвенной биоты необходимо обязательно вносить повышенные дозы органических и минеральных удобрений. Особенно эффективным мероприятием является внесение органических удобрений в дополнение к остаткам растений. Внесенные удобрения улучшают водно-физические свойства, обогащают почву органическим веществом, улучшают водо- и воздухопроницаемость поверхностных горизонтов и способствуют усиленному выделению углекислоты при разложении отмерших органических веществ и дыхании растений [7].

Применение органических удобрений необходимо в случае, если почвы слабогумусированы или представлены минеральным грунтом (песок, глина), уровень нефтяного загрязнения очень высок и снижение его путем технических мероприятий невозможно. Органические удобрения выполняют функцию структураторов почв, способны снизить пороговые значения токсичности остаточных нефтепродуктов для начала роста траврекультивантов. Их применяют с целью улучшения субстратных условий для активизации процессов биологического нефтеокисления, а также создания условий для закрепления и приживаемости высеваемых трав. В качестве органических удобрений могут служить торф, плодородные почвы, биокомпосты, сорбенты растительного происхождения, отходы животноводства [29].

Наибольшая скорость разложения нефти наблюдается при внесении органических удобрений, так как они значительно улучшают пищевой режим загрязнённой почвы. Наиболее эффективным является совместное внесение органических и минеральных удобрений, которое обуславливает дополнительное ускорение минерализации нефти на 4-12 % по сравнению с раздельным их использованием.

Для восстановления нарушенного плодородия исследуемых засоленных и нефтезагрязненных почв районов месторождений нефти проведен расчет потребности в органических и минеральных удобрениях (табл. 28). Внесение органических и минеральных удобрений осуществляется на всю площадь рекультивации – 43,8 га.

Таблица 28

Норма внесения удобрений и потребность в материалах для рекультивации нефтезагрязненных и засоленных почв (слой 0-30 см) районов месторождений нефти Самарской области

Месторождение	Рекультивируемая площадь, га	Органические удобрения*	Гипс		Минеральные удобрения***
			Норма, т/га	Потребность, т	
Северная группа месторождений					
Смагинское	1,50	150	**	-	9,00
Козловское	1,70	170	45,79	61,81	10,2
Центральная группа месторождений					
Михайловско-Коханское	2,80	280	19,08	24,80	16,8
Алакаевское	2,48	248	5,32	6,6	14,88
Южная группа месторождений					
Горбатовское	35,32	3532	112,0	1674,51	211,9

Примечание: * – норма внесения органических удобрений 100 т/га; ** – на почвах Смагинского месторождения гипс не вносился; *** – норма внесения минеральных удобрений 6 ц/га.

Согласно рекомендуемым зональным нормам региона [83] были внесены в повышенных дозах (в 1,5-2,0 раза) органические удобрения в виде навоза в дозе 100 т/га, минеральные в виде нитроаммофоски в дозе 6 ц/га.

Для проведения химической мелиорации были определены площади гипсования (табл. 29) и нормы внесения гипса (табл. 28).

Количество обменного натрия менее 5 % от емкости обмена не оказывает отрицательного влияния на свойства почвы.

По мере увеличения доли натрия в составе обменных катионов происходит ухудшение агрономических свойств почв [73].

Химическая мелиорация проводилась на участках, где было выявлено засоление высокоминерализованными пластовыми водами, с высоким содержанием обменного натрия в почвах.

Таблица 29

Площадь гипсования и данные для расчета нормы (дозы) внесения гипса

Место-рождение	Площадь гипсова-ния, га	Средневзвешенная величина обменного натрия в мг-экв. на 100 г почвы	Емкость катионного обмена, мг-экв. на 100 г почвы**	Плотность сложения, г/см^3
Северная группа месторождений				
Смагинское*	-	-	-	-
Козловское	1,35	12,2	32,7	1,26
Центральная группа месторождений				
Михайловско-Коханское	1,3	6,4	42,0	1,29
Алакаевское	1,24	3,6	48,0	
Южная группа месторождений				
Горбатовское	34,41	25,5	38,0	1,38

Примечание: * – на территории Смагинского в почвах наблюдается засоление слабой степени, содержание обменного натрия менее 5% от емкости катионного обмена, ** – емкость катионного обмена приведена по данным почвенных обследований института «ВолгоНИИгипрозем».

При внесении гипса в почву происходит замещение в почвенном поглощающем комплексе обменного натрия на кальций. Норму внесения гипса устанавливают по содержанию обменного натрия в почве по формуле К. К. Гедройца:

$$Д = \frac{0{,}086 \times (Na - 0{,}05E) \times h \times dV \times 100}{DB}$$

где *Д* – доза гипса, т/га; *0,086* – значение 1 мг-экв. гипса; *Na* – содержание обменного натрия, мг-экв. на 100 г почвы; *E* – емкость обмена, мг-экв. на 100 г почвы; *0,05* – количество обменного натрия (в % от емкости обмена), не оказывающее отрицательного влияния на свойства почвы и оставляемое в ППК; *h* – мощность мелиорируемого слоя, см; d_V – плотность сложения мелиорируемого слоя, г/см^3; *DB* – содержание $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ в мелиоранте, % (В. Г. Мамонтов, 2012).

Для всех участков проведения химической мелиорации мощность мелиорируемого слоя принята – 30 см, содержание гипса в мелиоранте – 75 %.

В качестве мелиоранта при рекультивации земель применялся фосфогипс. Он является крупнотоннажным отходом производства двойного суперфосфата и преципитата. Представляет собой очень тонкий порошок серого или белого цвета, содержащий 75-85 % гипса, 0,5-0,6 % фосфорной кислоты, 5-6 % глины и воду.

Фосфогипс гораздо дешевле гипса, обладает более высокой растворимостью, присутствие в нем водорастворимого фосфора усиливает мелиорирующий эффект.

Приведем пример расчета дозы гипса (*Д*) для почв северной, центральной и южной группы месторождений:

СГМ

Д (Козловское) = (0,086 × (12,2 – 0,05 × 32,7) × 30 × 1,26 × ×100) / 75 = 45,79 т/га;

ЦГМ

Д (Михайловско-Коханское) = (0,086 × (6,4 – 0,05 × 42) × 30 × ×1,29 × 100) / 75 = 19,08 т/га;

Д (Алакаевское) = (0,086 × (3,6 – 0,05 × 48) × 30 × 1,29 × 100) / 75 = 5,32 т/га;

ЮГМ

Д (Горбатовское) = (0,086 × (25,5 – 0,05 × 38) × 30 × 1,38 × ×100) / 75 = 112,0 т/га.

Способ внесения гипса на Козловском, Михайловско-Коханском и Алакаевском месторождениях определен следующим образом: осенью под вспашку 2/3 потребности в мелиоранте и 1/3 весной под культивацию.

На Горбатовском месторождении внесение гипса осуществлялось в течение двух лет по 66 т/га в год: осенью под вспашку 2/3 потребности в мелиоранте и 1/3 весной под культивацию. Гипс на участок работ доставлялся в день его внесения. Эффективность гипса зависит от тонины помола. Чем мельче гипс, тем лучше он контактирует с почвой и быстрее растворяется.

Гипс рекомендуется сочетать с внесением органических удобрений, при этом проявляется максимальное действие гипса [7].

Обязательным условием проведения химической мелиорации (гипсования) является накопление влаги.

Для этого проводились мероприятия по максимально возможному накоплению влаги в почве – трехкратное снегозадержание и уплотнение снега катками.

Снегозадержание выполнялось снегопахом путем устройства снежных валиков через 10 м. Перед весенним таянием проводили уплотнение снега полосами шириной 4 м с промежутками 1 м.

7.2. Продуктивность сидеральных культур на рекультивируемых почвах

В каждой агроэкологической зоне восстановлению подлежали участки почвы площадью 3,2 га (СГМ), 5,28 га (ЦГМ), 35,32 га (ЮГМ).

Повторность опыта трехкратная, площадь делянки составляла 300 м^2, учетная площадь 50 м^2. В качестве основного удобрения были использованы минеральные удобрения в виде нитроаммофоски по 17 кг д.в. NPK на 1 га и органические – в виде перепревшего навоза. Среднее содержание элементов питания в навозе составляло: N общ – 0,61 %, фосфор в виде P_2O_5 – 0,39 %, калий в виде K_2O – 0,42 %. В опытах удобрения вносили в первый год вегетации. Опыты закладывались по принятой агротехнике.

Учет урожая зеленой массы проводили сплошным методом с учетной площади делянок [87]. Посевы исследуемых на всех опытах сидеральных культур оставляли на выводных полях бездефицитный баланс гумуса. Отмечено, что по величине положительного баланса гумуса наиболее перспективным является смесь суданской травы и донника однолетнего. Максимальный баланс гумуса оказался при возделывании смеси этих сидератов в Центральной агроклиматической зоне, превосходство в сравнении с Северной и Южной зоной было на 0,28 и 0,07 т/га соответственно.

Во всех исследуемых посевах контрольным вариантом являлась смесь овса с горохом. Такие ценозы обеспечивают высокую урожайность зеленой массы и зерна, высокую продуктивность, энергетические и экономические показатели. Вначале вегетации быстрее росли и развивались растения зернофуражной культуры. В фазе кущения они были на 2-4 см выше гороха, а после фазы бутонизации растения гороха стали выше на 2-7 см.

В Северной зоне сроки посева – первая декада мая, запахивание зеленой массы происходило в середине июня, вначале фазы цветения. Сроки посева второго варианта – суданской травы с однолетним донником – вторая декада мая (15-20 мая), запахивание во второй декаде августа. Донник однолетний высевался в конце первой декады мая, запахивание сидерата приходилось на третью декаду августа. Сидеральный посев горчицы с редькой масличной происходил во второй декаде мая и через 65 дней, во второй декаде июля, запахивался.

Урожайность зеленой массы сидеральных культур в Северной агроклиматической зоне максимальной была на варианте овес + горох. Значения урожайности были на 0,5 и 4,5 т/га выше, чем в Центральной и Южной зонах области. Вариант отличался и большим выходом пожнивно-корневых остатков, однако уступал по выходу гумуса на 0,1 т/га смеси суданской травы с донником однолетним. По балансу гумуса варианты находились на одном уровне. Посевы донника однолетнего при положительном балансе гумуса были ниже контрольного варианта на 0,18 т/га. Сидеральная смесь крестоцветных культур горчицы и редьки масличной по урожаю зеленой массы на 0,96 т/га уступала контрольному варианту и превышала на 1,3 т/га урожайность смеси суданской травы и донника, однако по балансу гумуса была низкой положительной среди исследуемых вариантов, уступая контролю на 0,44 т/га (табл. 30).

Центральной зоны перспективным является вариант смеси суданской травы с однолетним донником. Урожайность зеленой массы этих культур была на 4,2 т/га выше, чем контроль, выход гумуса составил 1,34 т/га, что превысило данные контрольного посева на 0,41 т/га. Смесь суданской травы с однолетним донником была урожайной и в Южной зоне области, где ее величина была выше контроля на 6,8 т/га, а по выходу гумуса превышала контроль на 0,51 т/га. Результаты опыта возделывания сидератов в Южной агроклиматической зоне показали, что смесь овса и гороха менее урожайна в этих условиях и все исследуемые варианты превосходят ее по урожайности зеленой массы: донник однолетний на 4,8 т/га, смесь горчицы и редьки масличной на 2,4 т/га.

Возделывание однолетнего донника в качестве сидеральной культуры при восстановлении плодородия почвы является более перспективным для Южной зоны области. Отмечены незначительные превышения по балансу гумуса в сравнении с Северной на 0,02 т/га и Центральной на 0,03 т/га зонами. Культура больше восполняет баланс гумуса по сравнению с контролем на 0,04 т/га.

Смесь крестоцветных – горчицы и редьки масличной – высевалась нами однократно, во второй декаде мая. Ранние сроки посева способствуют повреждению посевов вредителями Рода Phyllotreta (семество Листоеды – Chrysomelidae, отряда Жесткокрылые – Coleoptera).

Таблица 30

Урожайность зеленой массы сидеральных культур и баланс гумуса выводных полей, т/га

Культура	Годы исследований			Среднее	± Контроль		Выход ПКО	Выход гумуса	Баланс гумуса
	2013	2014	2015		± т/га	± %			
Северная зона									
Овес+горох (контроль)	22,3	21,8	22,1	22,0	-	-	6,4	0,96	0,56
Суданская трава +донник	19,5	19,6	21,0	20,0	- 2	- 9	5,9	1,06	0,56
Донник однолетний	20,3	21,2	23,0	21,5	- 0,5	- 2,2	3,2	0,58	0,38
Горчица+редька масличная	20,0	22,0	21,8	21,3	- 0,7	- 3,2	3,2	0,32	0,12
НСР 0,5	0,15	0,42	0,45	0,36					
Центральная зона									
Овес+горох (контроль)	21,2	21,9	21,5	21,5	-	-	6,2	0,93	0,54
Суданская трава +донник	24,8	28,6	23,6	25,7	+ 4,2	+ 19,5	7,5	1,34	0,84
Донник однолетний	19,8	23,7	20,0	21,2	- 0,3	- 1,39	3,2	0,57	0,37
Горчица+редька масличная	21,0	22,2	23,4	22,2	- 0,7	-3,25	3,3	0,33	0,13
НСР 0,5	0,14	0,38	0,41	0,31					
Южная зона									
Овес+горох (контроль)	18,0	17,0	17,5	17,5	-	-	5,1	0,76	0,36
Суданская трава +донник	25,4	23,2	24,3	24,3	+ 6,8	+ 38,8	7,1	1,27	0,77
Донник однолетний	21,2	22,3	23,4	22,3	+ 4,8	+ 27,4	3,4	0,60	0,40
Горчица+редька масличная	19,6	19,0	21,2	19,9	+ 2,4	+ 2,28	3,0	0,30	0,10
НСР 0,5	0,25	0,44	0,54	0,42					

После 65 дней вегетации сидераты запахивались на всю глубину пахотного слоя. Этот посев давал наименьший положительный выход гумуса. Более урожайным посев горчицы и редьки масличной был в Центральной зоне области, в Южной зоне превышал по этой величине контрольный вариант. Выход и баланс гумуса на выводном участке после запахивания крестоцветных сидератов в агроклиматических условиях области колебался незначительно, в пределах 0,1 т/га.

Данные учета надземной массы растений свидетельствуют, что в границах испытуемых концентраций нефтяного загрязнения изученные агрофитоценозы показали экологическую устойчивость. Применение агрофитоценоза суданская трава + донник способствовало более эффективной фиторемедиации загрязненных почв.

8. Расчет ущерба от загрязнения нефтью и нефтепродуктами, экономическая и энергетическая эффективность приемов рекультивации

Размеры ущерба от загрязнения земель определяются исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель. Размеры ущерба от загрязнения земель рассчитываются на основании Письма Минприроды России от 27.12.1993 №04-25/61-5679 по следующей формуле [97]:

$$П = SUM (Нс \times S(i) \times Кв \times Ка(i) \times Кз(i) \times Кг), \quad (1)$$

где *П* – размер платы за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими (от 1 до n) химическими веществами (тыс. руб.); $Н_с$ – норматив стоимости сельскохозяйственных земель в расчет принят утвержденный удельный показатель кадастровой стоимости земли сельскохозяйственного назначения 1 группы для Волжского района – 16700 руб./га; для Шенталинского района – 43600 руб./га, для Сергиевского района – 24800 руб./га, для Кинель-Черкасского 37500 руб./га (Постановление Правительства Самарской области от 26.12.2012 г. №814); *Кв* – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель, определяемый согласно таблице 31; *Si* – площадь земель, загрязненных химическим веществом i-го вида (га); *Ка(i)* – коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическим веществом i-го вида, определяемый согласно таблице 32; *Кз(i)* – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории i-го экономического района, определяемый согласно таблице 33; *Кг* – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель, определяемый согласно таблице 34.

Таблица 31

Значение коэффициента пересчета (*Кв*) дохода с сельскохозяйственных земель в зависимости от периода времени восстановления

Продолжительность периода восстановления	Коэффициент пересчета	Продолжительность периода восстановления	Коэффициент пересчета
1	*2*	*3*	*4*
1 год	0,9	8-10 лет	5,6
2 года	1,7	11-15 лет	7,0
3 года	2,5	16-20 лет	8,2

Окончание табл. 31

1	*2*	*3*	*4*
4 года	3,2	21-25 лет	8,9
5 лет	3,8	26-30 лет	9,3
6-7 лет	4,6	31 и более лет	10,0

Таблица 32

Коэффициент (*Ка*) для расчета размеров ущерба в зависимости от степени загрязнения земель химическими веществами

Уровень загрязнения	Степень загрязнения земель	*Ка*
1	Допустимая	0
2	Слабая	0,3
3	Средняя	0,6
4	Сильная	1,5
5	Очень сильная	2,0

Таблица 33

Коэффициенты (*Кз*) экологической ситуации и экологической значимости территории

Экономические районы Российской Федерации	*Кз*
Северный	1,4
Северо-Западный	1,3
Центральный	1,6
Волго-Вятский	1,5
Центрально-Черноземный	2,0
Поволжский	1,9
Северо-Кавказский	1,9
Уральский	1,7
Западно-Сибирский	1,2
Восточно-Сибирский	1,1
Дальневосточный	1,1

Таблица 34

Коэффициенты (*Кг*) для расчета ущерба в зависимости от глубины загрязнения земель

Глубина загрязнения земель, см	*Кг*
0-20	1,1,30
0-50	1,5
0-100	1,7
0>150	2,0

Размер платы за ущерб от загрязнения земель химическими веществами на территории северной, центральной и южной групп

месторождений составил:

СГМ

П (Смагинское) = 43600 × 1,7 × 1 × 0,3 × 1,9 × 1 = = 42248,4 руб.;

П (Козловское) = 24800 × 1,7 × 0,35 × 0,3 × 1,9 × 1 = = 8410,92 руб.;

ЦГМ

П (Алакаевское) = 37500 × 1,7 × 1,5 × 0,6 × 1,9 × 1 = = 109012,5 руб.;

П (Михайловско-Коханское) = 37500 × 1,7 × 1,24 × 0,6 × 1,9 × × 1 = 90117,0 руб.;

ЮГМ

П (Горбатовское) = 16700 × 1,7 × 5,3 × 2,0 × 1,9 × 1,3 = = 743306,98 руб.

Общий ущерб, подлежащий компенсации, окружающей природной среде от загрязнения нефтью на территории месторождений на общей площади 9,39 га в сумме равен:

Побщ = 42248,4 руб. + 8410,92 руб. +109012,5 руб. + + 90117,0 руб. +743306,98 руб. = 993095,8 руб.

Огромные масштабы экологически неблагоприятных последствий заставляют по-новому взглянуть на категорию эффективности производства с эколого-экономических позиций. Характерной особенностью предлагаемого подхода является включение в расчет эколого-экономического ущерба. Под эколого-экономическим ущербом будем понимать выраженные в стоимостной форме фактические или возможные убытки, причиняемые сельскому хозяйству в результате качественного ухудшения состояния окружающей среды, снижения почвенного плодородия, и дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

Для оценки эколого-экономического ущерба в сельском хозяйстве используют восстановительный подход. Он основывается на стоимостной оценке затрат, необходимых для предотвращения или ликвидации нанесенного в процессе сельскохозяйственной деятельности экологического ущерба почвам и землям, и стоимостных потерь от недополученной продукции в результате снижения почвенного плодородия и загрязнения окружающей среды.

Расчет ущерба от деградации земель. Размер ущерба деградированных почв и земель рассчитывали по формуле:

$$\text{Ущ} = \text{Нс} \times S \times К\text{э} \times \text{Кс} + \text{Дх} \times S \times \text{Кв},$$

где *Ущ* – размер ущерба от деградации почв и земель (тыс. руб.); $Н_с$ – так как постановление о нормативной стоимости земли отменено, то в расчет принят утвержденный удельный показатель кадастровой стоимости земли сельскохозяйственного назначения 1 группы для Волжского района – 16700 руб./га; для Шенталинского района – 43600 руб./га, для Сергиевского района – 24800 руб./га, для Кинель-Черкасского 37500 руб./га (Постановление Правительства Самарской области от 26.12.2012 г. № 814); *Дх* – годовой доход с единицы площади (тыс. руб); *S* – площадь деградированных почв и земель (га); *Кэ* – коэффициент экологической ситуации территории 1,9 (Поволжский); *Кв* – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению деградированных почв и земель 1,7 (период восстановления в среднем за 2 года); *Кс* – коэффициент пересчета в зависимости от изменения степени деградации почв и земель 1,5.

Расчет дохода сельскохозяйственного производства. Расчет дохода с 1 га пашни произведен при условии, что схема севооборота включает озимую пшеницу, подсолнечник, черный пар. Доход с 1 га пашни за 1 год определяется по формуле:

$$R = \text{У} \times \text{Цр} - \text{З},$$

где *У* – средняя многолетняя урожайность, ц/га; $Ц_р$ – цена реализации продукции, руб./ц; *З* – затраты на производство сельскохозяйственной продукции.

Расчет дохода с 1 га пашни при схеме севооборота, включающей озимую пшеницу, подсолнечник и черный пар, приведен в таблице 35.

Таблица 35

Экономическая эффективность дохода с единицы земельной площади при возделывания культур в севообороте

Культура	Урожайность, ц/га	Цена реализации, руб./ц	Цена реализации продукции с 1 га, руб.	Затраты на 1 га, руб.	Доход за год, руб. га
Озимая пшеница	22,0	1000	22000	13383	8528
Подсолнечник	15,0	2000	30000	9809	20102
Черный пар	-	-	-	1562	1562
Итого за 3 года					27068

Расчет затрат на производство сельскохозяйственной продукции с 1 га земель сельскохозяйственного назначения приведен в таблице 36.

Таблица 36

Затраты на получение сельскохозяйственной продукции 1 га площади земель сельскохозяйственного назначения

Название с.-х угодий и культур	Год севооборота	Семена			Минеральные удобрения			Стоимость 1 га обработки почв				Общая стоимость (гр. 5 + 8 + 12), руб.
		Норма высева, ц/га	Стоимость 1 ц, руб.	Стоимость, всего, руб.	Норма внесения, ц/га	Стоимость1 ц, руб.	Стоимость, всего, руб.	Вспашка, руб./га	Посев, руб./га	Уход, руб./га	Стоимость обработки площади, руб.	
Озимая пшеница	1	2,2	1800	3960	2,8	1500	4200	3723			3723	13383
Подсолнечник	2	0,4	4000	1600	2,0	2000	4000	3209			3209	9809
Черный пар	3	-	-	-	-	-	-	1562			1562	1562

За 3 года использования 1 га пашни доход составляет 27068 тыс. руб.

Размер ущерба деградированных почв и земель на территории разрабатываемых месторождений по расчетам авторов равен:

СГМ

Ущ (Смагинское) = (43600 × 1,9 × 1,5 + 27068 × 1,7) × 0,5 = = 85137,8 руб.;

Ущ (Козловское) = (24800 × 1,9 × 1,5 + 27068 × 1,7) × 1,35 = = 93927,06 руб.;

ЦГМ

Ущ (Алакаевское) = (37500 × 1,9 × 1,5 + 27068 × 1,7) × 1,3 = = 198757,78 руб.;

Ущ (Михайловско-Коханское) = (37500 × 1,9 × 1,5 + 27068 × × 1,7) × 1,24 = 189583,6 руб.;

ЮГМ

Ущ (Горбатовское) = (16700 × 1,9 × 1,5 + 27068 × 3,8) × 30,02= = 4516611,0 руб.

Ущерб от деградации земель на площади 34,41 га составил 5 084 017,2 руб.

Расчет затрат на восстановление нарушенных земель (падение содержания гумуса 2 % и более) по системе сидерального пара принята по проектам аналогам по состоянию на 01.10.12 г., где удельные затраты составляют под пашню – 220,0 тыс. руб./га.

Затраты на восстановление нарушенных земель на общей площади 43,8 га составят: *43,8 × 220000 = 9636000 руб.*

Эколого-экономический ущерб, наносимый земле, которая используется в сельском хозяйстве в качестве основного средства производства, выражается в стоимостной оценке качественного ухудшения ее состояния в результате деградации земель, затратах на восстановление снижающегося почвенного плодородия и стоимости недополученной продукции в результате снижения продуктивности земель от снижения плодородия и загрязнения окружающей среды

$$Уэ - э = у1 + у2 + у3 + у4,$$

где *Уэ-э* – эколого-экономический ущерб, наносимый землям сельскохозяйственного назначения*; у1* – ущерб от деградации земель (снижение цены земли*); у2* – затраты на восстановление потерянного почвенного плодородия, возникающего в результате потерь содержания гумуса и питательных веществ в почве*; у3* – стоимостная оценка недополученной продукции от уменьшения продуктивности земель в результате снижения плодородия; *у4* – стоимостная оценка недополученной продукции от снижения продуктивности земель в результате загрязнения нефтепродуктами. Результаты эколого-геохимических исследований территории приводятся как в абсолютных величинах, так и в относительных величинах, рассчитанных относительно нормативных параметров окружающей среды по каждому рассматриваемому показателю. Эколого-геохимической нормой может быть фоновая концентрация, установленная для почв рассматриваемого региона или более

обширных регионов; кларки почв мира (среднее содержание элемента в почвах мира), кларк литосферы (среднее содержание элемента в литосфере), среднее содержание в почвах отдельных природных зон, величина ПДК. Сравнение содержания тяжелых металлов идет с ПДК содержания тяжелых металлов в почвах, все превышения их отнесены на счет антропогенного загрязнения.

Для гигиенической оценки состояния компонентов природной среды в настоящее время нормативами являются предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) (ГН 2.1.7.0042-06. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) веществ в почвах.). В отсутствие гигиенических нормативов для валовых форм кобальта сравнение проводилось с кларком (среднее мировое содержание элемента в земной коре) для кобальта – 36 мг/кг. Величина ПДК и ОДК для ряда элементов может существенно меняться в зависимости от гранулометрического состава и pH почв. При оценке степени загрязнения почв с учетом ПДК (ОДК) использовались ПДК (ОДК) для глинистых и суглинистых почв (гранулометрический состав) при $pH > 5,5$, $pH < 5,5$. В расчетах использованы данные по отнесению химических веществ, попадающих в почву из выбросов, отбросов, отходов, к классам опасности по ГОСТу 17.4.1.02-83 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения». Результаты исследований показали, что содержание тяжелых металлов находится в пределах норм ПДК. Сравнение содержания тяжелых металлов в почве со значением ПДК позволяет определить степень загрязнения почв по СанПин 2.1.7.1287-03 «Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почв. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почв».

По результатам анализов можно заключить, что содержание тяжелых металлов в почвенных образцах соответствует ПДК, причем как в пахотном (0-25 см), так и в подпахотном горизонтах (25-40 см). Таким образом, в исследуемой почве содержание тяжелых металлов не оказывает негативного воздействия на произрастание растений.

Расчет эколого-экономического ущерба, наносимого землям сельскохозяйственного назначения на территории разрабатываемых месторождений:

Уэ-э (СГМ) = (42248,4 + 8410,92) + (85137,8 + 93927,06) + + 704000 = 933723,46 руб.

Уэ-э (ЦГМ) = (109012,5 + 90117,0) + (198757,78 + 1895893,6) + + 1161600 =1 749 070,8 руб.

Уэ-э (ЮГМ) = 743306,98 + 4516611,0 + 7770400 = = 13 030 317 руб.

Уэ-э общ = 933723,46 + 1749070,8 + 13030317 = = 15 713 110,0 руб.

Эколого-экономический ущерб, наносимый землям сельскохозяйственного назначения на территории разрабатываемых месторождений на общей площади 43,8 га – составляет – 15 713 110,0 руб.

Проведенный расчет показал, что почвы агроландшафтов, переданные во временное пользование под объекты нефтедобычи, подвержены процессам деградации и могут быть выведены из сельскохозяйственного оборота. Для оценки процесса восстановления нарушенных земель при осуществлении рекультивационных работ рекомендуется проведение агроэкологического мониторинга в течение всего мелиоративного периода.

8.1. Расчет энергетической эффективности применяемых технологий рекультивации нефтезагрязненных почв

Рекультивация нарушенных, засоленных и нефтезагрязненных земель – высокозатратные мероприятия. Улучшение агрохимических свойств данных почв и, как следствие, повышение и возвращение им плодородия имеет большое экологическое, экономическое и хозяйственное значение.

Рассчитана энергетическая эффективность применяемых технологий рекультивации нефтезагрязненных почв с учетом воспроизводства плодородия почв (табл. 37).

Суть энергетического анализа состоит в том, что все количественные показатели – фактическая прибавка урожая сельскохозяйственных культур от удобрений и затраты на применение удобрений – выражаются в энергетическом эквиваленте – джоулях.

Энергетический коэффициент (энергоотдача) – это отношение энергии, содержащейся в прибавке урожая от удобрений, к количеству энергии, затраченной на их применение. Его расчет производится по следующей формуле:

$$q = Эп/Эо,$$

где q – коэффициент энергетической эффективности; *Эп* – количество энергии, полученной в прибавке основной продукции от удобрений, МДж; *Эо* – общие энергетические затраты на производство, доставку, хранение, подготовку, транспортировку и внесение минеральных и органических удобрений, уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая за счет удобрений, МДж.

Таблица 37

Показатели эффективности проведения рекультивационных работ

Вариант опыта	Показатель				
	Урожайность, т/га	Производственные затраты на 1 га рекультивации, руб./га*	Уровень затрат с учетом затрат на плодородие, руб. с 1 га*	Окупаемость затрат на рекультивацию	Коэффициент энергетической эффективности
Северная зона					
Овес+горох	22,0	54,21	226,44	4,2	2,13
Суданская трава+ донник	20,0	54,21	219,26	4,0	
Донник однолетний	21,5	54,21	217,34	4,0	
Горчица+ редька масличная	21,3	54,21	217,94	4,0	
Центральная зона					
Овес+горох	21,5	50,33	184,69	3,7	2,05
Суданская трава+ донник	25,7	50,33	177,51	3,5	
Донник однолетний	21,2	50,33	175,59	3,5	
Горчица+редька масличная	22,2	50,33	176,19	3,5	
Южная зона					
Овес+горох	17,5	92,0	579,73	6,3	2,0
Суданская трава+ донник	24,3	92,0	572,55	6,2	
Донник однолетний	22,3	92,0	570,63	6,2	
Горчица+ редька масличная	19,9	92,0	571,23	6,2	

Примечание: * – производственные затраты на 1 га рекультивации и уровень затрат с учетом затрат на плодородие рассчитаны в сметной программе Estimate в уровне цен 2012 г.

Коэффициент энергетической эффективности больше единицы указывает на то, что удобрения используются эффективно. Для расчета энергетической эффективности применения удобрений используется традиционная методика [82].

Накапливаемая в основной и побочной продукции растениеводства энергия оценивается в джоулях. Содержание энергии в основной (хозяйственно ценной) продукции растениеводства с учетом побочной рассчитывается по формуле:

$$Эп = П \times К \times 100,$$

где $Э_п$ – содержание энергии в основной продукции растениеводства, МДж/га; $П$ – прибавка урожая от удобрений, ц/га; $К$ – количество энергии в 1 кг основной продукции в натуре (табл. 38), МДж; 100 – коэффициент пересчета ц в кг.

Таблица 38

Содержание энергии в 1 ц основной продукции в натуре (по принятой условной стандартной влажности), МДж

Культура	Энергия	Культура	Энергия
Зерно:		Ячмень	13,76
Люпин	18,04	Овес	14,21
Озимая: рожь	16,76	Горох	12,69
пшеница	16,46	Люпин	15,84
Яровая пшеница	16,61	Лен-долгунец: волокно	18,01
Ячмень	16,45	семена	21,27
Овес	16,17	Сахарная свекла	
Гречиха	16,67	(корнеплоды)	4,39
Люпин	18,04	Кормовые корнеплоды	2,09
Фасоль	16,37	Картофель (клубни)	3,80
Горох	17,69	Многолетние травы	
Вика	16,34	(зеленая масса)	3,67
Кукуруза (зерно)	15,14	Однолетние травы	
Кукуруза (зеленая масса)	4,10	(зеленая масса)	2,76
Солома:		Многолетние травы (сено)	15,46
Пшеница озимая	14,40	Однолетние травы (сено)	15,50
Рожь озимая	14,32		

Энергозатраты на минеральные удобрения под культуры, связанные с их производством, рассчитываются по формуле:

$$Э_у = (Д_N \times Э_N) + (Д_P \times Э_P) + (Д_K \times Э_K), \text{ МДж/га},$$

где $Д_N$, $Д_P$, $Д_K$ – фактическая доза внесения соответственно азотных, фосфорных и калийных удобрений по д. в. кг/га; $Э_N$, $Э_P$, $Э_K$ – энергетические затраты на 1 кг д. в. азотных, фосфорных и калийных удобрений (табл. 39), МДж/га.

Таблица 39

Энергозатраты на производство удобрений
(минеральные – на 1 кг д.в., органические и известковые –
на 1 кг физической массы)

Вид и формы удобрений	Содержание д.в., %	Энергетический эквивалент, МДж	
		действующего вещества	физической массы
Азотные	-	80,0	-
Фосфорные	-	13,8	-
Калийные	-	8,8	-
Органические (в среднем)	-	0,42	-
Азотные			
Сульфат аммония	20,5	80	16,4
Аммиачная селитра	34,5	80	27,6
Фосфорные			
Сульфат простой гранулированный	20,0	13,8	2,8
Суперфосфат двойной	46,0	13,8	6,3
Калийные			
Калий в сложных удобрениях	–	29,4	–
Хлористый калий	60	8,8	5,3
Калийная соль	40	8,8	3,5
Сульфат калия	48	8,8	4,2
Комплексные			
Нитрофоска	NPK по 12%	51,5	18,5
Нитроаммофоска	NPK по 17%	51,5	26,2
Азофоска	NPK по 16%	51,5	24,7
Аммофосфат	N_7P_{47}	51,5	27,8
Аммофос	$N_{12}P_{50}$	51,5	31,9

Затраты, связанные с подготовкой, погрузкой, транспортировкой и внесением минеральных удобрений:

$$Э_В = 171,4 + (8,0974Д) + (1,2954Р) + (2,804ДР) – (0,1553 \times Р^2),$$

где $Э_В$ – общие энергозатраты на подготовку, погрузку, транспортировку и внесение удобрений, МДж/га; $Д$ – доза удобрений в физической массе, ц; $Р$ – расстояние перевозки удобрений от склада хозяйства до поля, км.

Затраты на доставку удобрений от прирельсовой базы в хозяйство в среднем в Самарской области составляют 22 МДж на 1 т/км, на хранение в складах хозяйства – 38,8 МДж/т. Средние энергозатраты на хранение, транспортировку и внесение 1 ц минеральных удобрений в зависимости от дальности перевозки приведены в таблице 40.

Таблица 40

Средние энергозатраты на хранение, транспортировку и внесение 1 ц минеральных удобрений в зависимости от дальности перевозки, МДж

Расстояние от рельсового склада до хозяйственного, км	Расстояние от хозяйственного склада до поля, км							
	Прямоточная технология					Перегрузочная технология		
	1	3	5	7	9	5	10	15
0	53,4	59,9	69,3	83,9	129,9	60,9	70,0	82,7
10	65,1	71,6	81,5	96,0	139,0	73,1	82,1	94,8
20	82,4	89,9	98,7	113,2	156,2	90,3	99,8	112,0
40	118,1	124,6	134,1	147,9	191,6	125,7	134,7	147,4

Энергозатраты на погрузку, транспортировку и внесение органических удобрений приводятся в таблице 41, на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая за счет удобрений – в таблице 42. Общие затраты энергии при применении удобрений слагаются из энергозатрат на производство удобрений, их транспортировку, погрузку и внесение, а также на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая.

Таблица 41

Примерные средние энергозатраты на погрузку, транспортировку и внесение органических удобрений при разных технологиях внесения

Прямоточная		Перевалочная	
Доза внесения, т/га	Энергозатраты, МДж/га	Доза внесения, т/га	Энергозатраты, МДж/га
20	4363	20	5387
40	8475	40	10366
60	12379	60	14937

Рассчитана энергетическая эффективность применения удобрений под однолетние травы, используемые в качестве сидератов на территории северной, центральной и южной групп месторождений. Расстояние транспортировки: СГМ – 10 км, ЦГМ – 15 км, ЮГМ – 18 км. Под однолетние травы внесены минеральные удобрения в дозе NPK по 17% (нитроаммофоска 6,0 ц/га) в физической массе.

Под однолетние сидераты внесено 51 кг NPK. Окупаемость 1 кг NPK при использовании под однолетние травы составляет 48 кг зеленной массы. Следовательно, прибавка урожая зерна этой

культуры от применения удобрений составит 24,48 ц (51 × 48 = = 2448 кг).

Таблица 42

Примерные энергозатраты на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая за счет удобрений

Культура, угодья	Вид продукции	Урожайность, ц/га	Энергозатраты, МДж/ц
Озимая рожь	Зерно	30–40	328
Яровой ячмень	»	30–40	293
Лен-долгунец	Льносоломка	30–40	193
Картофель	Клубни	150–250	79
Сахарная свекла	Корнеплоды	250–350	67
Кормовые корнеплоды	»	600–800	40
Кукуруза	Силос	300–400	35
Улучшенные сенокосы	Зеленая масса	170–250	42
Многолетние травы	Сенаж		84
»	Зеленая масса	80–120	35
»	Сенаж	40–60	65
»	Сено прессованное	30–50	84
Однолетние травы	Сено рассыпное	160–200	93
Вико-овсяная и другие	Зеленая масса	200–250	105
травосмеси			39
			44

Зная, сколько содержится энергии в кг продукции в натуре, (табл. 38) находим количество энергии накопленное в прибавке к урожаю:

$Эп = П \times К \times 100 = 24{,}48 \times 2{,}76 \times 100 = 6756{,}48$ МДж.

Рассчитываем по вышеприведенной формуле энергозатраты, связанные с производством минеральных удобрений:

$Э_у = 51 \times 51{,}5 = 2626{,}5$ МДж/га.

Энергозатраты на доставку удобрений на учетное поле:

$Э_д = 0{,}6 \times 10 \times 22 = 132{,}0$ МДж/га (СГМ);

$Э_д = 0{,}6 \times 15 \times 22 = 198{,}0$ МДж/га (ЦГМ);

$Э_д = 0{,}6 \times 10 \times 22 = 237{,}6$ МДж/га (ЮГМ).

Энергозатраты, связанные с хранением удобрений в хозяйстве

$Э_х = 38{,}8 \times 0{,}6 = 23{,}28$ МДж/га.

Энергозатраты на подготовку, погрузку, транспортировку (на 5 км) и внесение минеральных удобрений:

$Э_в = 171{,}4 + (8{,}0974 \times 6) + (1{,}2954 \times 10) + (2{,}804 \times 60) - (0{,}1553 \times 100) = 385{,}65$ МДж/га (СГМ);

$Э_в$ = 171,4 + (8,0974 × 6) + (1,2954 × 15) + (2,804 × 90) – – (0,1553 × 225) = 451,86 МДж/га (ЦГМ);

$Э_в$ = 171,4 + (8,0974 × 6) + (1,2954 × 18) + (2,804 × 108) – – (0,1553 × 324) = 495,82 МДж/га (СГМ).

Общие энергозатраты $Э_о$, связанные с применением удобрений:

$Э_о = Э_у + Э_д + Э_х + Э_в$ = 2626,5 + 132,0 + 23,28 + 385,65 = = 3167,43 МДж/га (СГМ);

$Э_о = Э_у + Э_д + Э_х + Э_в$ = 2626,5 + 198,0 + 23,28 + 451,86 = = 3299,64 МДж/га (ЦГМ);

$Э_о = Э_у + Э_д + Э_х + Э_в$ = 2626,5 + 237,6 + 23,28 + 495,82 = = 3383,2 МДж/га (ЮГМ).

Находим энергетический коэффициент (q), который представляет собой частное от деления выхода энергии с прибавкой урожая на общие энергозатраты, связанные с применением удобрений.

$q_{СГМ} = Э_п/Э_о$ = 6756,48/3167,43 = 2,13,

$q_{ЦГМ} = Э_п/Э_о$ = 6756,48/3299,64 = 2,05,

$q_{ЦГМ} = Э_п/Э_о$ = 6756,48/3383,2 = 2,0.

Результат расчета биоэнергетического коэффициента доказывает эффективность применения удобрений под однолетние сидеральные культуры с энергетической точки зрения.

Заключение

На территории исследуемых месторождений присутствуют три типа изменений почв: техногенное нарушение почвенного покрова, его засоление и загрязнение нефтью и нефтепродуктами. По распространенности в районах нефтедобычи первое место занимает нарушение почвенно-растительного слоя, второе – засоление почв, третье – загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами.

Показатели объемной массы почвы в пахотном слое на территории СГМ – 1,26 г/см^3, ЦГМ – 1,29 г/см^3, ЮГМ – 1,38 г/см^3 и плотность сложения почв от 1,30 г/см^3 до 1,4 г/см^3, свидетельствуют о сильном уплотнении почв сельскохозяйственных угодий, препятствующем развитию корневой системы растений.

В период с 2005 г. по 2012 г. в районах исследования произошло подщелачивание почвенного раствора, в почвенно-поглощающем комплексе увеличилось содержание обменного натрия, уменьшилось содержание органического вещества на засоленных участках и наблюдалось небольшое (на 0,65-1,08%) увеличение органического вещества на участках, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

Для засоленных земель характерен хлоридный тип засоления, что подтверждает влияние на почвенный покров этих территорий высокоминерализованных пластовых вод, используемых при нефтедобыче. Под влиянием высокоминерализованных пластовых вод варьирует содержание обменного натрия в почвенно-поглощающем комплексе почв территории месторождений. Выявлены остаточно-натриевые и средненатриевые (северная группы месторождений), остаточно и малонатриевые (центральная группа месторождений) и остаточно и многонатриевые (южная группа месторождений) почвы. Наибольшее содержание обменного натрия определено в почвах на территории Горбатовского месторождения 26,3-27,2 мг-экв. на 100 г почвы (69-71 % от емкости поглощения).

Под влиянием процессов нефтедобычи в почвах пашни снижается содержание гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, подвижных форм цинка, меди и кобальта, усиливается кислотность почвенного раствора. На пастбищных почвах увеличивается содержание органического углерода, обменного

калия, подвижность меди и кобальта, снижается содержание подвижного фосфора. На фоне превышения ПДК нефтепродуктов в почве возрастает концентрация никеля и марганца в 1,74 раза, хрома – в 2,75 раза. Выявлена высокая корреляционная зависимость содержания в почве нефтепродуктов, pH почвенного раствора (0,98) и содержания подвижных форм элементов цинка, меди, кобальта (0,95-0,99).

Наибольшее количество валовых форм Cd, Pb, Zn, Mn и Cu аккумулирует чернозем выщелоченный, а Co – чернозем типичный. Максимальный уровень локализации подвижных форм Cd, Pb, Cu и Co также приходится на чернозем выщелоченный, а Zn и Mn – на чернозем типичный. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве во многом определяется наличием глинистой и илистой фракций (r = 0,71-0,92 и r = 0,64-0,92), а также гумуса (r = 0,53-0,98). Присутствие подвижных форм Cd, Pb, Cu и Co связано с дисперсностью почвы и наличием в ней P_2O_5 (r = 0,58-0,91), а Mn – с гумусом (r = 0,51). В годы исследований концентрация тяжелых металлов в почвах была близка к фоновым значениям и не превышала ПДК.

Разработаны и испытаны следующие схемы рекультивации нарушенных, засоленных и нефтезагрязненных земель: агротехнические мероприятия, внесение расчетных доз фосфогипса в качестве мелиоранта, внесение повышенных доз минеральных и органических удобрений по сравнению с рекомендованными для ненарушенных почв, а также подбор травосмесей сидеральных культур для более эффективного проведения фитомелиорации.

8. Для испытуемых концентраций нефтяного загрязнения изученные агрофитоценозы показали экологическую устойчивость, о чем свидетельствуют данные учета надземной массы выращиваемых растений. Более эффективной фиторемедиации загрязненных почв нефтяных месторождений способствует применение следующих травосмесей: на почве северной группы месторождений – овес+горох; центральной и южной группы месторождений – суданская трава+донник.

Экологический ущерб от загрязнения нефтью на территории изучаемых нефтяных месторождений на общей площади 9,39 га составил 993095,8 руб. Эколого-экономический ущерб, наносимый землям сельскохозяйственного назначения

на территории разрабатываемых месторождений на общей площади 43,8 га, составляет 15 713 110,0 руб.

Срок окупаемости затрат на проведение рекультивации нарушенных, засоленных, загрязненных почв составляет соответственно 3,5-3,7 года для центральной группы месторождений, 4,0-4,2 года для северной группы месторождений и 6,3-6,2 года для южной группы месторождений.

Рассчитанный биоэнергетический коэффициент равен 2,0-2,13, что оправдывает с энергетической точки зрения применение органических и минеральных удобрений под однолетние сидеральные культуры.

Литература

1. Агеев, В. В. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур : учебное пособие / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина [и др.] – 5-е изд., перераб. и доп. – Ставрополь : АГРУС, 2014. – 200 с.

2. Алексеев, В. А. Очищающий эффект нематодоустойчивых сортов картофеля и промежуточных сидеральных культур / В. А. Алексеев, Н. Ю. Пронина // Защита и карантин растений. – 2012. – №8. – С. 32-34.

3. Алиев, С. А. Влияние загрязнения нефтяным органическим веществом на активность биологических процессов почв / С. А Алиев, Д. А. Гаджиев // Известия Академии наук Аз ССР. – 1977. – № 2. – С. 46-49. – (Серия «Биологические науки»).

4. Андерсон, Р. К. Экологические последствия загрязнения нефтью / Р. К. Андерсон, А. Х. Мукатанов, Т. Ф. Бойко // Экология. – 1980. – № 6. – С. 21-25.

5. Атлас почв СССР. – М. : Колос, 1974. – 168 с.

6. Белобров, В. П. Техногенное загрязнение почв в зоне влияния аэропорта «Домодедово» / В. П. Белобров, С. В. Голубев // Агрохимический вестник. – 2007. – № 5. – С. 26-28.

7. Белоусов, А. А. Агропочвоведение : учебное пособие / А. А. Белоусов, Е. Н. Белоусова, В. В. Чупрова. – Красноярск : Красноярский ГАУ, 2016. – 28 с.

8. Березин, А. Е. Влияние высокоминерализованных вод на почвенно-растительный покров в районах нефтедобычи / А. Е. Березин, В. А. Базанов, Т. А. Минеев, Л. А. Березина // Вестник Томского государственного университета. – 2008. – № 306. – С. 142-148.

9. Бузмаков, С. А. Трансформация геосистем в районах нефтедобычи / С. А. Бузмаков, С. М. Костарев // Известия вузов. Нефть и газ. – 2004. – № 5. – С. 124-131.

10. Бузмаков, С. А. Формирование природно-техногенных экосистем на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края) / С. А. Бузмаков, С. А Кулакова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2007. – № 1. – С. 20-24.

11. Булавинцева, А. Д. Динамика аварий по площади загрязнения на линейной части магистральных нефтепроводов ОАО

«АК «Транснефть» / А. Д. Булавинцева, П. М. Мазуркин // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 3. – С. 27-29.

12. Бурлака, И. В. Обезвреживание нефтешламов и замазученных грунтов – существенное снижение экологической нагрузки на окружающую среду / И. В. Бурлака, Н. В. Бурлака, В. А. Бурлака [и др.] // Экология и промышленность России. – 2008. – № 9. – С. 34-37.

13. Бурлака, И. В. Эффективность рекультивации нефтезагрязненных земель в Среднем Поволжье : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.02 / Бурлака Иван Владимирович. – Саратов, 2008. – 23 с.

14. Вайсман, Я. Н. Разработка технологии ремедиации нефтезагрязненных почв и грунтов с использованием гуминового препарата «Гумиком» / Я. Н. Вайсман, И. С. Глушанкова, Л. В. Рудакова [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 10. – С. 128-131.

15. Волобуев, В. Р. Система почв мира / В. Р. Волобуев. – Баку : ЭЛМ, 1973. – 308 с.

16. Воловик, В. Т. Агробиологическая оценка перспективных видов масличных капустных культур / В. Т. Воловик // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы VIII Международного симпозиума. – М., 2009. – С. 47-49.

17. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв / под ред. С. Г. Малахова. – М. : Московское отделение гидрометиздата, 1984. – 30 с.

18. Гальдин, Г. Б. Эрозия почв и меры борьбы с ней в условиях Пензенской области : учеб. пособие / Г. Б. Гальдин, Л. И. Китаева, И. С. Антонов. – Саратов : ССХИ, 1991. – 191 с.

19. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение : учеб. пособие для студентов вузов по агроном. специальностям / Н. Ф. Ганжара. – Москва : Агроконсалт, 2001. – 392 с.

20. Гаркуша, И. Ф. Почвоведение. – М. ; Л. : Сельхозиздат, 1962. – 448 с.

21. Гаркуша, И. Ф. Почвоведение / И. Ф. Гаркуша. – Л. : Издательство сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1962. – 448 с.

22. Гаркуша, И. Ф. Почвоведение с основами геологии / И. Ф. Гаркуша, М. М. Яцюк. – М. : Колос, 1969. – 399 с.

23. Гилязов, М. Ю. Нефтезагрязненные почвы Республики Татарстан и приемы их рекультивации / М. Ю. Гилязов, А. Х, Яппаров,

И. А. Гайсин. – Казань : Центр инновационных технологий, 2009. – 244 с.

24. Глазовская, М. А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям / М. А. Глазовская. – М., 1997. – 102 с.

25. Гордеев, А. В. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России : монография / А. В. Гордеев, Г. А. Романенко. – М. : Росинформаагротех, 2008. – 69 с.

26. Государственный (национальный) доклад. О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2017 году. – Москва, 2018. – 183 с.

27. Государственный (национальный) доклад. О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2010 году. – Москва, 2011. – 105 с.

28. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовка проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

29. ГОСТ Р 57447-2017 Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. – М. : Издательство стандартов, 2017. – 12 с.

30. Гусев, В. С. Изучение ассоциации цианобактерий и нефтеокисляющих бактерий в условиях нефтяного загрязнения методом полного факторного эксперимента / В. С. Гусев, Т. В. Коронелли, М. А. Линькова, В. В. Ильинский // Микробиология. – 1981. – Т. 50, Вып. 6. – С. 1097-1103.

31. Давыдова, С. Л. Нефть как топливный ресурс и загрязнитель окружающей среды / С. Л. Давыдова, В. И. Тагасов. – М. : Изд-во РУДН, 2004. – 131 с.

32. Дедов, А. А. Влияние темпов разложения растительных остатков на лабильное органическое вещество почвы и урожайность культур севооборота / А. А. Дедов, М. А. Несмеянова, А. В. Дедов // Земледелие. – 2017. – № 4. – С 6-9.

33. Доклад об экологической ситуации в Самарской области за 2017 год. – Самара, 2018. – Вып. 28. – 226 с.

34. Другов, Ю. С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов : практическое руководство / Ю. С. Другов, А. А. Родин. – СПб., 2000. – 250 с.

35. Дышко, В. Н. Агрохимические основы повышения плодородия почв : курс лекций для аспирантов / В. Н. Дышко. – Смоленск : ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. – 60 с.

36. Еремин, Е. В. Состояние агроценозов вдоль автомагистралей и железных дорог / Е. В. Еремин // Агрохимический вестник. – 2002. – № 3. – С. 12-14.

37. Жандарова, С. В. Экологические аспекты возделывания зерновых культур на загрязненных тяжелыми металлами почвах / С. В. Жандарова, Б. В. Жандаров // Агрохимический вестник. – 2005. – № 1. – С. 24-26.

38. Жичкин, К. А. Нецелевое использование земель сельскохозяйственного назначения как источник ущерба в системе «муниципальный район – регион» / К. А. Жичкин, Л. А. Петросян // Известия Саратовского университета. – 2015. – Т. 15, Вып. 3. – С. 277-284. – (Серия «Экономика. Управление. Право»).

39. Завалишин, С. И. Тяжелые металлы в почвах средней тайги Западно-Сибирской низменности / С. И. Завалишин // Агрохимический вестник. – 2005. – № 1. – С. 26-29.

40. Звягинцев, Д. Г. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почв нефтью / Д. Г. Звягинцев, В. С. Гузеев, С. В. Левин, А. А. Оборин // Почвоведение. – 1989. – № 1. – С. 72-78.

41. Звягинцев, Д. Г. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почвы нефтью / Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1989. – № 1. – С. 72-78.

42. Звягинцев Д. Г. Микробные сообщества и их функционирование в процессах деградации и самовосстановления почв / Д. Г. Звягинцев, М. М. Умаров, И. Ю. Чернов [и др.] // Деградация и охрана почв. – М. : Изд-во МГУ, 2002. – С. 401-454.

43. Зеленев, А. В. Динамика запасов продуктивной влаги в почве и урожайность зерновых культур в биологизированных севооборотах Волгоградской области / А. В. Зеленев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 4. – С. 10-14.

44. Зеленев, А. В. Плодородие каштановых почв и продуктивность биологизированных севооборотов Нижнего Поволжья / А. В. Зеленев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – № 4. – С. 35-41.

45. Зеленин, Н. И. Яровые культуры для сидеральных паров / Н. И. Зеленин // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 5. – С. 38-39.

46. Зильберман, М. В Биотестирование почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами : монография / М. В. Зильберман, Е. А. Порошина, Е. В. Зырянова – Пермь : УралНИИ «Экология», 2005. – 110 с.

47. Иларионов, С. А. Экологические аспекты восстановления нефтезагрязненных почв / С. А. Иларионов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2004. – 194 с.

48. Исмайлов, Н. И. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель / Н. И. Исмайлов, Ю. И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М. : Наука, 1988. – С. 222-236.

49. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.

50. Киреева, Н. А. Влияние загрязнения почв нефтью на физиологические показатели растений и ризосферную микробиоту / Н. А. Киреева, Е. И. Новоселова, А. С. Григориади // Агрохимия. – 2009. – № 7. – С. 71-79.

51. Киреева, Н. А. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения почвы / Н. А. Киреева, А. М. Мифтахова, Г. Г. Кузяхметов // Вестник Башкирского университета. – 2001. – № 1. – С. 32-34.

52. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. Н. Иванова. – М. : Колос, 1977. – 221 с.

53. Княжнева, Е. В. Изучение неоднородности плодородия почв в лесостепи Среднего Поволжья / Е. В. Княжнева // Агрохимические аспекты повышения продуктивности сельскохозяйственных культур : материалы Международной научной конференции. – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова, 2002. – С. 18-21.

54. Ковда, В. А. Основы учения о почвах. – М. : Наука, 1973. – 448 с.

55. Ковда, В. А. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира / В. А. Ковда. – М. : Наука, 2008. – 415 с.

56. Ковриго В. П. Почвоведение с основами геологии : учеб. для студентов вузов по агрономическим специальностям /

В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова ; под ред. В. П. Ковриго. – М. : Колос, 2000. – 415 с.

57. Козловская, Н. В. Трансформация почвы и почвенного покрова под влиянием пластовых минерализованных вод при нефтедобыче в условиях Удмуртии : автореф. … дис. канд. биол. наук : 03.00.16 / Козловская Наталья Викторовна. – Пермь, 2001. – 15 с.

58. Колесников, С. И. Изменение эколого-биологических свойств чернозема обыкновенного при загрязнении тяжелыми металлами второго класса опасности (Mo, Co, Cr, Ni) / С. И. Колесников, А. В. Евреинова, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков // Почвоведение. – 2009. – № 8. – С. 1007-1013.

59. Конюшкова, М. В. Картографирование почвенного покрова и засоленности почв солонцового комплекса на основе цифрового анализа космической съемки (на примере района Джанибекского стационара) : автореф. дис. … канд. с.-х. наук. – М. : Почвенный институт им В. В. Докучаева, 2010. – 24 с.

60. Корчина Т. Я. Сравнительная характеристика интоксикации свинцом и кадмием населения Ханты- Мансийского автономного округа / Т. Я. Корчина, В. И. Корчин // Гигиена и санитария. – 2011. – № 3. – С. 8-10.

61. Лавриненко, И. А. Формирование вторичных растительных сообществ на площадках нефтегазоразведочных скважин в Большеземельской тундре / И. А. Лавриненко, О. В. Лавриненко, Е. Е. Кулюгина // Сибирский экологический журнал. – 1998. – № 3. – С. 275-284.

62. Леднев, А. В. Влияние нефтяного загрязнения на агрохимические свойства почвы / А. В. Леднев // Сб. трудов XXX Всероссийской науч.-практ. конф. – Пермь : ПГСХА, 2001. – Вып. VI, Ч. 1. – С. 61-63.

63. Ливеровский, Ю. А. Почвы СССР. – М. : Мысль, 1974. – 462 с.

64. Литвинцев, П. А Влияние систематического использования сидератов на продуктивность зернопарового севооборота / П. А. Литвинцев, И. А. Кобзева // Земледелие. – 2014. – № 8. – С. 23-24.

65. Лобов, Г. Г. Почвы Куйбышевской области / Г. Г. Лобов [и др.]. – Куйбышев, 1985. – 392 с.

66. Ломов, С. П. Деградационные процессы в почвах Пензенской области / С. П. Ломов, М. В. Войтанник. – Пенза : ПГСХА, 2000. – 128 с.

67. Любин, В. Е. Ликвидация чрезвычайных ситуаций при разливе нефти и нефтепродуктов на воде и на суше / В. Е. Любин, А. Б. Кусаинов, И. А. Захаров : учебное пособие. – Кокшетау, 2014. – 125 с.

68. Мазлова, Е. А. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки : монография / Е. А. Мазлова, С. В. Мещеряков. – М. : Ноосфера, 2001. – 52 с.

69. Макаренкова, И. Ю. Экологическая оценка воздействия нефтегазовой деятельности на водные объекты Среднего Приобья : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 25.00.36 / Макаренкова Ирина Юрьевна. – Ростов на Дону, 2007. – 25 с.

70. Макарова, Г. И. Донник на солонцы / Г. И. Макарова. – Омск, 1961. – С. 12-13.

71. Макарычев, С. В. Влияние фитомелиорации на улучшение теплофизического режима солонцовых почв сухостепной зоны Алтайского края / С. В. Макарычев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4. – С 34-35.

72. Максютов, Н. А. Основные факторы, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур в севооборотах и бессменных посевах на черноземах южных Оренбургской области / Н. А. Максютов, В. Ю. Скороходов, Д. В. Митрофанов [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – № 2. – С 133-134.

73. Мамонтов, В. Г. Практическое руководство по химии почв : учебное пособие / В. Г. Мамонтов, А. А. Гладков, М. М. Кузелев. – М. : Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – С. 228.

74. Манторова, Г. Ф. Дифференциация слоев почвы по плодородию / Г. Ф. Манторова // Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии : сб. науч. тр. – Челябинск : ЧНИИСХ, 2003. – 278 с.

75. Маганов, Р. У. Природоохранные работы на предприятиях нефтегазового комплекса / Р. У. Маганов, М. Ю. Маркарова, В. В. Муляк [и др.] // Рекультивация загрязненных нефтью земель в Усинском районе Республики Коми. Ч. 1. – Сыктывкар, 2006. – 208 с.

76. Марс, А. М. Экономическая эффективность повышения плодородия солонцеватых темно-каштановых почв / А. М. Марс // Известия Оренбургского ГАУ. – 2010. – № 6. – С. 20-22.

77. Марчик, Т. П. Почвоведение с основами растениеводства : учеб. пособие / Т. П. Марчик, А. Л. Ефремов. – Гродно : ГрГУ, 2006. – 249 с.

78. Матвеев, Н. М. Вовлечение тяжелых металлов в основные трофические цепи в агрофитоценозах Высокого Заволжья: монография / Н. М. Матвеев, В. Н. Матвеев, Н. В. Прохорова. – Самара : СамГУ, 2008. – 114 с.

79. Матвеев, Н. М. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н. М. Матвеев, В. А. Павловский, Н. В. Прохорова. – Самара : Самарский университет, 1997. – 215 с.

80. Медведев, В. В. Оптимальные агрофизические параметры почв / В. В. Медведев // Агрохимия и почвоведение. – Киев : Урожай, 1979. – 157 с.

81. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды : [утв. Приказом Минприроды России от 08.07.2010 № 238 ; ред. от 11.07.2018]. – 2018. – 10 с.

82. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений / Г. В. Василюк, И. М. Богдевич, Н. В. Клебанович [и др.]. – Минск : Белорусский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии, 1996. – 50 с.

83. Методические рекомендации по расчету стоимости компенсации убытков сельскохозяйственного производства и упущенной выгоды для собственников земельных участков, землепользователей и арендаторов при временном занятии земельных участков для несельскохозяйственных нужд на землях сельскохозяйственного назначения Самарской области. – Самара, 2013. – 90 с.

84. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения раздел 10 «Агрохимическое обследование почв» : [утв. Министром сельского хозяйства Российской Федерации 24 сентября 2003 г.]. – 80 с.

85. Минкина, Т. М. Взаимодействие тяжелых металлов с органическим веществом чернозема обыкновенного / Т. М. Минкина,

Г. В. Мотузова, О. Г. Назаренко // Почвоведение. – 2006. – № 7. – С. 804-811.

86. Митрофанов, Д. В. Повышение плодородия почвы и пути его сбережения на черноземах южных Оренбургского Предуралья / Д. В. Митрофанов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3. – С. 27-29.

87. Моисейченко, В. Ф. Основы научных исследований в агрономии / В. Ф. Моисейченко, М. Ф. Трифонова, А. Х. Зверюха, В. Е. Ещенко. – М. : Колос, 1996. – 336 с.

88. Научно-производственный отчет Федерального государственного бюджетного учреждения «Станция агрохимической службы «Самарская». – Самара, 2013. – 30 с.

89. Ненайденко, Г. Н. Актуальные вопросы землепользования при ограниченных экономических возможностях / Г. Н. Ненайденко // Актуальные вопросы землеустройства и землепользования в Ивановской области : информационный Бюллетень. – Иваново : ИГСХА, 2007. – Вып. 2. – С. 10-12.

90. Никитин, Е. Д. Жизнь и будущее почв. – М. : Знание, 1979. – 46 с.

91. Никольский, Н. Н. Почвоведение : учебное пособие. – Москва : Учпедгиз, 1963. – 304 с.

92. Новиков, А. И. Роль сидератов в воспроизводстве плодородия почв Верхневолжья / А. И. Новиков, Н. А. Лопачев, А. Н. Панова // Вестник аграрной науки. – 2011. – № 4. – С. 10-11.

93. Оборин, А. А. Нефтезагрязненные биогеоценозы (процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы) : монография / А. А. Оборин. – Пермь, 2008. – 511 с.

94. Оборин, А. А. Нефтезагрязненные биогеоценозы / А. А. Оборин, В. Т. Хмурчик, С. А. Иларионов [и др]. – Пермь, 2009. – 511 с.

95. Обущенко, С. В. Анализ плодородия почв Самарской области / С. В. Обущенко, В. В. Гнеденко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 4-1. – С. 90-94.

96. Овчаренко, М. М. Приемы детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами / М. М. Овчаренко, И. А. Шильников, Н. А. Комарова // Агрохимический вестник. – 2005. – № 3. – С. 2-4.

97. О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. Письмо Министерства охраны

окружающей среды и природных ресурсов : [в ред. от 27.12.1993 г. № 04-25/61-5678]. – М. : Минюст России, 1993. – 15 с.

98. Отчет о государственной кадастровой оценке сельскохозяйственных угодий Самарской области. Т. II. Результаты государственной кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий сельскохозяйственных предприятий Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 2001. – 17 с.

99. Перельман, А. И. Изучая геохимию. – М. : Наука, 1987. – 152 с.

100. Пиковский, Ю. И. Формирование и распределение техногенных геохимических потоков нефти / Ю. И. Пиковский // Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. – М. : изд-во МГУ, 1993. – С. 107.

101. Пиковский, Ю. И. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами / Ю. И. Пиковский, А. Н. Геннадиев, С. С. Чернянский, Г. Н. Сахаров // Почвоведение. – 2003. – № 9. – С. 1132-1140.

102. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами : [утв. Комитетом РФ по земельным ресурсам и землеустройству]. – М. : Минюст России, 1993. – 30 с.

103. Проведении рекультивации и консервации земель : [в ред. Постановлений Правительства РФ от 10.06.2018 г. № 800]. – М. : Минюст России, 1993. – 15 с.

104. Почвоведение / Под ред. И. С. Кауричева. – М. : Колос, 1969. – 543 с.

105. Почвоведение / Под ред. И. С. Кауричева. – М. : Агропромиздат, 1989. – 720 с.

106. Почвоведение / Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. – М. : Высшая школа, 1988. – 400 с.

107. Почвоведение : учебник для студентов по специальности «Агрохимия и почвоведение» / И. С. Кауричев, Л. Н. Александрова, И. П. Гречин [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1982. – 496 с.

108. Почвы землепользования колхоза «Аврора» Сергиевского района Куйбышевской области и рекомендации по их использованию». – Самара, 1991. – 25 с.

109. Природно-хозяйственная характеристика и мероприятия по использованию и улучшению сенокосов и пастбищ

Шенталинского района Куйбышевской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1980. – 28 с.

110. Почвы землепользования колхоза «Правда» Шенталинского района Куйбышевской области и рекомендации по их использованию и улучшению. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1976. – 54 с.

111. Пригодность почв, загрязненных нефтью, для сельскохозяйственного использования / Р. А. Афанасьев, Г. Е. Мерзлая, Н. В. Русаков [и др.] // Плодородие. – 2006. – № 3. – С. 32-34.

112. Природно-хозяйственная характеристика и мероприятия по использованию и улучшению сенокосов и пастбищ колхоза «Новый Путь» Волжского района Куйбышевской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1984. – 33 с.

113. Природно-хозяйственная характеристика и мероприятия по использованию и улучшению сенокосов и пастбищ колхоза имени Жданова Кинель-Черкасского района Куйбышевской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1982. – 12 с.

114. Природно-хозяйственная характеристика и мероприятия по использованию и улучшению пастбищ совхоза «Неприк» Борского района Куйбышевской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1979. – 25 с.

115. Природно-хозяйственная характеристика и мероприятия по использованию и улучшению пастбищ совхоза «Отрадненский» Кинель-Черкассого района Куйбышевской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1982. – 26 с.

116. Природно-хозяйственная характеристика и мероприятия по использованию и улучшению сенокосов и пастбищ колхоза «Россия» Кинель-Черкасского района Куйбышевской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1982. – 34 с.

117. Проблемы почвоведения / Отв. ред. В. А. Ковда, М. А. Глазовская // Советские почвоведы к XII Международному конгрессу почвоведов. – М. : Наука, 1982. – 247 с.

118. Проект рекультивации нарушенных и загрязненных земель в результате аварии на напорном нефтепроводе «ДНС УПН Алакаевская (угл.) – УКПН-2» Алакаевского месторождения в границах Кинель-Черкасского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 2008. – 33 с.

119. Прохорова, Н. В. К вопросу о фоновой концентрации в почвах Самарской области / Н. В. Прохорова // Бюллетень Самарская Лука. – 2002. – № 2. – С. 145-149.

120. Прохорова, Н. В. Тяжелые металлы в почвах административных районов Самарской области / Н. В. Прохорова // Вестник СамГУ. – 2002. – Специальный выпуск. – С. 183-187. – (Серия «Естественные науки»).

121. Избранные сочинения / Д. Н. Прянишников. – М. : Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1963. – Т. 3. – С. 447-448.

122. Рабочий проект рекультивации засоленных земель в результате хозяйственной деятельности ОАО «Самаранефтегаз» на землях СПК «Новый Путь» Волжского района Самарской области. – Самара: ВолгоНИИгипрозем, 2005. – 24 с.

123. Разработка технологий биодеструкции и рекультивации грунтов, загрязненных нефтепродуктами, при проведении мероприятий по восстановлению загрязненных земель. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 2009. – 23 с.

124. Разумова, М. М. Динамические изменения pH и состава поглощенных катионов в орошаемых черноземах Заволжья / М. М. Разумова // Почвоведение. – 1977 – № 1. – С. 81-88.

125. Ремезов, Н. П. Почвы их свойства и распространение. – М. : Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства просвещения РСФСР, 1952. – 270 с.

126. Роде, А. А. Почвоведение. – М. ; Л. : Гослесбумиздат, 1955. – 524 с.

127. Рябов, В. Д. Химия нефти и газа. – М.: Издательство «Техника» ; ТУМА ГРУПП, 2004. – 288 с.

128. Саксонов, М. А. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли / М. А. Саксонов, А. Д. Абалаков, Л. В. Данько [и др.] // Физико-химические и биологические методы. – Иркутск, 2005. – 114 с.

129. Сангаджиева, Л. Х. Химический состав пластовых вод и их влияние на загрязнение почвы / Л. Х. Сангаджиева, Д. Э. Самтанова // Геология, география и глобальная энергия. – 2013. – №3(50). – С. 168-178.

130. Сокаев, К. Е. Транслокация тяжелых металлов в системе почва-растение / К. Е. Сокаев, В. В. Бестаев, К. Х. Бясов, Р. М. Сокаева // Агрохимический вестник. – 2004. – № 2. – С. 16-18.

131. Сокаева, Р. М. Проблема экологического нормирования биогеоценозов / К. Е. Сокаев, Р. М. Сокаева // Агрохимический вестник. – 2009. – № 4 – С. 6-8.

132. Солнцева, Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов / Н. П. Солнцева. – М. : МГУ, 1998. – 376 с.

133. Соловьев, А. Я. Оптимизация состава инвертных эмульсий для первичного вскрытия продуктивных пластов / А. Я. Соловьев, Н. З. Байбулатова, Г. О. Голубев // Сб. науч. тр. III Конгресса нефтегазопромышленников России. – Уфа : Реактив, 2001. – С. 56-57.

134. Ступин, Д. Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления : учеб. пособие. – СПб. : Лань, 2009. – 432 с.

135. Смуров, С. И. Оценка различных видов культур и их сочетаний в качестве парозанимающих сидератов / С. И. Смуров, Т. В. Попова // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 11. – С. 74-75.

136. Соколов И. А. Основные законы почвообразования //100 лет генетического почвоведения : сборник статей / отв. ред. В. А. Ковда, В. В. Егоров. – Москва : Наука, 1986. – С. 126-136.

137. Тайчинов, С. Н. Почвоведение. – М. : Колос, 1964. – 367 с.

138. Технический отчет по корректировке материалов почвенного обследования колхоза «Новый Путь» Волжского района Куйбышевской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1985. – 24 с.

139. Технический отчет по почвенно-мелиоративному обследованию участков сельскохозяйственных земель, загрязненных в результате влияния деятельности НГДУ «Богатовскнефть» на землях СХПК «Новый Путь» Волжского района Самарской области. – Самара : ВолгаНИИгипрозем, 2003. – 34 с

140. Технический отчет по почвенному обследованию земель с целью создания государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения колхоза «Аврора» Сергиевского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 2003. – 17 с.

141. Технический отчет по почвенному обследованию земель с целью создания государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения Волжского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 2003. – 25 с.

142. Технический отчет по почвенному обследованию земель с целью создания государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения

Кинель-Черкасского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 2003. – 20 с.

143. Технический отчет по почвенному обследованию земель с целью создания государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения по Самарской области. – Самара : «ВолгоНИИгипрозем», 2004. – 28 с.

144. Технический отчет по почвенному обследованию земель с целью создания государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения Сергиевского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 2003. – 19 с.

145. Технический отчет по почвенному обследованию земель с целью создания государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения в СХПК «Новый Путь» Волжского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 2003. – 16 с.

146. Технический отчет по стартовому состоянию пахотных земель на 1991 год сельскохозяйственных предприятий Сергиевского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1992. – 19 с.

147. Технический отчет по почвенному обследованию земель с целью создания государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения Шенталинского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 2003. – 33 с.

148. Технический отчет по стартовому состоянию пахотных земель на 1991 год по совхозу «Неприк» Борского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1992. – 69 с.

149. Технический отчет по корректировке материалов почвенного обследования на землях СХПК «Восток» Кинель-Черкасского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1999. – 16 с.

150. Технический отчет по стартовому состоянию пахотных земель на 1991 год по СХПК «Восток» Кинель-Черкасского района Самарской области. – Самара, ВолгоНИИгипрозем, 1992. – 31 с.

151. Технический отчет по корректировке материалов почвенного обследования на землях СХПК «Рассвет» Кинель-Черкасского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1999. – 21 с.

152. Технический отчет по стартовому состоянию пахотных земель на 1991 год по СХПК «Рассвет» Кинель-Черкасского района Самарской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1992. – 33 с.

153. Торжевский, В. И. Влияние обработки почвы на микрофлору / В. И. Торжевский // Земледелие. – 1983. – № 11. – С. 16-17.

154. Трофимов, С. Я. Влияние нефти на почвенный покров и проблема создания нормативной базы по влиянию нефтезагрязнения на почвы / С. Я. Трофимов, Я. М. Аммосова, Д. С. Орлов [и др.] // Вестник Московского университета. Почвоведение. – 2000. – № 2. – С. 30-34.

155. Трофимов, С. Я. Изменение свойств почв под влиянием нефтяного загрязнения / С. Я. Трофимов, М. С. Розанова // Деградация и охрана почв. – М. : Изд-во МГУ, 2002. – С. 359-373.

156. Тюленева, В. А. К вопросу исследования фильтрации нефти в почвах / В. А. Тюленева, В. А. Соляник, И. В. Васькина, В. С. Шалугин // Экологическая безопасность. Вестник КДПУ. – 2006. – № 2 (37). – С. 110-112.

157. Фокин, А. Д. Почва, биосфера и жизнь на земле. – М. : Наука, 1986. – 176 с.

158. Хазиев, Ф. Х. Влияние нефтепродуктов на биологическую активность почв / Ф. Х. Хазиев, Е. И. Тишкина, Н. А. Киреева // Биологические науки. – 1988. – № 10 – С. 93-99.

159. Хазиев, Ф. Х. Экология почв Башкортостана / Ф. Х. Хазиев. – Уфа : АН РБ, Гилем, 2012. – 312 с.

160. Холзаков, В. М. О дифференциации пахотного слоя по плодородию при различных системах обработки почвы // Науч. тр. Всеросс. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2001. – С. 94-104.

161. Храмов, А. В. Урожай семян горчицы белой Луговская при различных сроках сева / А. В. Храмов, В. Т. Воловик, С. Е. Медведева // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы X Международного симпозиума. – М. : РУДН, 2013. – Т. II. – С. 257-260.

162. Цуриков, А. Т. Почвоведение. – М. : Агропромиздат, 1986. – 287 с.

163. Черноземы: свойства и особенности орошения / В. П. Панфилов, И. В. Слесарев, А. А. Сеньков [и др.]. – Новосибирск : Наука, Сиб. отделение, 1988. – 253 с.

164. Черноземы СССР (Поволжье и Предуралье). – М. : Колос, 1978. – 303 с.

165. Чернякова, Г. И. Кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Самарской области / Г. И. Чернякова, О. В. Горшкова, Н. М. Троц // Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов : II Международная научно-техническая интернет-конференция : сборник научных трудов / под общей редакцией И. А. Басовой. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2017. – 670 с.

166. Чертес, К. Л. Интенсивная биотермическая обработка шламовых отходов нефтяного комплекса / К. Л. Чертес, Д. Е. Быков, О. В. Тупицына [и др.] // Экология и промышленность России. – 2010. – № 3. – С. 36-39.

167. Шашко, Д. И. Агроклиматические ресурсы СССР. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1985. – 247 с.

168. Шамраев, А. В. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды / А. В. Шамраев, Т. С. Шорина // Вестник ОГУ. – 2009. – № 6 (100). – С. 642-645.

169. Шейнфельд, С. А. Правовое регулирование поиска, разведки и добычи полезных ископаемых в ФРГ // Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для нефтедобывающего сектора / Отв. редакторы С. А. Шейнфельд, П. В. Касьянов. – М., 2015. – 274 с.

170. Шрамко, Н. И. Влияние севооборотов на плодородие дерново-подзолистых почв Верхневолжья / Н. И. Шрамко // Владимирский земледелец. – 2010. – № 2. – С. 14-15.

171. Щербаков, А. П. Почвоведение с основами растениеводства / А. П. Щербаков, Н. А. Протасова, А. Б. Беляев, Л. Д. Стахурлова. – Воронеж : Изд-во Воронежского ун-та, 1996. – 236 с.

172. Яковлев, А. С. Оценка и нормирование экологического состояния почв в зоне деятельности предприятий металлургической компании «Норильский никель» / А. С. Яковлев, И. О. Плеханова, С. В. Кудряшов, Р. А. Аймалетдинов // Почвоведение. – 2008. – № 6. – С. 737-750.

173. Якуцени, С. П. Распространенность углеводородного сырья, обогащенного тяжелыми элементами-примесями. Оценка экологических рисков / С. П. Якуцени. – СПб. : Недра, 2005. – 370 с.

174. Ященко И. Г. Тяжелые ванадиевоносные нефти России / И. Г. Ященко // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321, № 1. – С. 105-111.

175. Bauer, I. Vertikale Bilanzierung von Schwermetallen in Boden / I. Bauer, J. Bor // Schwermetalle in Boden – geogene und anthropogene

Anteile. Teil 2. UBAForschungsbericht 107 01 001/02. – Berlin : Umweltbundesamt, 1993. – P. 643-654.

176. Bauer, I. Hinter-grundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. – 3 überarbeitete und ergänzte Auflag. – Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz LABO, 2003. – P. 1681-1693.

177. Claussen, T. Problematische Schwermetallgrenzwerte in der Umwel-tzeichen-vergaberichtlinie fur Komposterzeugnisse // Wasser und Boden. – 1997. – №3/89. – P. 627-637.

178. Dushenkov, S. M. Phytoremediation: a novel approach to an old problem / S. M. Dushenkov, Y. Kapulnik, M. Blaylock // Global Enviromental Biotechnology / Ed. Wise D.L. – Amsterdam : Elsevier Science B.V., 1997. – P. 563-572.

179. Hackenberg, S. Schadstoffeintrage in Boden durch Wirtschafts- und Mineraldunger, Komposte und Klarschlamm sowie durch atmospharische Deposition / S. Hackenberg, H. R. Wegener // Regionale Frachtenmodelle zur Bewertung relevanter Schadstoffeintrage. – Witzenhausen, 1999.

180. Joneck, M. Inventur organischer Schadstoffe in Boden Bayerns / M. Joneck, R. Prinz. – Bayerisches Geologisches Landesamt, 1993. – P. 22-34.

181. Kuhnen, V. Schwermetallbilanzen verschiedener Betriebstypen: Eintragswege, Flusse, Minderungspotential / V. Kuhnen, H. E. Goldbach. – Bonn : Universitat Bonn, 2004. – S.118-213.

182. Rocha, C. Enhanced oil sluge bioremediation by a biosurfactant isolated from Pseudomonas aeruginosa USB-CS1 / C. Rocha, C. Infante // Global Impacts Applied Microbiology and Biotechnology : 10th International Conference. – Elsinore. – 1995. – P. 115.

183. Ruppert, H. Schwermetallgehalte in Boden des Donautales / H. Ruppert, F. Schmidt, M. Joneck [et al.] // GLA-Fachberichte 4. – Hrsg. Bayerisches Geologisches Landesamt, 1988. – P. 569-583.

184. Wulf, S. Untersuchung der Emission direkt und indirekt klimawirksamer Spurengase (NH3, N2O und CH) wahrend der Lagerung und nach der Ausbringung von Kofermentationsruckstanden sowie Entwicklung von Verminderungsstrategien / S. Wulf, J. Clemens // Bonner Agrikulturchemische Reihe 16. – 2003. – P. 243-250.

185. Zauner, G. Schwermetalle in Boden – Prognose der Mobilitat von Cadmium und Zink / G. Zauner, L. Monn, K. Stahr, H. G. Brod // VDLUFA-Schriftenreihe 52. – 1999. – P. 521-524.

Алфавитно-предметный указатель

А
Абсорбция 66
Ауксин 40
Б
Биогенные элементы 31
Биогумус 32
Биологизированные севообороты 35
Биологически активные добавки (БАД) 37
Биоремедиация 29
Браунит 44
Г
Галенит 39
Галмей 40
Гаусманит 44
Гидролитическая кислотность 9, 10, 11
Гринокит 37
Гуминовые кислоты 5, 35
Гумификация 7, 35
Д
Деградация 7, 16, 18
Дегумификация 7
Дожимные насосные станции (ДНС) 14
Е
Емкость катионного обмена 6
З
Засоление 7, 20, 21, 24, 53, 120, 127
Земли сельскохозяйственного назначения 4, 5, 22, 24, 27, 120, 128
И
Иллювиальный горизонт 63
К
Кадаверин 20
Кадмоселит 37
Карбоангидраза 40
Каролит 43
Кларк 101
Кобольтин 42
Коэффициенты корреляции 66, 67, 102
Ксантохроит 37
Куприт 41
Кусты скважин (КС) 14, 49, 51, 54
М
Малахит 41
Медный колчедан 41
Металлотоксиканты 63, 64, 68, 69
Микроэлементы (МЭ) 6, 11, 43, 102
Миметит 39
Н
Нефтегазоносный бассейн (НГБ) 14
Нефтедобывающая промышленность 9
Нефтеперерабатывающий завод (НПЗ) 14, 16
Нефть 7, 13, 14, 16, 17, 20, 28, 29, 30, 31, 54, 57, 76
О
Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) 23, 24
Орошение 7, 41
Отавит 37
П
Пестициды 7, 25, 40, 43, 101
Пиролюзит 44
Пироморфит 39
Плодородие 6, 7, 8, 12, 16, 26, 30, 34, 35, 49, 71, 96, 106, 110, 115, 118, 120
- потенциальное 8
- эффективное 8

Показатели плодородия 7
- агрохимические 7
- агрофизические 7
- биологические 7
- экологические 7
Почва 5
Предельно-допустимая концентрация (ПДК) 22, 23, 61, 63, 64, 68, 69, 101, 103, 119, 128
Путресцин 20
Р
Рекультивация 25, 27, 30, 34, 99
Родонит 44
С
Сельскохозяйственные угодья 4, 8, 50, 70, 71, 99, 127
Сидераты 34, 35, 36, 109, 110, 124
Сорбент 28, 29, 30, 33, 105
Сорбция 29
Степень насыщенности основаниями 6, 9, 10
Сумма поглощенных оснований 6, 9, 10
Т
Теплоэнергетическая станция (ТЭС) 14
Термическая десорбция 33
Транспирация 5, 38
Тяжелые металлы (ТМ) 8, 39, 67, 106
Тяжелые нефти 14
У
Углеводороды (УВ) 12, 13
Установки первичной подготовки нефти (УППН) 16
Ф
Фиторемедиация 29
Фитотоксичность 42, 44
Фитомелиорация 33
Фоновое количество (ФОН) 66, 67, 78, 82, 84, 87, 96, 107, 109, 111
Х
Химическая мелиорация 106
Ц
Церуссит 39
Цинковая обманка 40
Э
Эколого-экономический ущерб 115, 118
Экстракция 29
Энергетический коэффициент (энергоотдача) 120
Эрозия 7
Эссенциальные элементы 99

Научное издание

Горшкова Оксана Васильевна
Троц Наталья Михайловна
Чернякова Галина Игнатьевна
Прохорова Наталья Владимировна
Троц Василий Борисович
Ахматов Дмитрий Александрович

Рекультивация нефтезагрязненных черноземов Среднего Поволжья

Монография

Подписано в печать 22.12.2020. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 8,66, печ. л. 9,31.
Тираж 500. Заказ №237.
Отпечатано с готового оригинал-макета в редакционно-издательском отделе ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Землеустройство, почвоведение и агрохимия»

В. Г. КУТИЛКИН

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2021

УДК 631.5 (07)
ББК 40.3
К95

Кутилкин, В. Г.

К95 Агроэкологическая оценка земель : методические указания. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 55 с.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль «Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов». В учебном издании рассмотрены вопросы ландшафтно-экологического анализа территории, агроэкологической оценки почвенных условий, фитосанитарной и санитарной оценки земель, оценки земель, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами, а также геоинформационного обеспечения агроэкологической оценки земель.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2021
© Кутилкин В.Г., 2021

Предисловие

Для разработки и освоения адаптивно-ландшафтных систем необходима адекватная система агроэкологической оценки земель.

Агроэкологическая оценка земель осуществляется в соответствии с биологическими требованиями сельскохозяйственных культур к условиям произрастания, их средообразующим влиянием и агротехнологиями. Эти условия сопоставляются с агроэкологическими параметрами первичных земельных участков (элементарных ареалов – ЭАА), на основании чего делается вывод о степени пригодности их использования под ту или иную культуру.

Методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Агроэкологическая оценка земель» составлены в соответствии с требованиями основной профессиональной образовательной программы подготовки студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, программа магистратуры «Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов», а также рабочей программы дисциплины.

Цель методических указаний – способствовать формированию навыков самостоятельного обучения и самоконтроля. Методические указания освещают теоретические вопросы методологии и методик определения агроэкологической оценки земель. В методических указаниях изложены методики и техника проведения лабораторных работ, дан перечень рекомендуемой литературы.

В процессе выполнения заданий, предложенных в методических указаниях, обучающийся должен овладеть *компетенциями* связанными со способностью разработать экологически безопасные адаптивно-ландшафтные системы земледелия для сельскохозяйственных предприятий, готовностью применять разнообразные классические и инновационные подходы к моделированию и проектированию систем защиты растений, приемов и технологий производства продукции растениеводства, воспроизводству плодородия почв.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, программе магистратуры «Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов».

Лабораторная работа 1.
Ландшафтно-экологический анализ территории

Цель: изучить агрооценку ландшафтно-экологических условий.

Основные понятия ландшафта и агроландшафта. *Природный ландшафт – геосистема наименьшей региональной размерности, состоящая из взаимосвязанных генетически и функционально локальных геосистем, сформировавшихся на единой морфоструктуре в условиях местного климата.*

Агроландшафт – это геосистема, выделяемая по совокупности ведущих агроэкологических факторов (определяющих применение тех или иных систем земледелия), функционирование которой происходит в пределах цепи миграции вещества и энергии. С точки зрения агроэкологической типологии земель агроландшафт соответствует агроэкологической группе земель.

Первичная структурная единица агроландшафта включает одну или несколько фаций составляющих единое целое с точки зрения земледельческого использования. В качестве таковой рассматривается элементарный ареал агроландшафта (ЭАА), который представляет собой участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарной почвенной структурой (реже – элементарным почвенным ареалом) при одинаковых геологических и микроклиматических условиях.

Наиболее значимыми природными условиями, определяющими функционирование ландшафтов, являются рельеф, литология, климат, влияние грунтовых вод, растительность, почвенный покров. Их агроэкологическая оценка составляет основной предмет ландшафтного анализа, который проводится по отношению к каждому ЭАА.

Геоморфологические условия. *Абсолютная высота над уровнем моря.* На каждые 100 м высоты атмосферное давление снижается на 6-9 мм, температура на 0,5-0,6 °С, а количество осадков увеличивается на 10-12% по сравнению со средней суммой осадков на равнине.

Классификация форм рельефа. Макрорельеф – крупные формы земной поверхности, занимающие обширные площади и определяющие их общий облик (равнины, горные системы, низменности). *Мезорельеф* – средние формы земной поверхности, занимающие

площади в сотни и тысячи квадратных метров с колебаниями относительных высот 1-100 м и более. При расчленении территорий в системе междуречий выделяются следующие элементы мезорельефа: водоразделы, склоны, подошвы склонов, шлейфы склонов, днища межсклоновых западин, днища оврагов и балок, террасы, уступы и склоны террас. К категории мезорельефа относятся и крупные элементы суходольной гидрографической сети – лощины, балки. *Микрорельеф* – мелкие формы земной поверхности, занимающие незначительные площади (единицы – сотни м2) с колебаниями относительных высот до 1 (иногда до 1,5) м. Микрорельеф перераспределяет тепло и влагу на небольших расстояниях, является основным фактором дифференциации почвенного покрова. Основные формы микрорельефа: мелкие плоские понижения на равнинах (блюдца, западины, конические воронки, просадочные трещины), чаши, ямы выдувания, котловины, муравейник, кротовины, валки, гривки, полигоны, бугры, солифлюкационные террасы, кочки, прикорневые повышения, струйчатые размывы, ложбины и др.).

Элементы гидрологической сети. *Гидрографической сетью* называют сеть понижений, по которым осуществляется сток поверхностных вод. *Ложбина* – верхнее звено гидрографической сети, примыкающее к наиболее высоким частям водосборов, имеет глубину 0,5-2 м, склоны не круче 8°. *Лощина* отличается от ложбины более резкими очертаниями, глубиной и крутизной склонов от 8 до 15°. *Балка* – вытянутая впадина, отделенная от присетевого склона хорошо выраженной бровкой. Глубина балок 6-20 м, ширина 60-200 м, крутизна склонов 10-15° и более. *Водороины* – размывы почвы глубиной 0,2-0,6 м, которые заглаживаются при пахоте. *Промоины* – размывы глубиной 0,5-3 м, шириной 5-8 м, они непроходимы для сельскохозяйственной техники.

Оценка расчленённости территории проводится по отношению к составляющим её группам земель. Для оценки потенциального развития линейной эрозии используют глубину местных базисов эрозии. *Базис эрозии* – уровень, ниже которого не может идти эрозия. Степень повреждения территории современными формами линейной эрозии характеризуется коэффициентами расчлененности территории оврагами, овражности и плотности оврагов. *Коэффициент расчленённости территории оврагами* – суммарная протяженность оврагов на 1 км^2 площади.

Классификация склонов. Важнейшими характеристиками рельефа, от которых зависят микроклиматические и геохимические условия ЭАА, сток и эрозия, являются крутизна, форма, экспозиция, длина склонов и их расчлененность.

Крутизна склонов играет важную роль в формировании стока. При уклоне 3-5° сильно развиваются эрозионные процессы. Использование таких земель в пашне должно осуществляться в системе противоэрозионных мероприятий с исключением пропашных культур. При уклонах 5-8° практикуются почвозащитные севообороты. Склоны круче 8° используются в основном как сенокосно-пастбищные угодья.

В земледелии принято следующая классификация склонов по крутизне:

Типы склонов выделяют по форме поперечного профиля, определяющего форму водосбора: I – прямые, II – рассеивающие, III – собирающие; подтипы (в типах II и III) по параллельности горизонталей: 1 с параллельными горизонталями (с одинаковой крутизной), 2 – с непараллельными горизонталями; виды по форме продольного профиля: А – продольно-прямые, Б – продольно-вогнутые, В – продольно-выпуклые; разновидности по характеру поверхности в зависимости микрорельефа: бугристые, ровные, мелколожбинные и т. д.

Экспозиция склона оказывает значительное влияние на микроклиматические условия и интенсивность смыва почвы.

Длина склона – расстояние от водораздела до бровки гидрографической сети по линии наибольшего уклона.

Литологические условия. Характеристика литологических условий ЭАА включает мощность различных отложений; гранулометрический состав и его преобладающие фракции, скелетность, каменистость; химические и физические свойства (карбонатность, гипсоносность, засоленность, оглеение, плотность, пористость, водопроницаемость, влагоемкость, водоудерживающая способность, водоподъёмная способность).

Гидрогеологические условия. Для каждого ЭАА оцениваются следующие показатели:

- *глубина залегания грунтовых вод*, которая оказывает влияние на почвообразование, водный режим и влагообеспеченность почв. Залегание пресных грунтовых вод выше 80 см неблагоприятно для полевых культур и большинства трав, на уровне 80-100 см – благоприятно для большинства трав, малины, смородины, овса,

гороха, но исключает возделывание плодовых культур; 100-120 см – оптимальна для большинства полевых культур, но неблагоприятна для плодовых насаждений 120-140 см – оптимальна для косточковых плодовых культур и винограда; 140-200 см – оптимальна для семечковых плодовых, теплолюбивых косточковых;

- *глубина залегания минерализованных грунтовых вод* оценивается исходя из относительного снижения урожайности многолетних насаждений;

- *проточность грунтовых вод* оказывает благоприятное действие на растения, так как в этих условиях они не испытывают экологического переувлажнения при расположении корней в зоне капиллярной каймы благодаря достаточной обеспеченности кислородом и отсутствию условий накопления токсических продуктов анаэробиозиса в почве;

- *состава грунтовых вод*, который характеризуется: pH, содержанием ионов железа, легкорастворимых солей, соды, натрия;

- *поёмность*, которая оценивается по следующим параметрам: периодичность затопления, сроки и длительность затопления, температура поемной воды. Короткая поёмность (до 7 дней) позволяет возделывать большинство культур, средняя (7-15 дней) – исключает возделывание озимых культур, благоприятна для трав и большинства плодовых насаждений; продолжительная (15-30 дней) – исключает полевые культуры и плодовые, благоприятна не для всех трав; очень продолжительная (более 30 дней) – способствует заболачиванию территории и развитию травянистых группировок.

Агроклиматические условия. **Солнечная радиация, ФАР.** Суммарная солнечная радиация, приходящая на горизонтальную поверхность, приводится в справочниках по климату.

Фотосинтетически активная радиация (ФАР) (световые лучи длиной волны 0,38-0,71 мкм) – усваиваемая растениями часть солнечной энергии.

Коэффициент использования ФАР (КПД ФАР) – часть ФАР, используемая для фотосинтеза. ПО А.А. Ничипоровичу, посевы культур по использованию ФАР разделяют на группы: обычные – 0,5-1,5%, хорошие – 1,5-3,0, рекордные – 3,5-5,0, теоретически возможные – 6-8 %.

Теплообеспеченность земель. Для оценки температурного режима применяют характеристики, дающие представление об общем количестве тепла за год и отдельные периоды, о годовом

и суточном ходе температуры: сумму температур, средние суточные, средние месячные, средние суточные, средние месячные, средние годовые температуры, максимальные и минимальные температуры, амплитуды суточного хода температуры.

Для характеристики тепловых процессов необходимо также использовать обеспеченность сумм активных температур. Принято считать обеспеченность теплом в 80-90% хорошей. При обеспеченности 50-70 % необходимы применять меры по улучшению термических условий. При обеспеченности культуры теплом менее 50 % её возделывание не имеет смысла.

Особое значение имеет оценка вероятности повреждения сельскохозяйственных культур заморозками. Она необходима для расчётов сроков сева, рационального размещения наиболее теплолюбивых культур, определения вероятности и предупреждения гибели всходов полевых культур, цветков и завязей.

Оценка условий перезимовки растений. Перезимовка растений зависит от их состояния осенью, температурных условий и высоты снежного покрова. Неблагоприятно сказываются на состоянии зимующих культур, особенно озимых зерновых, резкие колебания температуры, частые продолжительные оттепели, гололёд.

Комплексным показателем агроклиматических условий зимнего периода может служить показатель *суровости зимы К*:

—

где T_m – средний из абсолютных минимумов температур воздуха за месяц и в среднем за зимние месяцы, °С; C – средняя высота снежного покрова, см.

Малосуровые условия зимы характеризуются величинами показателя до 1, суровые – 1-3, и весьма суровые – выше 3.

Влиянию низких температур на почву зимой противостоит снежный покров, который оказывает решающее влияние на глубину промерзания. При высоте снежного покрова до 20 см зимы относят к малоснежным, 20-30 см – среднеснежным, выше 30 см – многоснежным.

Оценка влагообеспенности. Для общей характеристики влагообеспеченности наиболее часто используют коэффициент увлажнения Н.Н. Иванова (*КУ*):

где P – осадки за, мм; f – испаряемость за год, мм.

В соответствии с этим коэффициентом выделяют зоны увлажнения: *избыточно влажная* (*КУ* более 1,33) зона тундры и болот; *влажная* (*КУ* 1,33-1,00) – на подзолистых и бурых лесных почвах; *полувлажная* (*КУ* 1,00-0,77) на серых лесных почвах и лесостепных черноземах; *полузасушливая* (*КУ* 0,77-0,55) – *сухая* степь на обыкновенных черноземах; засушлива (*КУ* 0,55-0,44) – засушливая степь на южных черноземах; *очень засушливая* (*КУ* 0,44-0,33) – сухая степь на темно-каштановых и каштановых почвах; *полусухая* (*КУ* 0,33-0,22) – полупустыня на светло-каштановых почвах; *сухая* (*КУ* 0,22-0,12) – полупустыня на бурых почвах; *очень сухая* (*КУ* 0,12) – полупустыня на серо-бурых почвах.

Оценка засух. Атмосферная засуха (жаркий период без дождей с влажностью воздуха менее 35-30 %) обычно сопровождается почвенной засухой, которая проявляется в снижении запасов почвенной влаги до влажности завядания. Повторяемость засух достигает 30-40 % в лесостепи, 50-60 % в степи. Декады, в течение которых запасы продуктивной влаги в пахотном слое составляют менее 20 мм, относят к засушливым, менее 10 мм – к сухим.

Различают пять типов засух: *ранневесенняя* (начало полевых работ – июнь) – особенно опасно для яровых; *весенне-летняя* (май-июнь) – происходит задержка и неполное формирование вторичных корней; *летне-осенняя* (вторая половина лета с июля) – происходит «захват» зерновых, нарушение образования репродуктивных органов поздних культур. Неблагоприятные условия для всходов озимых иногда даже по чистым парам; *комбинированная* (в разное время вегетации, чередуясь с влажными периодами) – наименее вредна, особенно при наличии в почве достаточных запасов влаги; *устойчивая* (ранняя весна – конец июля) – поражает все полевые культуры, наносит максимальный вред.

Ветровой режим. Ветер влияет на режим основных метеорологических элементов в приземном слое растений, обуславливает дефляции, распределение снежного покрова и осадков, перенос водяного пара и тепла. Сильный ветер способствует полеганию зерновых в период колошения и созревания. Во время холодной адвекции ветер может оказаться решающим фактором повреждения органов растений. Режим ветра (направление и скорость) обя-

зательно учитывается при проектировании противодефляционных систем земледелия.

К числу опасных метеорологических явлений, связанных с ветром относят суховеи – горизонтальные потоки воздуха с повышенной температурой и низкой относительной влажностью. Вредное действие суховея на растения существенно при скорости ветра более 5 м/с, температуре выше 25 °С и относительной влажности воздуха менее 30 %.

Геохимические условия. Классификация геохимических ландшафтов. *Геохимический ландшафт – совокупность сопряженных элементарных ландшафтов, связанных определенными условиями миграции химических соединений.* По характеру миграции и аккумуляции веществ выделяют три основные категории элементарных геохимических ландшафтов:

1. *Элювиальные* (автономные, автоморфные) – геохимически независимые ландшафты, характеризующиеся выносом наиболее растворимых и подвижных соединений. Это водораздельные территории, занимающие повышенное положение и отличающиеся независимостью процесса почвообразования от грунтовых вод;

2. *Транзитные ландшафты* – это геохимически подчиненные ландшафты, в которых аккумулируются некоторые соединения, а наиболее растворимые и подвижные продукты выносятся. Это склоны приводоразделов и повышений;

3. *Аккумулятивные ландшафты* – ландшафты, прилегающие к склонам территории, аккумулирующие поверхностный и грунтовый сток. Для них характерно накопление наиболее подвижных продуктов выветривания и почвообразования, прежде всего растворимых солей.

Миграция и аккумуляция веществ в ландшафтах, геохимические барьеры. Миграция веществ осуществляется в миграционных потоках: гравитационных (под влиянием силы тяжести), эоловых, водных, биологических, биогенных (перемещением организмов по территории), антропогенных. Преобладающая роль в геохимической дифференциации территории играют водные потоки. Выделяют три типа геохимических барьеров: *биогеохимические (растительный покров, гумусовые горизонты почв, колонии микроорганизмов и др.)*, *физико-химические (восстановительные, окислительные, сульфатный, карбонатный, щелочной, испари-*

тельный, адсорбционные, термодинамические) и *механические (образуются на участках движения вод и воздуха)*.

Оценка геохимических условий ЭАА. Определяется тип элементарного геохимического ландшафта каждого ЭАА, действующие геохимические барьеры (тип, интенсивность действия, локализация). Возможность накопления или выноса соединений (прежде всего природных и искусственных токсикантов, элементов минерального питания, пестицидов), локализация горизонтов аккумуляции тех или иных веществ.

Естественная дренированность территории. Показателем естественной дренированности территорий является потенциальная величина подземного стока грунтовых вод.

Структура почвенного покрова (СПП). Под *структурой почвенного покрова* конкретной территории понимается закономерное пространственное размещение почв, связанное с литолого-геоморфологическими и геоботаническими условиями.

Первичная исходная единица почвенного покрова названа В.М. Фриландом *элементарным почвенным ареалом* (ЭПА), под которым понимается участок территории, занятый одной почвой, относящейся к классификационной единице низшего ранга. ЭПА, чередуясь в пространстве, образуют почвенные комбинации (ПК), которые и создают структуру почвенного покрова. СПП можно представить как закономерную совокупность ЭПА, представленную в виде различных почвенных комбинаций.

Классификация СПП. Выделяют шесть классов ПК:

1. *Комплексы* – микрокомбинации с регулярным (через несколько метров или десятков метров) чередованием пяте контрастно различающихся почв, взаимно обусловленных в своем развитии;

2. *Пятнистости* – микрокомбинации неконтрастных почв обусловленные микрорельефом. Ввиду меньшей контрастности они отличаются более благоприятными условиями для сельскохозяйственного производства;

3. *Сочетания* – мезокомбинации, обусловленные мезорельефом. В них регулярно чередуются крупные ареалы контрастно различающихся почв, которые могут иметь свое особое хозяйственное использование;

4. *Вариации* – мезокомбинации с чередованием мезо- и крупноконтурных ареалов неконтрастных почв с однородной генетической связью;

5. *Мозаики* – контрастные комбинации почв, обусловленные изменениями в пространстве состава и свойств почвообразующих пород;

6. *Ташеты* – неконтрастные комбинации почв, обусловленные сменой пород или различными типами растительности.

Почвенные микрокомбинации (комплексы, пятнистости, микромозаики и микроташеты) являются элементарными почвенными структурами (ЭПС).

Агроэкологическая оценка ЭПА и ЭПС. Важнейшими характеристиками структуры почвенного покрова являются *контрастность* и *сложность*. Выделяют пять степеней контрастности почв по отношению к той или иной группе культур:

- *слабоконтрастные*, принадлежащие к категориям, пригодных для использования с ограничениями, которые могут быть преодолены малозатратными мелиорациями;
- *среднеконтрастные* – с участием категорий земель, пригодных для использования с ограничениями, которые могут быть преодолены среднезатратными мелиорациями;
- *сильноконтрастные* – с участием земель, потенциально пригодных для использования после сложных высокозатратных мелиораций;
- *очень сильно контрастные* – с участием земель, мало пригодных для использования вследствие неустранимых ограничений;
- *чрезвычайно контрастные* – с участием земель, непригодных для возделывания.

Таблица 1

Классификация контрастных комбинаций по степени сложности

Балл	Комбинация	Доля неблагополучных почв, %	Степень расчленённости
1	Несложная	до 10	нет
2	Умерено сложная	10-30	умеренная
3	Сложная	10-30	высокая
4	Очень сложная	30-50	умеренная
5	Чрезвычайно сложная	30-50	высокая
Примечание. При умеренной расчлененности можно проводить выборочную мелиорацию, при высокой – нельзя.			

Сложность или пестрота почвенного покрова характеризуется частотой смены почвенных ареалов. Для практических целей, особенно мелиоративных, сложность почвенного покрова характеризуется долей благополучных почв в комплексе и количеством

контуров на единицу площади. В зависимости от этих показателей решается вопрос о выборочной или сплошной мелиорации почв комплексов. По этим условиям различают пять степеней комбинаций (табл. 1).

Задание. Ознакомиться с анализом геоморфологических, литологических, гидрогеологических, агроклиматических, геохимических, естественной дренированности территорий, структуры почвенного покрова.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под ландшафтом и агроландшафтом?
2. Какие показатели относятся к геоморфологическим условиям при агроэкологической оценке земель?
3. Какие показатели относятся к литологическим условиям?
4. Перечислите термические показатели, показатели влагообеспеченности, ветрового режима, условий перезимовки, используемые при агроэкологической оценке земель
5. Расскажите о классификации геохимических ландшафтов и геохимических барьерах.
6. Что понимают под структурой почвенного покрова, контрастностью и сложностью почвенного покрова?
7. Расскажите о классификации структуры почвенного покрова.

Лабораторная работа 2.
Агроэкологическая оценка почвенных условий

Цель: изучить основные свойства, режимы и показатели деградации почв, учитываемые при агроэкологической оценке земель.

Строение почвенного профиля. При оценке почвенных условий важно учитывать свойства не только гумусовых горизонтов, но и всего почвенного профиля до материнской породы.

Практике земледелия хорошо известна роль мощности гумусового слоя в формировании урожая. Поэтому при картографировании почв с малой мощностью гумусового горизонта принято составлять картограммы этого слоя, позволяющие правильно выбрать глубину обработки почв и тактику окультуривания этих почв. На черноземных почвах оценка корнеобитаемого слоя

проводится с точки зрения более полного использования мощности гумусовых горизонтов.

Органическое вещество почвы. Содержание и запасы органического вещества в почвах служат основными критериями оценки почвенного плодородия и экологической устойчивости почв как компонента биосферы.

Гранулометрический состав – *это соотношение в почве механических элементов разной крупности, влияет на все её свойства.*

Гранулометрический состав определяет многие стороны хозяйственного использования почв. От него зависят водопроницаемость, водоудерживающая и водоподъемная способность почв. Легкие почвы быстрее прогреваются и раньше готовы к проведению полевых работ. От соотношения механических элементов сильно зависит структурное состояние почв.

Гранулометрический состав в значительной мере предопределяет гумусовое состояние почв. В легких почвах с низкой поглотительной способностью, обедненных питательными веществами, с высокой аэрацией производится меньше органического вещества и активнее протекают процессы его минерализации.

Более низкая поглотительная способность легких почв обуславливает пониженную их буферность и соответственно резкое повышение концентрации почвенного раствора, более быстрое его подкисление под влиянием физиологически кислых удобрений.

Большинство растений отличает экологическая приуроченность к определенным категориям почв, а для некоторых она весьма специфична. Например, не выносят песчаных почв кукуруза, слива, вишня, дуб и др.

Скелетность почв (гравий размером 1-3 мм и камни, крупнее 3 мм). Наличие в почве большого количества скелетного материала приводит к ухудшению физических свойств, резкому снижению влагоемкости и обеспеченности почвы питательными веществами, увеличению затрат на механическую обработку почвы. Скелетность определяется механическими элементами крупнее 1 мм: гравием (1-3 мм) и камнями (более 3 мм).

По характеру скелетной части устанавливают тип каменистости почв: валунные, галечниковые, щебнистые.

Сложение почвы и водопроницаемость. Сложение почвы характеризуется плотностью и пористостью.

Плотность почвы – масса абсолютно-сухой почвы в единице объёма почвы со всеми пустотами. Плотность почвы в значительной мере определяет её водный и воздушный режимы, биологическую активность, непосредственно влияет на развитие корневой систем растений.

Плотность пахотного слоя почв преимущественно находится в пределах 1,1-1,4 г/см^3, однако отклонения от этих значений могут быть весьма значительными, что сильно сказывается на условиях жизни растений и почвенных организмов. Для садовых культур учитывают и плотность переходных горизонтов и почвообразующих пород.

Плотность почвы в значительной мере определяет *водопроницаемость* (способность почвы впитывать и пропускать через себя воду). Оценка водопроницаемости проводится с учётом природных и производственных условий. Важную проблему представляет оценка условий водопроницаемости почв на склонах и её регулирование, особенно в период снеготаяния, когда сток поверхностных вод происходит по мерзлой почве. Для улучшения водопроницаемости на склонах целесообразны глубокие обработки или щелевание почвы перед уходом в зиму.

Структурное состояние почв. *Структура почвы* – совокупность агрегатов различной величины, формы, пористости, механической прочности и водопрочности. К агрономически ценным относятся агрегаты размером от 0,25до 10 мм.

Наилучшие водно-воздушные свойства для засушливой степной зоны складываются при размере агрегатов от 0,25 до 3 мм, дерново-подзолистых почв при 0,5-5 мм.

Важнейшими условиями агрономической ценности в пахотном слое черноземов являются её водопрочность и пористость (более 45%). Содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое черноземов колеблется в пределах 40-60%, что определяет устойчивость сложения и оптимальные значения плотности почвы для многих культур. Уменьшение содержания водопрочных агрегатов ниже 40% отрицательно сказывается на ряде физических свойств и в первую очередь на водопроницаемости. Так, при снижении количества водопрочных агрегатов с 45-55 до 30% водопроницаемость снижается в 3 раза.

Типы водного режима почв. Выделяют шесть типов водного режима: мерзлотный, промывной, периодически промывной, непромывной, выпотный и ирригационный.

Мерзлотный тип свойствен почвам, формирующимся в условиях многолетней мерзлоты.

Промывной водный режим присущ почвам лесных зон, где годовая сумма осадков превышает испаряемость. Это приводит к выщелачиванию продуктов почвообразования.

Периодически промывной водный режим соответствует условиям, когда годовые величины осадков и испаряемости близки (оподзоленные и выщелоченные черноземы северной лесостепи). Для этого типа водного режима характерно чередование ограниченного промачивания почвенно-грунтовой толщи в обычные и засушливые годы и сквозное промачивание – во влажные.

Непромывной водный режим характерен для условий степей, полупустынь и пустынь, где годовая норма осадков меньше среднегодовой испаряемости. Почвенная толща промачивается в пределах 0,5-2,0 м.

Выпотной водный режим проявляется в степной, и особенно полупустынной и пустынной зонах при близком залегании грунтовых вод. В результате происходит интенсивное поднятие влаги по капиллярам от грунтовых вод в верхние горизонты и её испарение. При наличии в воде солей эти горизонты засоляются.

Ирригационный водный режим создается при искусственном орошении.

Оценка влагообеспеченности почв. На практике в качестве исходного критерия влагообеспеченности используют запасы продуктивной влаги в почве. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы ниже 100 мм и выше 200 мм выходят за пределы оптимальных для большинства культур. Избыточная влажность (более 250 мм) и весьма малая (менее 50 мм) отрицательно сказываются на развитии растений и их урожайности.

Данный показатель используют при определении влагообеспеченности посевов (K, мм), которую рассчитывают по формуле:

$$\frac{\quad}{\quad}$$

где W – запас продуктивной влаги в заданном слое почвы перед посевом яровых культур или возобновлением вегетации озимых, мм; P – сумма осадков за вегетационный период культуры, мм; E – суммарное водопотребление растений, мм.

Суммарное водопотребление (расход воды на испарение почвой и на транспирацию, Е, $м^3$/га) определяют по формуле:

где $У$ – урожайность, т/га; $К_в$ – коэффициент водопотребления, $м^3$, на 1 урожая.

Оценка степени заболоченности почв. Под *увлажнением почв* понимают такое их состояние, когда наступает при влажности выше предельной полевой влагоёмкости.

Присутствие признаков переувлажнения далеко не всегда свидетельствует о негативном влиянии переувлажнения на продуктивность сельскохозяйственных культур. Существуют почвы несущие чёткие признаки гидроморфизма и, вместе с тем, обладающие вполне благоприятными условиями для роста и развития растений, для получения близких или более высоких урожаев по сравнению с автоморфными почвами. Поэтому из общей группы полугиморфных почв выделяют *заболоченные почвы*, то есть такие почвы, в которых застой влаги любого происхождения столь продолжителен, что вызывает угнетение или гибель сельскохозяйственных растений. В этом случае необходимы специальные меры по их использованию, подбор культур, регулирование водного режима с помощью мелиоративных, агромелиоративных и других мероприятий.

Окислительно-восстановительное состояние почв. Для количественного выражения этого состояния почв используют окислительно-восстановительный потенциал (ОПВ). Диапазон приемлемых для жизнедеятельности растений *Eh* находится в пределах 550-750 мВ для дерново-подзолистых почв, 400-600 для чернозёмов, 350-400 м для сероземов. Падение потенциала до 320 мВ вызывает развитие процессов денитрификации, потенциал 200 мВ и ниже свидетельствует о глубоком анаэробиозисе в почве.

Емкость катионного обмена почв (ЕКО). С ёмкостью поглощения катионов связана способность почвы удерживать в обменном состоянии катионы, в том числе и важные элементы питания ($К^+$, $NH4^+$, Ca^{2+}, Mg^{2+}). Состав поглощенных оснований определяет многие физико-химические и физические свойства почв.

С ёмкостью катионного обмена связывается устойчивость к антропогенным воздействиям. В частности к химическому загрязнению.

Кислотно-основная характеристика почв. Реакция почвы обусловлена соотношением в почвенном растворе водородных

и гидроксильных групп. Различают почвы: очень сильнокислые – $pH_{сол} < 4,0$; сильнокислые – 4,1-4,5; среднекислые – 4,6-5,0; слабокислые – 5,1-5,5; нейтральные – 5,6-7,4; слабощелочные – $pH_{вод}$ – 7,5-8,5; сильнощелочные – 8,5-10,0 и резкощелочные – 10,1-12,0. Реакция почвы оказывает разностороннее влияние на свойства почв и растения.

Негативное влияние повышенной кислотности на растения проявляется через недостаток Ca^{2+}, Mn^{2+}, H^{+}, изменение доступности для растений элементов питания, ухудшение физических свойств почвы, снижение её биологической активности. В кислых почвах повышается растворимость соединений железа, марганца, алюминия, бора, меди, цинка. При избытке этих элементов продуктивность растений снижается. Высокая кислотность понижает доступность молибдена. Усвояемость фосфора максимальная при pH 6,5, в более кислой, как в щелочной, среде она снижается. Кислая среда угнетающе действует на процессы аммонификации, нитрификации, фиксации азота из воздуха, ухудшая азотный режим почвы оптимальные условия для развития микрофлоры, определяющей эти процессы, лежат в пределах 6,5-8,0.

На щелочных почвах ухудшается фосфатный режим, возникает дефицит некоторых микроэлементов (Zn, Fe, Mn, Cu). При высокой щелочности ухудшаются физические свойства почв. Сильнощелочная реакция неблагоприятна для большинства растений.

Карбонатность почв. В карбонатных почвах содержится повышенное количество Ca^{2+} и HCO_3^-, что определяет их слабощелочную реакцию. В таких почвах быстрее осуществляется минерализация органического вещества и высвобождается азот в минеральных формах. Фосфаты, железо, марганец, тяжелые металлы менее доступны, чем в кислых почвах. Присутствие в почвенных растворах большого количества кальция затрудняет усвоение некоторых элементов питания, создавая их недостаток для растений. Недостаток усвояемого железа в карбонатных почвах может вызвать хлороз у растений.

Засолённость почв. К засолённым относятся почвы, содержащие в своем составе легкорастворимые соли в токсичных для сельскохозяйственных растений количествах. Они оказывают отрицательное воздействие на растения в результате повышения осмотического давления почвенных растворов и токсичного действия отдельных ионов, а также косвенное влияние через изменение

физико-химических, биологических и других свойств почв. Наибольший токсический эффект проявляет сода, затем хлориды, далее бикарбонаты натрия и магния и затем сульфаты натрия и магния. Гипс, так же как и карбонат кальция не вреден, однако присутствие его в больших количествах приводит к понижению плодородия почвы.

Солонцеватость почв. Это качество почв обусловлено повышенным содержанием обменного натрия или последствиями его пребывания в ППК. Пептизация ППК под воздействием ионов натрия приводит к тому, что они очень плотны в сухом состоянии и расплываются в бесструктурную клейкую и вязкую массу при увлажнении. Вследствие сильной вязкости солонцы очень долго не просыхают, а после высыхания снова становятся плотными и плохо впитывают осадки. Высокая плотность солонцовых горизонтов в сухом состоянии и вязкость во влажном препятствует нормальной механической обработке их, затрудняют проникновение корней растений и влаги в нижележащие горизонты, резко ухудшая водный и воздушный режимы почв.

Обеспеченность почв элементами питания. Оценка обеспеченности элементами минерального питания проводится с использованием общепринятых методик для различных типов почв (табл. 2-4).

Таблица 2

Обеспеченность почв легкогидролизуемым азотом, мг/100 г почвы

Оценка обеспеченности	pH менее 5			pH5-6			pH более 6		
	З*	К	О	З*	К	О	З*	К	О
Очень низкая	< 4	< 5	< 6	< 3	< 4	< 5	< 3	< 4	< 5
Низкая	4-5	5-7	6-10	3-4	4-6	5-8	3-4	4-5	5-7
Средняя	5-7	7-10	10-14	4-6	6-8	8-12	4-5	5-7	7-10
Высокая	> 7	> 10	> 14	> 6	> 8	> 12	> 5	> 7	> 10
*для культур: З-зерновых, К- картофеля и кормовых корнеплодов, О-овощных									

Таблица 3

Обеспеченность почв обменным калием, мг/100 г почвы

Оценка обеспеченности	По Кирсанову	По Масловой	По Чирикову	По Мачигину
Очень низкая	< 4	< 5	< 2	< 5
Низкая	4-8	5-10	2-4	5-10
Средняя	8-12	10-15	4-8	10-20
Повышенная	12-17	15-20	8-12	20-30
Высокая	17-20	20-30	12-18	30-40
Очень высокая	> 20	> 30	> 18	> 40

Таблица 4

Обеспеченность почв подвижным фосфором, мг/100 г почвы

Оценка обеспеченности	Культуры		
	Зерновые, зернобобовые	Кормовые корнеплоды, картофель	Овощи, технические культуры
Вытяжка Кирсанова			
Очень низкая	< 3	< 8	< 15
Низкая	3-8	8-15	15-20
Средняя	8-15	15-20	20-30
Высокая	> 15	> 20	> 30
Вытяжка Чирикова			
Очень низкая	< 2	< 5	< 10
Низкая	2-5	5-10	10-15
Средняя	5-10	10-15	15-20
Высокая	> 10	> 15	> 20
Вытяжка Мачигина			
Очень низкая	Зерновые	Кормовые корнеплоды, картофель	Овощи, технические культуры
	< 1,0	< 1,5	< 3,0
Низкая	1,0-1,5	1,5-3,0	3,0-4,5
Средняя	1,5-3	3,0-4,5	4,5-6,0
Высокая	> 3,0	> 4,5	> 6,0

Оценка биологической активности почв. Биогенность почвы определяется путем прямого подсчёта численности микроорганизмов, микроводорослей, микро- и мезофауны. Различные физиологические и таксономические группы бактерий, грибов и актиномицетов учитываются путём посева почвенных образцов на элективные питательные среды.

Оценка биологической активности проводится по интегральным показателям, среди которых наибольшее распространение получили методы определения «дыхания» по интенсивности выделения CO_2, нитрификационной способности, азотфиксирующей и целлюлозоразлагающей активности.

Для характеристики биологических процессов трансформации органического вещества определяют активность ферментов в почве: оксиредуктазы (дегидрогеназа, полифенолоксидаза, пероксидаза, каталаза, нитратредуктаза) и гидролазы (инвертаза, амилаза, целлюлаза, уреаза, протеаза, фосфатаза).

Окультуренность почв. Под окультуриванием почвы понимают преобразование её свойств в соответствии с агроэкологическими

требованиями конкретной культуры или группы культур. На глинистых и суглинистых материнских породах по степени окультуренности почвы подразделяют на три категории: освоенные, окультуренные, сильноокультуренные (культурные).

К *освоенным* относятся почвы, вовлеченные в активный сельскохозяйственный оборот и используемый при низком уровне агротехники, малых дозах органических и минеральных удобрений, недостаточном известковании или без него.

Окультуренные дерново-подзолистые почвы формируются в условиях высокой агротехники (соблюдение севооборотов, регулярное внесение органических и минеральных удобрений, известкование).

Культурные дерново-подзолистые почвы формируются в условиях длительного и интенсивного окультуривания при регулярном внесении больших количествах навоза и систематическом известковании почвы.

Оценка эрозионной опасности и эродированности почв. Основные деструктивные процессы в почвах, их физическая деградация связаны в первую очередь с проявлением водной и ветровой эрозией. При этом важно оценить наряду с фактической эродированностью почв и потенциальную подверженность их эрозионным процессам.

С увеличением степени эродированности ухудшаются агрономические свойства почв. В результате эрозии снижается содержание гумуса, повышается плотность почвы, снижаются порозность, влагоёмкость, водопроницаемость, запасы продуктивной влаги, уменьшается биогенность. С ухудшением агрофизических свойств еще более возрастает подверженность эрозии, которая может привести к полной потере гумусового горизонта.

Диагностика почв по степени эродированности осуществляется по уровню потери гумуса или отчуждения верхнего гумусового горизонта в соответствии с методиками, разработанными для различных типов и подтипов почв.

Почвоутомление, оценка фитотоксичности почвы и фитосанитарного состояния. *Почвоутомление* – природное явление, обусловленное многими причинами (односторонний вынос питательных веществ, распространение вредителей, болезней, сорняков и микроорганизмов, ухудшение водно-физических свойств почвы и др.), большинство из которых можно устранить за счёт применения

удобрений, пестицидов, агротехники, севооборотов. Почвоутомление проявляется не только при бессменной культуре, но и при чередовании сходных по биологии культур или высокой насыщенности севооборотов культурами одной биологической группы. Для установления токсичности почвы используются в качестве теста реакции проростков высокочувствительных растений (кресс-салат, редис, горох и др.).

Плодородие почвы в значительной степени определяется *фитосанитарным состоянием* почвы, т. е. чистотой почвы от сорняков, вредителей, болезнетворных начал, а также токсических веществ, выделяемых растениями, ризосферной микрофлорой и продуктами разложения. Фитотоксичность почвы обусловлена накоплением физиологически активных веществ, среди которых присутствуют фенольные соединения, органические кислоты, альдегиды, спирты и др. совокупность этих веществ получила название колинов, состав и концентрация которых зависят от температуры и влажности почвы, от микроорганизмов и растений. При низких концентрациях фитотоксических веществ в почве обнаруживается стимулирующий эффект, но при увеличении их содержания наступает сильное угнетение роста растений или прорастания семян.

Существенно можно снизить или полностью избавиться от негативного действия почвоутомления лишь при содержании почвы в чистом пару или при смене агрофитоценозов.

Загрязненность почв тяжелыми металлами и другими химическим веществами. В число загрязнителей окружающей среды входят тяжелые металлы, пестициды, ряд производных углерода, азота, фтора, жидкие углеводороды, синтетические органические вещества, радионуклиды и другие вредные вещества. Среди основных сельскохозяйственных источников поступления тяжелых металлов в почву выделяется: орошение сточными водами, применение различных видов органических и минеральных удобрений.

Важнейшим условием организации земледелия на загрязненных территориях является детальная, научно обоснованная информация об уровнях загрязнения почв сельскохозяйственных угодий. Необходимым условием установления уровня загрязнения почвенного покрова является система нормирования содержания загрязнителя в почве.

Методика установления предельных допустимых концентраций химических веществ в почве заключается в установлении таких концентраций в контактирующих с почвой средах (растениях, воде, воздухе), которые не представляют опасности для здоровья людей и отрицательно не влияют на общесанитарное состояние почвы.

Систематизация уровней загрязнения почвенного покрова (для адаптивно-ландшафтного земледелия) осуществляется с целью последующего выделения территорий характеризующихся относительно одинаковыми условиями ведения земледелия в пределах принятых пороговых изменений качественного состояния агроландшафта.

Для целей землеустройства и адаптивного земледелия систематизация уровней загрязнения почвенного покрова должна быть увязана с накоплением загрязнителей в сельскохозяйственных культурах и возможностью последующего использования получаемой продукции растениеводства.

Задание. Используя справочную литературу, изучить основные свойства, режимы и показатели деградации почв, учитываемые при их агроэкологической оценке.

Контрольные вопросы

1. Как влияют строение почвенного профиля и органическое вещество почвы на агрономические свойства, и режимы почв?
2. Что понимают под гранулометрическим составом, структурой, плотностью почвы, порозностью почвы?
3. Что понимают под водным режимом и влагообеспеченностью почв?
4. Расскажите о ёмкости катионного обмена, кислотно-основном состоянии почв, карботнатности, об обеспеченности почв элементами минерального питания.
5. Расскажите о засолённости и солонцеватости почв.
6. Расскажите о биогенности почв и показателях биологической активности почв, оценки окислительно-восстановительных процессах, протекающих в почвах.
7. Расскажите об оценки эрозионной опасности и эродированности почв, степени заболоченности, температурном режиме почв, учитываемых при их агроэкологической оценке.

Лабораторная работа 3. Агроэкологическая оценка земель, загрязненных тяжелыми металлами

Цель: изучить особенности тяжелых металлов как загрязнителей, методики оценки почвенной среды ими и систематизацию уровней загрязнения почв тяжелыми металлами.

Особенности тяжелых металлов как загрязнителей: их концентрация в пределах техногенных аномалий, вызванных природными или техногенными процессами в десятки и сотни раз превышает нормальное среднестатистическое (фоновое) их содержание в незагрязненных ландшафтах; тяжелые металлы способны накапливаться в растительности и животных организмах (в том числе в организме человека) до высокотоксичных уровней, вызывая снижение их жизненных функций, а также приводя их к гибели; тяжелые металлы активно включаются в биологический круговорот, что приводит к быстрому (активному) загрязнению важнейших жизнеобеспечивающих природных сред (питьевой воды, воздуха и пищевых продуктов), то есть они обладают высокой технофильностью (показателем интенсивности участия в загрязнении среды обитания человека); тяжелые металлы не подвержены деструкции, в ходе миграции они лишь меняют уровень содержания или формы нахождения. Накапливаясь в почвах, крайне медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции.

Основы нормирования химических веществ, в том числе тяжелых металлов в почве базируются на принципе опережения токсических исследований по сравнению с внедрением в народное хозяйство токсичных веществ, принципе приоритетности медицинских и биологических показателей в установлении нормативов по сравнению с другими требованиями (например, экономическими) и концепции пороговости воздействия.

Порогом воздействия следует называть величину концентрации химического вещества, которая вызывает переход биологического объекта из одного качественного состояния в другое. Повреждения в природной среде развиваются тогда, когда негативные процессы преобладают над позитивными, адаптационные возможности живого организма исчерпаны, а скорость восстановления измененных в результате воздействия яда функций и структур ниже, чем скорость деструктивных процессов.

Ключевым моментом нормирования является нахождение максимальных недействующих доз, – количества загрязнителя, не вызывающего негативных последствий. В качестве такого показателя для почвенной среды выступает предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества в почве. Согласно ГОСТу 17.4.1.03-84 «Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения. Обозначение» ПДК вредного вещества в почве есть максимальная массовая доля загрязняющего почву вещества, не вызывающая прямого или косвенного влияния, включая отдаленные последствия влияния на окружающую среду и здоровье человека.

Влияние загрязняющего вещества в природной среде может проявляться в результате прямого воздействия при наличии в воде или воздухе или опосредственно при наличии его в почве. Следовательно, если ПДК вредного вещества в воде и воздухе определяется его пороговым содержанием в той же среде, то для почвы – через сопредельные сферы. Это определяет специфику установления ПДК загрязнителя в почве.

Различают следующие разновидности ПДК:

- *общесанитарный*, характеризующий влияние загрязнителя на самоочищающую способность почвы и почвенный микробиоценоз в количествах, не изменяющих указанные процессы;

- *транслокационный*, характеризующий способность вещества переходить из пахотного слоя почвы через корневую систему растений и накапливаться в зеленой массе и плодах, не превышающих ПДК для данного вещества в пищевых продуктах;

- *миграционно-воздушный*, характеризующий способность вещества переходить из пахотного слоя почвы в атмосферный воздух в количествах, при миграции которого не происходит превышение ПДК для атмосферного воздуха;

- *миграционно-водный*, характеризующий способность вещества переходить из пахотного слоя почвы в поверхностные водоисточники в количествах, при миграции которого не происходит превышения величины ПДК для поверхностных водоисточников.

Далее, проводя анализ по каждому показателю вредности, из всех значений выбирают наименьшее, которое берется за базовое, определяющее единое ПДК анализируемого вещества в почве (табл. 5).

Таблица 5

ПДК тяжелых металлов и мышьяка и допустимые уровни их содержания по показателям вредности

Элемент	ПДК, мг/кг почвы	Показатель вредности		
		транслокационный (накопление в растениях)	миграционный	общесанитарный
Подвижные формы				
Медь	3,0	3,5	72,0	3,0
Никель	4,0	6,0	14,0	4,0
Цинк	23,0	23,0	200,0	37,0
Кобальт	5,0	25,0	1000,0	5,0
Хром	6,0	-	-	6,0
Валовое содержание				
Сурьма	4,5	4,5	4,5	50,0
Марганец	1500	3500,0	1500,0	1500,0
Ванадий	150,0	170,0	350,0	150,0
Свинец	150,0	35,0	260,0	30,0
Мышьяк	2,0	2,0	15,0	10,0
Ртуть	2,1	2,1	33,0	5,0

Наряду с ПДК и ВДК в практике применяются ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) загрязнителей в почвах с различными физико-химическими свойствами.

В ряде случаев в качестве допустимой концентрации используют фоновое содержание загрязнителя в почве.

Оценка загрязнения почвенной среды тяжелыми металлами. Степень загрязнения почв тяжелыми металлами определяется: соотношением фактического содержания загрязнителя в почве и величиной допустимой концентрации (ПДК, ОДК, ВДК) или фонового содержания; степенью опасности химического вещества; наличием полиэлементных аномалий в почвенной среде.

Первая группа оценки служит основой для последующей стадии оценки – систематизации (определения) уровней загрязнения почв тяжелыми металлами.

Вторая группа позволяет систематизировать тяжелые металлы по классам опасности (табл. 6).

Таблица 6

Показатели для определения класса опасности химического вещества и вещества соответствующих классов опасности (ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения»)

Показатели	Нормы для классов опасности		
	I	II	III
Токсичность, $ЛД_{50}$	менее 2000	200-1 000	более 1 000
Перисистентность в почве, мес.	более 12	6-12	менее 6
ПДК в почве, мг/кг	менее 0,2	0,2-0,5	более 0,5
Миграционная способность	есть	слабая	нет
Перисистентность в растениях, мес.	более 3	3-1	менее 1
Влияние на пищевую ценность сельхозпродукции	сильное	умеренное	нет
Вещества	As, Cd, Hg, Se, Pb, F, бензоперен	B, Co, Ni, Mo, Sb, Cr	Ba, V, W, Mn, Sr, ацетофенол

Третья – характеризует наличие различных загрязнителей в почве и среднее превышение их концентрации относительно фона.

Для этой цели используется «суммарный показатель химического загрязнения почвы» *Zc*:

где K_{ci} – коэффициент концентрации i-го загрязняющего компонента, равный частному от деления массовой доли i-го вещества в загрязненной почве и его фонового содержания.

n – число химических элементов с $K_{ci} > 1$.

Наличие полиэлементных аномалий в почвенной среде следует оценивать простым определением количества различных видов загрязнителей в почве, а их суммарное влияние устанавливать с учётом наличия синергизма или антагонизма между макро- и микроэлементами. Такие взаимодействия между химическими элементами можно связать со способностью одного элемента ингибировать или стимулировать поглощение других элементов растениями.

Систематизация уровней загрязнения почв тяжелыми металлами. Систематизация уровней загрязнения почвенного покрова (для адаптивно-ландшафтного земледелия) осуществляется с целью последующего выделения территорий характеризующихся относительно одинаковыми условиями ведения земледелия в пределах принятых пороговых изменений качественного состояния агроландшафта.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, изучить особенности тяжелых металлов как загрязнителей, методики оценки почвенной среды тяжелыми металлами и систематизацию уровней загрязнения почв ими.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об особенностях тяжелых металлов.
2. Перечислите сельскохозяйственные источники загрязнения почв тяжелыми металлами.
3. Расскажите о разновидностях ПДК при загрязнении почв тяжелыми металлами.
4. По каким показателям проводится оценка почвенной среды тяжелыми металлами?
5. Сколько уровней загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами Вы знаете?

Лабораторная работа 4. Агроэкологическая оценка земель, загрязненных радионуклидами

Цель: изучить методику определения контрольных уровней загрязнения радионуклидами почв различных видов сельскохозяйственных угодий.

Методология и содержание оценки. Радиоактивное загрязнение окружающей среды обуславливают две группы радионуклидов: естественные и искусственные или техногенные. Концентрация естественных радионуклидов в природных и аграрных экосистемах заметно увеличивается за счёт техногенных процессов, связанных с добычей, переработкой и складированием природного уранового сырья; производством и внесением удобрений; сжигания угля на тепловых электростанциях; при добыче нефти и газа.

Искусственные радионуклиды поступают в биосферу в результате ядерных взрывов, технологических и аварийных выбросов на объектах ядерного топливного цикла.

Основное загрязнение сельскохозяйственных угодий на территории России обусловлено радионуклидами цезия и стронция. Они, являясь химическими аналогами К и Са характеризуются высокой миграционной подвижностью, в значительных количествах накапливаются в сельскохозяйственной продукции и в организме человека. Чем менее плодородны почвы, тем относительно значимее роль внутреннего облучения из-за интенсивного перехода цезия из почвы в растения, в продукцию животноводства, в продукты питания человека.

При оценке последствий радиоактивного загрязнения должны учитываться два методологических подхода – санитарно-гигиенический и экологический.

В рамках санитарно-гигиенического подхода к агроэкологической оценке сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, решается задача возможности использования данных земель для получения продукции, соответствующей установленным нормативам. В основе санитарно-гигиенического подхода лежит соблюдение нормативов и принципов радиационной безопасности населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях.

На базе количественных показателей миграции радионуклидов в агроэкосистемах разрабатывается радиационно-гигиеническое обоснование пределов загрязнения почв сельскохозяйственных угодий с учётом ландшафтных условий и биогеохимических характеристик территории и особенностей ведения сельского хозяйства.

Действие радиоактивных веществ на агроэкосистемы зависит от характера загрязнения, концентрации загрязнителей, длительности воздействия, относительной восприимчивости или устойчивости агроценозов или их отдельных компонентов к загрязнению.

Основными критериями оценки уровней радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий являются допустимые уровни удельной активности радионуклидов в пищевых продуктах, установленные в «Гигиенических требованиях безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01».

Для оценки и предотвращения негативного воздействия радиоактивно загрязненных продуктов питания на человека, а кормов – на сельскохозяйственных животных на основании СанПиН 2.3.3.1078-01 используются такие критерии как временно-допустимые уровни (ВДУ), допустимые уровни (ДУ) и максимально допустимые уровни (МДУ) содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.

С учётом показателей миграционной подвижности радионуклидов определяются пределы загрязнения почв радионуклидами, обеспечивающие получение нормативной продукции, которые являются *контрольными уровнями содержания радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий.*

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, включает:

- определение содержания радионуклидов в почвах;
- оценка количественных параметров перехода радионуклидов по сельскохозяйственным цепочкам;
- биогеохимическая оценка миграции и концентрации радионуклидов в компонентах агроэкосистем и переноса по трофическим цепочкам;
- определение уровней загрязнения производимой продукции, и её радиационно-гигиеническая оценка;
- обоснование пределов загрязнения почв (контрольных уровней), обеспечивающих получение нормативной продукции.

Методы обследования сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами. При проведении обследования почв сельскохозяйственных угодий на содержание радионуклидов руководствуются «Методическими указаниями по обследованию почв сельскохозяйственных угодий, продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов» (1995).

Исходным документом для составления картограмм являются полевая карта отбора почвенных образцов и сводная ведомость результатов анализа. Картограммы содержания радионуклидов составляется в том случае, когда хотя бы на одном участке концентрация их превышает 0,5 от временных допустимых уровней (ВДУ).

На картограмме содержания радионуклидов стронция и цезия в почве выделяется цветом, а гамма-фон – штриховкой.

Методические основы оценки миграционной подвижности радионуклидов в аграрных экосистемах. Радионуклид в почве может находиться в почвенном растворе и составе твёрдой фазы.

Метод последовательной экстракции, являющийся модифицированным методом Ф.И. Павлоцкой, используется для изучения форм нахождения радионуклида. Выделяют следующие формы нахождения радионуклида: водорастворимую; обменную, вытесняемую 1 М раствором ацетата аммония; подвижную (1 М HCl) и кислоторастворимую (3 М или 6 М HCl).

Метод количественного определения FES основан на изучении изотермы сорбции радионуклида при блокировке (маскировке) поверхностных сорбционных центров RES (Regula exchange sites).

Для оценки перехода радионуклидов из почвы в растения используют *коэффициент накопления* (*КН*) – отношение *концентрации радионуклидов в растениях* (*Бк/кг*) к *концентрации радионуклидов в почве* (*Бк/кг*).

Радиоэкологическая классификация агроэкосистем. В качестве критерия для группировки минеральных почв по коэффициентам перехода был выбран гранулометрический состав как интегральный показатель: I – песчаные (песчаные и супесчаные и легкосуглинистые почвы); II – суглинистые (среднесуглинистые); III – глинистые (тяжелосуглинистые и глинистые почвы). Органические почвы выделяют в отдельную группу, так как они характеризуются повышенной миграционной подвижностью радионуклидов.

По характеру землепользования и видовым особенностям культур данные по коэффициентам перехода объединили в следующие группы: 1 – пахотные угодья: зерновые культуры, картофель и корнеплоды, комовые культуры на силос (кукуруза, люцерна, горох и др.); 2 – пастбища и сенокосы: культурные пастбища, сеянные многолетние травы (злаковые и бобовые).

Радиоэкологическая классификация лугов. Миграция радионуклидов в естественных луговых экосистемах зависит от типа луга, режима его увлажнения, свойства в почв, ботанического состава травостоя.

Классификация выделяет болотные, низинные и пойменные луга с торфяными почвами как критические экосистемы при ведении кормопроизводства на загрязненных территориях. Далее по радиационной опасности стоят суходольные, пойменные и низинные луга с малоплодородными почвами легкого гранулометрического состава.

Агроэкологическая оценка загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных угодий, определяющая возможность их хозяйственного использования. Одной из основных задач агроэкологической оценки загрязненных угодий является оценка их радиологической опасности с точки зрения возможности производства продукции. Основным критерием такой оценки являются контрольные уровни содержания радионуклидов в почвах. Основой для определения контрольных уровней загрязнения почв радионуклидами являются следующие параметры:

- допустимые удельные активности радионуклидов в пищевых продуктах, установленные в СанПиН 2.3.3.1078-01;
- коэффициенты накопления или коэффициенты перехода радионуклидов из различных типов почв в сельскохозяйственные культуры;
- коэффициенты перехода радионуклидов по животноводческим цепочкам.

Методика определения контрольных уровней загрязнения радионуклидами почв различных видов сельскохозяйственных угодий (пахотных, сенокосов и пастбищ) при производстве продукции растениеводства зависит от путей миграции радионуклидов. Для пахотных угодий учитывается параметры миграции радионуклидов в системе почва сельскохозяйственные культуры, а для сенокосов и пастбищ в системе почва – рацион – продукция животноводства.

Контрольные уровни радиоактивного загрязнения пахотных угодий определяются с учётом коэффициентов перехода радионуклидов в растения из почвы.

Удельная активность для различных видов сельскохозяйственных культур берется на основании СанПиН 2.3.3.1078-01.

Коэффициенты перехода радионуклидов в сельскохозяйственные растения из почв различных типов определяются экспериментально или могут быть использованы рекомендованные средние значения.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, ознакомиться с методологией и оценкой, методами обследования сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, методическими основами оценки миграционной подвижности радионуклидов в аграрных экосистемах, радиологической классификацией

агроэкосистем и лугов; изучить методику определения контрольных уровней загрязнения радионуклидами почв различных видов сельскохозяйственных угодий.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об источниках радиоактивного загрязнения окружающей среды.
2. Что понимают под контрольными уровнями содержания радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий?
3. Определение каких показателей включает агроэкологическая оценка сельскохозяйственных угодий?
4. Что понимают под коэффициентом накопления радионуклидов в растениях?
5. Какие почвы характеризуются повышенной миграционной подвижностью радионуклидов?
6. Какие параметры являются основой для определения контрольных уровней загрязнения почв радионуклидами?
7. Как определяется плотность загрязнения почв радионуклидами (контрольный уровень)?

Лабораторная работа 5. Фитосанитарная оценка земель

Цель: изучить методологию фитосанитарной оценки сельскохозяйственных земель.

Во всех агроэкосистемах на различных этапах производства сельскохозяйственной продукции с культурными растениями взаимодействуют многие виды организмов. К ним относятся насекомые, растительноядные клещи и пауки, нематоды, грибы, бактерии, вирусы, сорные растения, птицы и млекопитающие. Предупредить потери урожая от вредных организмов на основе рациональной организации профилактических и защитных мер можно лишь при условии оперативной и качественной оценки фитосанитарного состояния земель, а также составления на её базе краткосрочного и долгосрочного прогнозов появления, развития и распространения вредных организмов.

В целях принятия оперативного решения о необходимости проведения защитных мероприятий надзор за посевами проводится за 4-6 дней, используются высокопроизводительные методики

обследований, позволяющие сравнить определенные немногочисленные характеристики популяций с экономическими порогами вредоносности. Для этого при маршрутных обследованиях определяют заселенность сельскохозяйственных угодий вредными и полезными насекомыми, возбудителями болезней, сорняками и др. (процент заселения). Для получения достоверной информации важно охватывать не менее 10-15% площадей каждого участков. Плотность вредных организмов (интенсивность развития болезней для патогенов) устанавливается при помощи специальных методов учета. Выбор оптимальных сроков проведения каждого обследования и учета, а также их периодичность определяется характером динамики распространения и развития вредного организма, который обуславливается его биологией и экологической обстановкой в агроландшафтах. Для разработки прогнозов распространения и развития вредных организмов различной заблаговременности проводят исследования дополнительных популяционных характеристик (для насекомых, например, возрастной и половой состав, плодовитость самок, зараженность вредителей энтомофагами и болезнями и др.).

Методы учёта насекомых. Количественная оценка вредных и полезных насекомых в биотопе сводится к выявлению абсолютной численности особей в определенном ограниченном пространстве или объеме, либо относительной, по следам жизнедеятельности (количество поврежденных растений, плодов, вылову за какой-то срок в те или иные виды ловушек).

Вредителей, обитающих в почве, учитывают методом раскопки площадок: мелкие (до 10 см), средние (до 45 см) и глубокие (более 45 см), на каждые 5 га берут по 1-2 площадки, на 100 г – 20.

Для учёта насекомых, передвигающихся по поверхности почвы, используют почвенные ловушки – сосуды с фиксирующей жидкостью (2-4% формалин), закопанные в почву вровень с верхним краем, либо канавки длиной 1-5 м, глубиной и шириной по 30 см). Число почвенных ловушек или канавок – 1-2 на каждые 5 га.

Вредителей, обитающих в растениях, учитывают на площадках размером 50×50 см. Рамку накладывают так, чтобы охватить ею часть рядков культуры (зерновых, свёклы, подсолнечника и т.п.) и междурядья, в переделах этого пространства подсчитывают всех особей на растениях и опавших на поверхность почвы. В среднем учитывают 1 пробу на 5 га.

Мелких насекомых (земляных блошек, клопов слепняков, щитоносок, минирующих мух) или яйцекладки (совок, мотыльков, клопов и др.) при рядковом посеве учитывают на отрезках рядка 25-100 см, на пропашных культурах их учитывают на 10 растениях в 10 пробах.

Для насекомых, не поддающихся визуальному учёту, применяют метод встряхивания с растений (5 растений в 20 местах поля). Из полевых культур этот метод применим для рапсового цветоеда, а также для некоторых энтомофагов.

Вредителей, живущих внутри растений (злаковых мух, стеблевых блошек, стеблевого мотылька, стеблевых хлебных пилильщиков и др.) учитывают путем их вскрытия. Берут 10 проб по 0,25 $м^2$ с каждого учитываемого агроландшафтного участка.

При оценке плотности заселения растений мелкими вредителями (тли, клещи) получают два показателя – процент заселенных растений и балл заселения: 1 балл – слабая заселенность (на растении встречаются отдельные экземпляры вредителя или заселено менее 25% поверхности листьев; 2 балла – средняя (на растении отмечено 1-2 колонии или заселено до 50% поверхности листьев; 3 балла – сильная (на растении встречаются более двух колоний, заселено более 50% всей поверхности листьев).

Методом кошения стандартным энтомологическим сачком с диаметром обруча 30 см и глубиной мешка 60 см учитывают хлебных пилильщиков, злаковых мух, энтомофагов яруса травостоя. В зависимости от активности и уловистости объекта одна проба составляется 10-20 взмахов сачком. Берут 5-10 проб, что составляет 100 взмахов сачком в поле.

Для определения вредителей, а также и полезных насекомых используются ловушки. Ловушками имитируют естественные убежища насекомых (приманки-укрытия, ловчие канавки), источники света (светоловушки), привлекающие вещества (пищевые приманки, феромоны). Например, бабочек и семейства совок используют приманки с бродящей патокой. Её разливают в металлические противни или корытца, которые 5-10 штук выставляют в поле на расстоянии не ближе 50 м друг от друга.

Методы учёта грызунов. О плотности грызунов судят по следам их жизнедеятельности (убежищам-норм). В одном убежище обычно живет одна семья, одна или несколько особей.

Учитывают число всех колоний и жилых, число всех нор и жилых в пересчете на 1 га.

Относительный учёт численности полевок, мышей, хомячков проводят с помощью вылова плашками с приманкой. Плашки выставляют под вечер линиями с интервалом 5 м по 20, 50 или 100 штук.

Учёт сусликов проводят путём подсчёта жилых нор и с помощью дуговых капканов. На каждые 200 га первичных угодий закладывают одну гектарную площадку (50×200 м). Учёт сусликов дуговыми капканами проводят на тех же учётных площадках. Капканы проверяют через 3-4 часа.

Методы учёта распространения и развития болезней. Выявление и учёт болезней, вызываемых низшими грибами, микроплазменными организмами, вирусами и вироидами, осуществляется в основном 3-4 раза в течение вегетации, начиная с периода полных всходов до созревания. Они поражают различные органы и части растений. Учёт болезней проводят на основе симптомов поражений в результате их жизнедеятельности. Эти симптомы выражаются в виде отмерших растительных тканей, некрозов, налётов, пустул, изъявления гниений, опухолей, деформаций тканей, мумификаций, увяданий и др. первым этапом учёта болезней является отбор и тщательный осмотр пробы растений. Основными элементами учёта являются показатели частоты встречаемости (распространённость), отражающие количество поврежденных растений в пробе (в %), интенсивность поражения (в % или баллах).

Учёт головнёвых заболеваний в посевах пшеницы, ржи, ячменя и оса приурочивают в фазу конца молочной начала полной спелости. На участках от 200 до 450 га отбирают не менее чем в 100 точках по 10-15 стеблей, до 200 га – от 100 до 1 000 стеблей.

Оценку поражения ржавчины, кроме стеблевой, проводят в период налива – молочной спелости зерна. Стеблевую ржавчину учитывают одновременно с головневыми заболеваниями при апробации. На полях площадью до 100 га берут 20 проб по 10 стеблей в каждой.

Учёт развития мучнистой росы на зерновых проводят в период от начала колошения до молочной спелости зерна. На площади до 50 га берут 20 проб по 10 стеблей в каждой; на последующих участках по 10 га – дополнительно по две пробы.

Обследование посевов на зараженность корневыми гнилями приурочивают к периоду всходы – кущение и к уборке. Количество и размер учётных площадок устанавливают в зависимости от характера поражения и площади полей.

С целью прогноза развития корневых гнилей в посевах целесообразно учитывать уровень заселенности почвы возбудителем. Для этого с каждого поля независимо от его площади отбирают два средних образца массой не менее 200-300 г, который составляют из 20 проб, отобранных буром.

Методы учёта сорняков. С целью прогноза засорённости сельскохозяйственных угодий следует осенью после уборки культуры или ранней весной проводить учёт количества семян и органов вегетативного размножения сорных растений в почве. Для этого исходные почвенные пробы (от 10 до 30 в зависимости от размера поля) отбираются с помощью буров, затем они объединяются в смешанный образец и тщательно перемешиваются. Затем из смешанного образца отбирают средние почвенные образцы, из них отмывается илистая фракция менее 0,25 мм, и отделяются семена сорняков из оставшейся на сите фракции. Для определения количества сорняков на 1 м^2 рассчитывают площадь режущей части бура (S, см^2) и находят переводной коэффициент K по формуле:

$$\frac{\qquad}{\qquad}$$

Количество семян сорняков (M, шт./м^2) вычисляют по формуле:

где – число семян сорняков в образце, шт.

Жизнеспособность семян определяют по внешним признакам.

Засорённость почвы органами вегетативного размножения многолетних сорняков учитывают на площадках размером 0,5×1,0 или 0,5×0,5 для корневищных и 1×1 для корнеотпрысковых видов. Раскопки проводят по слоям: 0-10; 10-20; 20-30 см.

Засорённость посевов оценивается по количеству сорных растений на 1 м^2. Для этого равномерно по диагонали обследуемого участка накладывается рамка размером 50×50 см: на полях до 50 га – 10 рамок; от 50 до 100 га – 15 рамок, и более 100 га – 20 рамок. В пределах рамки определяют численность сорняков каждого вида.

В последние годы также разрабатываются дистанционные методы фитосанитарного контроля в агроландшафтах на основе идентификации визуально определяемых симптомов повреждения растений (изменение цвета, увядание, низкорослость, образование плешин) методами аэрофотосъемки, многоканального сканирования, тепловой, микроволновой и радиационной съёмок с помощью авиационных и спутниковых аппаратов.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, изучить методы учёта насекомых, грызунов, распространения и развития болезней и сорняков.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о методах учёта насекомых.
2. Расскажите о методах учёта грызунов.
3. Расскажите о методах учёта распространения и развития болезней.
4. Расскажите о методах учёта сорняков.

Лабораторная работа 6. Санитарная оценка земель

Цель: изучить методологию общесанитарной оценки сельскохозяйственных земель.

Нарушение технологий применения удобрений на основе навоза, помёта, органогенных отходов (осадки сточных вод, твёрдые бытовые отходы, производственные сточные воды и пр.) нередко ухудшают санитарное состояние почвы и агроценозов. Вследствие усиления физического, химического, биологического загрязнения снижается самоочищающаяся способность почвы, повышается её токсичность, инфекционный и инвазионный потенциал, негативное влияние на качество продукции растениеводства, окружающей среды, состояние здоровья населения. Оценка санитарного состояния почвы является обязательной при определении и прогнозе степени её опасности для здоровья и условий проживания населения, разработке мероприятий по рекультивации загрязненных земель, профилактике инфекционной и неинфекционной заболеваемости, при решении очередности санационных мероприятий в рамках комплексных природоохранных программ.

Согласно ГОСТ 17.4.2.01 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» санитарное состояние почв – это совокупность физико-химических, химических и биологических свойств, которые определяют влияние или потенциальное влияние почвы на здоровье людей. В соответствии с МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных пунктов» санитарное состояние почв – это совокупность физико-химических и биологических свойств почвы, определяющих качество и степень её безопасности в эпидемиологическом и гигиеническом отношениях.

Санитарная оценка почв сельскохозяйственных угодий проводится по санитарно-химическим, санитарно-бактериологическим, санитарно-гельминтологическим, санитарно-энтомологическим показателям.

Санитарное обследование земель. Это обязательный предварительный этап оценки санитарного состояния почвы. Санитарное обследование включает составление картосхем, выбор площадок наблюдения.

Пробная площадка должна располагаться на типичном для изучаемой территории месте.

При оценке почв сельскохозяйственных территорий пробы почвы отбирают 2 раза в год (весна, осень) с глубины 0-25 см. На каждые 15 га закладывается в среднем не менее одной площадки размером 100-200 $м^2$.

Точечные пробы отбирают в соответствии с ГОСТ 17.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» с соблюдением стерильности для санитарно-микробиологического и гельминтологического анализов на пробной площадке методов конвертов по следующей методике отбора проб почв (МУ2.1.7.730-99).

Объединенную пробу составляют из равных по объёму точечных (не менее 5), отобранных на одной площадке. Объединенные пробы должны быть упакованы в чистые полиэтиленовые пакеты, закрыты, маркированы, зарегистрированы в журнале отбора проб и пронумерованы. На каждую пробу составляется сопроводительный талон, вместе с которым проба вкладывается во второй внешний пакет, что обеспечивает целостность и безопасность их транспортирования. Время от отбора до начала их исследований не должно превышать 1 суток.

В лаборатории проба освобождается от посторонних примесей, доводится до воздушно-сухого состояния, тщательно перемешивается и делится на две части для проведения анализа. Отдельно оставляется контрольная часть от каждой анализируемой пробы (около 200 г) и хранится в холодильнике 2 недели на случай арбитража.

Оценка санитарного состояния земель по санитарно-химическим показателям. Основным критерием оценки санитарного состояния почв по степени их химического загрязнения является предельно допустимые и ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве. Оценка опасности химического загрязнения почв, как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения, проводится согласно требованиям МУ 2.1.7.730-99.

Оценка санитарного состояния почвы по санитарно-химическим показателям осуществляется по величине санитарного числа и динамике содержания в почве аммиачного и нитратного азота, в отдельных случаях хлоридов. Санитарное число *С* – косвенно характеризует процесс гумификации органического вещества и позволяет оценить самоочищающую способность почвы от органических загрязнений. Санитарное число *С* – это соотношение количества азота гумусовых веществ почвы «*А*» к количеству органического азота «В», то есть частное от деления:

–

Оценка санитарного состояния почвы по этому показателю проводится в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7

Оценка чистоты почвы по санитарному числу

Характеристика почв	Санитарное число
Практически чистая	0,98 и больше
Слабо загрязненная	от 0,85 до 0,98
Загрязненная	от 0,70 до 0,85
Сильно загрязненная	меньше 0,70

Химическими показателями процессов разложения азотсодержащего органического вещества в почве являются аммонийный и нитратный азот. Аммонийный азот, нитратный азот и хлориды характеризуют уровень загрязнения почвы органическим веществом.

Оценку почв по этим показателям целесообразно осуществлять в динамике или путём сравнения с незагрязненной почвой (контроль).

Оценка санитарного состояния земель по санитарно-бактериологическим показателям. Оценка санитарного состояния почвы по степени её биологического загрязнения проводится с использованием санитарно-бактериологических (косвенных и прямых), санитарно-паразитологических, санитарно-показательных, санитарно-энтомологических показателей.

Косвенные санитарно-бактериологические показатели характеризуют интенсивность биологической нагрузки на почву и выражаются через наличие санитарно-показательных организмов группы кишечной палочки (БГКП – коли-индекс) и фекальных стрептококков (индекс энтерококков).

Прямые санитарно-бактериологические показатели характеризуют эпидемиологическую опасность почвы и выражаются через обнаружение, идентификацию возбудителей кишечных инфекций, патогенных энтеробактерий, энтеровирусов.

Почву считают как «чистую» без ограничений по санитарно-бактериологические показателям при отсутствии патогенных бактерий и индексе санитарно показательных микроорганизмов до 10 клеток на грамм почвы.

О возможности загрязнения почвы сальмонеллами говорит индекс санитарно-показательных организмов (БГКП и энтерококков) 10 и более клеток на грамм почвы.

Концентрация колифага в почве на уровне 10 КОЕ на 1 г и более свидетельствует об инфицировании почвы энтеровирусами.

Санитарно-бактериологические исследования проводятся в соответствии с нормативно-методической литературой.

Оценка санитарного состояния земель по санитарно-паразитологическим показателям. Важным показателем санитарного состояния почвы является наличие в ней возбудителей паразитарных болезней.

При оценке эпидемиологической опасности и степени загрязнения почвы возбудителями паразитарных болезней определяют: вид возбудителей, их жизнеспособность и инвазионность; экстенсивный показатель загрязнения «*А*» – отношение числа положительных проб «*Б*» (пробы почвы, в которых обнаружены возбудители паразитарных болезней), к общему числу исследованных проб («*С*») в процентах:

Также определяют интенсивный показатель загрязнения, общее содержание возбудителей паразитарных болезней в 1 кг (или 100 г) почвы.

Количественные критерии паразитологического загрязнения почв различных территорий представлены в специальной литературе.

Санитарно-паразитологические исследования почвы проводятся в соответствии с методическими указаниями Минздрава.

Оценка санитарного состояния земель по санитарно-энтомологическим показателям. Одним из критериев санитарного состояния почвы является отсутствие или наличие в ней на площадке размером 20×20 см преимагинальных форм (личинки, куколки) синантропных мух. Оценка санитарного состояния почв по наличию в ней личинок и куколок мух проводится согласно Методическим указаниям (МУ 2.1.7.2657–10 «Энтомологические методы исследования почвы населенных мест на наличие преимагинальных стадий синантропных мух»).

Количество личинок и куколок в пробе визуально регистрируют по следующей шкале:

- личинки и куколки отсутствуют – 0;
- встречаются в пробе до 10 экземпляров – +;
- встречаются десятками – ++;
- встречаются сотнями – +++.

При учёте заселенности почвы, используя весовые показатели, считают на 1 кг субстрата:

- чистая – личинки и куколки – 0;
- умеренно опасная – личинки – 10, куколки – 0;
- опасная – личинки до 100, куколки до 10;
- чрезвычайно опасная – личинки более 100, куколки более 10.

Наличие личинок и куколок в почве является показателем неудовлетворительного её санитарного состояния.

Санитарно-энтомологические исследования проводятся в соответствии с методическими указаниями Минздрава.

Оценка санитарного состояния земель по биологической активности почвы. Санитарное состояние, способность почвы

к самоочищению могут оцениваться посредством определения изменения её биологической активности. Основными интегральными показателями биологической активности почвы являются: общая микробная численность (ОМЧ), численность основных групп почвенных микроорганизмов (почвенных сапрофитных бактерий, актиномицетов, почвенных микромицетов), показатели интенсивности трансформации соединений углерода и азота в почве («дыхание» почвы, «санитарное число», динамика азота аммиака и нитратов в почве, азотфиксация, аммонификация, нитрификация и денитрификация), динамика кислотности и окислительно-восстановительного потенциала в почве, активность ферментативных систем и другие показатели.

Методики измерений и оценки биологической активности почвы приведены в указаниях Минздрава.

Почву можно считать «незагрязненной» по показателям биологической активности при изменениях в микробиологических показателях не более 50% и биохимических не более 25% по сравнению с такими же для контрольных, принятых в качестве чистых незагрязненных почв.

Заключение о санитарном состоянии почв агробиоценозов составляется по соответствию результатов проводимых токсикологических, микробиологических, биохимических, ветеринарно-санитарных, гигиенических исследований требованиям нормативов безопасности.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, изучить методы санитарного обследования полей, методологию оценки санитарного состояния земель по различным санитарным показателям с заключением общесанитарного состояния почв.

Контрольные вопросы

1. Как проводится санитарное обследование полей?
2. Расскажите об оценке санитарного состояния земель по санитарно-химическим показателям.
3. Расскажите об оценке санитарного состояния земель по санитарно-бактериологическим показателям.
4. Расскажите об оценке санитарного состояния земель по биологической активности почвы.
5. Расскажите об оценке санитарного состояния земель по биологической активности почвы и заключении о санитарном состоянии почв.

Лабораторная работа 7. Оценка устойчивости ландшафтов и агроландшафтов и их антропогенной преобразованности

Цель: изучить основные виды устойчивости ландшафтов и агроландшафтов.

В основе современной парадигмы природопользования лежит экологический императив, под которым понимаются требования сохранения окружающей среды при условии экологического равновесия. Природное экологическое равновесие – это баланс средообразующих компонентов и естественных процессов, обеспечивающий длительное существование определенных экосистем или их эволюцию в ходе сукцессии климаксовых сообществ.

Равновесие биогеоценозов складывается в результате баланса противоположно направленных процессов: продукционного и деструкционного; гумификации и минерализации; образования и разрушения структуры почвы; уплотнения и разуплотнения почв; поступления и выноса веществ; поступления токсикантов и их разложения; эрозионных процессов и почвообразования; соотношения биологических видов; соотношения процессов, определяющих подвижность биогенных элементов.

Важнейшей характеристикой экологического равновесия является экологическая устойчивость.

Устойчивость природного ландшафта – это его способность в условиях возмущающих воздействий сохранять структуру и саморегулирующееся функционирование в пределах естественного колебания параметров.

Выделяют три вида устойчивости природных систем, в основе которых лежат механизмы саморегулирования и самоорганизации: структурно-статистическая, функционально-динамическая и буферность.

Структурно-статистическая устойчивость – свойство экосистемы при возмущающихся воздействиях сохранять стабильные состав и соотношение между отдельными структурными компонентами системы.

Функционально-динамическая устойчивость – свойство почвы или экосистемы сохранять стабильное функционирование, которое определяется устойчивостью и сбалансированностью отдельных звеньев биогеохимических циклов в целом.

Буферность – способность почвы и наземной экосистемы к самовосстановлению структурных свойств и функциональных параметров, нарушенных в результате возмущающихся воздействий.

Саморегулирование ландшафта – свойство ландшафта в процессе его функционирования сохранять на определенном уровне режимы и характеристики связей между компонентами.

Самоорганизация ландшафта – процесс создания, развития и воспроизведения или восстановления структуры ландшафта.

Важнейшим элементом самоорганизации является *самоочищение ландшафта* – способность перерабатывать (сортировать, осаждать, разлагать и т.д.) или выводить за свои пределы вещества.

На практике агронома интересует не устойчивость природного ландшафта (солончаков, солонцов, болот и т. д.), а его податливость мелиорации и освоению. Поэтому в отличие от саморегулирующегося функционирования природного ландшафта, агроландшафт функционирует в режиме, заданном человеком. Его устойчивость связана с поддержанием заданных параметров функционирования (определенного физико-химического состояния почв, гидрологического режима и др.) ценой определенных усилий. Цена устойчивости агроландшафта включает затраты на поддержание производительных и экологических функций, в том числе природоохранных.

Следовательно, *устойчивость агроландшафта* – это способность поддерживать заданные производительные и социальные функции, сохраняя биосферные.

Основные виды устойчивости агроландшафтов:

1. *Экологическая устойчивость* агроландшафтов реализуется режимами: органического вещества, биогенных элементов, реакции среды, окислительно-восстановительных условий, структурного состояния и сложения почвы, воздуха, влаги, тепла, биогенности, биологической активности почвы, фитосанитарного состояния агроценозов. В зависимости от объектов и механизмов действия экологическая устойчивость подразделяют на: *физическую* (устойчивость литоосновы, противоэрозионная устойчивость); *биологическую* (восстановительные и защитные функции растительности, устойчивость против вредных организмов); *геохимическую* (способность к самоочищению от продуктов загрязнения и снижению токсичности, буферность, противостояние засолению);

гидрогеологическую и *гидрологическую* (противостояние остепнению, опустыниванию, заболачиванию);

2. *Агрономическая (производительная) устойчивость* включает устойчивость урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности пастбищ, качества продукции. Она оценивается по коэффициенту вариации показателя;

3. *Экономическая устойчивость* характеризуется экономическими параметрами производства.

Цена общей устойчивости агроландшафта включает затраты на обеспечение устойчивости всех видов: производительной, экологической и социально-экономической.

Цена экологической устойчивости агроландшафта включает затраты на мероприятия по охране почв от разрушения и поддержания экологических функций. Она должна входить в затраты производителя на получение продукции и соответственно – в цену товара. Прежнее хозяйствование без платы за природные ресурсы и без ответственности за их эксплуатацию порождало экологические риски, бедствия и катастрофы. Товаропроизводители обязаны обеспечивать экологическую устойчивость агроландшафта и нести ответственность за загрязнение, эрозию и другие проявления деградации ландшафтов и почв. Государство должно выполнять контрольные функции и создавать благоприятные условия для производственной и природоохранной деятельности, регулируя её экономическими, юридическими и другими средствами.

Если агротехнологии адаптированы к ландшафту, то операции, направленные на достижение определенной продуктивности, способствуют его экологической устойчивости. Например, сокращение поверхностного стока противоэрозионными мероприятиями снижает темпы эрозии и повышает урожайность за счёт дополнительного влагонакопления.

Однако такое совпадение часто не является полным. Затраты на предотвращение деградации оказываются выше стоимости прибавки урожая, ещё выше затраты на преодоление последствий деградации, прекращение оврагообразования путём проведения гидротехнических, лесомелиоративных и других затратных мероприятий.

Задание. Используя справочную литературу**,** изучить основные виды устойчивости ландшафтов и агроландшафтов.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под природным экологическим равновесием?
2. Что понимают под устойчивостью природного ландшафта? Какие виды устойчивости природного ландшафта Вы знаете?
3. Что понимают под саморегулированием, самоорганизацией и самоочищением ландшафта?
4. Что понимают под устойчивостью агроландшафта?
5. Какие виды устойчивости агроландшафтов Вы знаете?
6. Какие затраты включает цена экологической устойчивости агроландшафта?

Лабораторная работа 8. Геоинформационное обеспечение агроэкологической оценки земель на различных территориальных уровнях

Цель: изучить геоинформационное обеспечение агроэкологической оценки земель на федеральном, региональном и местном уровнях.

Базовое определение геоинформационной системы (ГИС) подразумевает аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий систематизацию, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Операционное определение ГИС – это совмещение электронной карты и привязанной к её выделам или координатам компьютерной базы данных, система управления которой предусматривает возможности специализированной обработки и импорта-экспорта информации. Выделяют растровые и векторные виды ГИС – отличающиеся принятой в них системой координат и типом представления (оцифровки) информации. Оба вида можно активно применять в геоинформационном обеспечении агроэкологической оценки земель, агроэкологического районирования и проектирования систем земледелия.

Растровые ГИС хорошо подходят для геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия на уровне от региона до хозяйства, поскольку они позволяют: легко визуализировать на картах табличную информацию из связанных с ними баз данных; проводить логические (если…, то…) и алгебраические действия (сложение, вычитание…) различных тематических карт слоев (например, почв и крутизны склона), часто имеющих различную пространственную организацию (несовпаде-

ние границ исходных картографических выделов) – с формированием новых тематических слоев оценочной или технологической информации.

Векторные ГИС основаны на точечном (а не сеточном) представлении информации. В виде её элементарных пространственных носителей выступают точки, линии и полигоны (или участки). Каждая точка обладает «точными» координатами (их точность определяется качеством исходной карты и компьютера). Точки объединяются в линии. Замкнутые линии образуют полигоны. В результате легко и с большей точностью определяются площадные и линейные измерения, что может использоваться в векторных пакетах геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия – для уточнения реальных площадей распространения агроэкологических групп земель, полей (рабочих участков и севооборотов), планируемых объемов применения удобрения, мелиорантов и средств защит растений, валового сбора урожая, общих и дифференцированных затрат на его получение, рационального размещения лесополос, полевой дорожной сети и объектов производственной инфраструктуры хозяйства.

Сегодня в условиях быстрого нарастания информатизации и глобализации сельскохозяйственного производства ясно выражена мировая тенденция к повышению уровня методологической универсализации, технологической унификации и функциональной детализации создаваемого информационного обеспечения для агроэкологической оценки земель различного территориального уровня. Большинство современных систем агроэкологической оценки земель нацелены на количественный анализ возможности выполнения ими своих основных агроэкологических функций.

Агроэкологическая оценка количественных критериев физического и экономического соответствия земель различным вариантам и технологиям их использования строится на основе «рамочных рекомендаций» ФАО. Информационную основу такой оценки составляет систематизированная в специализированных базах данных исходная расчетная информация:

- агроэкологические требования районированных культур и сортов;

- методические разработки по количественному анализу влияния основных лимитирующих факторов на продукционный процесс и урожайность;

- районированные технологические карты по основным сельскохозяйственным культурам – с выделением обязательных и факультативных операций, ранжированием гибких элементов агротехнологии;

- рациональная (минимально-достаточная) система нормативов производства затрат, цен на основные статьи расхода и готовую продукцию.

В соответствии со спектром решаемых землеоценочных задач, методами и информационным обеспечением их решения, выделяют федеральный, региональный и локальный уровни агроэкологической оценки земель.

Федеральный уровень агроэкологической оценки земель. На этом уровне агроэкологической оценки земель решаются принципиальные методологические и технологические вопросы оценки:

- функционально-целевое структурирование рамочной системы оценки;

- введение общепринятой системы пространственно-временной организации и классификации агроландшафтов;

- разработка базовых критериев, факторов и основных диагностических параметров оценки (ОДПО);

- формирование единых правил качественного и количественного ранжирования ОДПО, базового перечня применяемых классификационных схем;

- формирование единой рамочной системы метролого-аналитического и информационно-методического обеспечения оценки;

- создание рамочных баз исходных и нормативных данных, основных алгоритмов анализа, интегрирования и интерпретации информации;

- разработка типовых форм исходной и нормативной информации, основных информационно-аналитических модулей и результатов анализа;

- определения перечня используемых платформ совместимого между собой базового и специализированного программного обеспечения.

Региональный уровень агроэкологической оценки земель. На данном уровне решаются научно-методические и геоинформационные задачи:

- разработка, верификация и поэтапная детализация региональных систем агроэкологической систематизации земель – на

основе уточненного природно-сельскохозяйственного (агроэкологического) районирования территории субъектов Российской Федерации;

- составление региональных регистров паспортизированных и пространственно координированных (с указанием основных ареалов распространения) агроэкологических групп и видов земель;

- создание среднемасштабных (1:100 000 или 200 000) электронных карт и картосхем агроэкологической группировки земель региона;

- формирование региональных баз данных основных диагностических параметров оценки (ОДПО) агроэкологического состояния земель;

- формирование региональных электронных атласов агроэкологического состояния земель – структурированных по основным лимитирующим факторам адаптивно-ландшафтного земледелия;

- формирование региональных систем районированных нормативов агроэкологической оценки земель для задач адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий;

- разработка и адаптация к условиям и задачам региона специализированного программного обеспечения для решения типовых задач агроэкологической оценки, прогнозирования и моделирования функционального качества и экологического состояния основных агроэкологических групп и видов земель в наиболее распространенных условиях землепользования.

Вся доступная землеоценочная информация поэтапно интегрируется в единую региональную агрогеоинформационную систему агроэкологической оценки земель (РАГИС АЗ). Её геоинформационную основу составляют сопряженные с соответствующими базами данных тематические пакеты электронных карт и картосхем:

- базовых топографических слоёв (изолиний рельефа, водотоков, дорожной, жилищной и производственной инфраструктуры – отражаемой в масштабе 1:100 000 или 1:200 000);

- базового землеустройства с выделением основных категорий законодательно закрепленного землепользования и крупных землепользователей – с площадью землепользования более 1000 га;

- преобладающих типов мезорельефа и вдов микрорельефа – с количественным (полуколичественным) ранжированием их показателей по влиянию на агроэкологическое качество земель

и указанием ареалов распространения проблемных геоморфологических ситуаций (оползни, мочары …);

- почвообразующих пород – с указанием ареалов преобладания основных типов почвообразующих пород, глубины залегания подстилающих пород, оказывающих серьезное влияние на агроэкологическое качество почв и земель;

- агроклимата – с районированием территории по среднемноголетнему количеству осадков, сумме активных температур, длительности вегетационного периода основных выращиваемых культур, агроклиматическим рискам растениеводства и степени неоднородности микроклимата;

- структуры почвенного покрова – с выделением основных мезо- и микрокомбинаций почвенного покрова и указанием преобладающих соотношений между их компонентами;

- основных ресурсных факторов агроэкологического состояния почв в условиях данного региона – включая среднемноголетние запасы продуктивной влаги, текущее содержание и запасы гумуса и доступных форм питательных макро- и микроэлементов, районирование территории по основным почвенно-гидрологическим группам земель;

- лимитирующих факторов агроэкологического состояния земель в условиях данного региона – включая эрозию, агрофизическую и агрохимическую деградацию почв, проблемы фитосанитарного состояния земель, основные виды загрязнения и техногенной деградации земель, риски сезонного иссушения, вымокания посевов, переуплотнения и т.п.

Локальный уровень агроэкологической оценки земель. На этом уровне концентрируется информация по агроэкологической оценке земель конкретного сельскохозяйственного предприятия для проектирования в нём адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Для его условий настраивается необходимая база – на основе нормативов, принятых для соответствующего природно-сельскохозяйственного (и, по возможности, административного) района, к которому оно относится. При отсутствии готовых районированных нормативов максимально детализируется доступная нормативная информация – по соответствующей подзональной или зональной природно-сельскохозяйственной провинции, с учётом почвенно-агроландшафтных особенностей конкретного хозяйства.

В результате многолетней деятельности институтов системы ГИПроЗем и станций агрохимического обслуживания, на всю сельскохозяйственную территорию страны были созданы крупномасштабные почвенные и агрохимические карты нескольких туров обследования.

Использование этих карт существенно облегчает и удешевляет проведение качественной агроэкологической оценки земель хозяйства для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Поэтому необходимо принять меры по сохранению и оцифровке крупномасштабных почвенных и агрохимических карт хозяйств.

Для эффективного решения задач локального уровня агроэкологической оценки земель используются базовые элементы региональных агрогеоинформационных систем агроэкологической оценки земель (РАГИС АЗ) – после их адаптации и настройки к условиям соответствующего района и, при необходимости, хозяйства.

Локальные компоненты формируются посредством уточнения-редакции региональных нормативов и шкал оценки, уточнения набора выращиваемых культур и агроэкологических особенностей анализируемых земель.

Задание. Используя справочную литературу, изучить геоинформационное обеспечение агроэкологической оценки земель на федеральном, региональном и локальном уровнях.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о растровых и векторных видах ГИС.
2. Какая исходная расчётная информация составляет информационную основу агроэкологической оценки земель?
3. Какие принципиальные методологические и технологические вопросы оценки решаются на федеральном уровне агроэкологической оценки земель?
4. Какие научно-методические и геоинформационные задачи решаются на региональном уровне агроэкологической оценки земель?
5. Расскажите о локальном уровне агроэкологической оценки земель.

Рекомендуемая литература

1. Кирюшин, В. И. Агрономическое почвоведение : учебник. – М. : КолосС, 2010. – 687 с.

2. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия : учебник. – М. : Колос, 1996. – 367 с.

3. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий : метод. руководство ; под ред. В.И. Кирюшина, Ал. Иванова. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.

Оглавление

Предисловие..... 3

Лабораторная работа 1. Ландшафтно-экологический анализ территории..... 4

Лабораторная работа 2. Агроэкологическая оценка почвенных условий..... 13

Лабораторная работа 3. Агроэкологическая оценка земель, загрязненных тяжелыми металлами 24

Лабораторная работа 4. Агроэкологическая оценка земель, загрязненных радионуклидами..... 28

Лабораторная работа 5. Фитосанитарная оценка земель..... 33

Лабораторная работа 6. Санитарная оценка земель..... 38

Лабораторная работа 7. Оценка устойчивости ландшафтов и агроландшафтов и их антропогенной преобразованности 44

Лабораторная работа 8. Геоинформационное обеспечение агроэкологической оценки земель на различных территориальных уровнях 47

Рекомендуемая литература 53

Учебное издание

Василий Григорьевич Кутилкин

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ

Методические указания

Подписано в печать 15.03.2021. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,20; печ. л. 3,44.
Тираж 50. Заказ № 30.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru.



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Землеустройство, почвоведение и агрохимия»

В. Г. Кутилкин

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПОЧВ

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2021

УДК 631.95:631.4:574
ББК 40.3:20.1
К95

Кутилкин, В. Г.

К95 Агроэкологическая экспертиза почв : методические указания. – Кинель : ИБЦ СамарскогоГАУ, 2021. – 56 с.

Методические указания содержат теоретический материал, задания для выполнения лабораторных работ, список рекомендованной учебной литературы, контрольные вопросы. Учебное издание предназначены для обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль «Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2021
© Кутилкин В.Г., 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Агроэкологическая экспертиза почв» составлены в соответствии с требованиями основной профессиональной образовательной программы подготовки студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, программа магистратуры «Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов», а также рабочей программы дисциплины.

Учебное издание освещает теоретические вопросы экологических функций почв деградации и загрязнения земель, агроэкологической экспертизы почв и общих принципов и методов определения содержания биогенных элементов в почве. В методических указаниях изложены методики и техника проведения лабораторных работ, дан перечень необходимых для их проведения материалов. Каждая работа завершается контрольными вопросами для оценки знаний.

Цель методических указаний – способствовать формированию навыков самостоятельного обучения и самоконтроля. В методических указаниях изложены методики и техника проведения лабораторных работ, дан перечень рекомендуемой литературы.

В процессе выполнения заданий, предложенных в методических указаниях, обучающийся должен овладеть компетенциями связанными со способность разработать экологически безопасные адаптивно-ландшафтные системы земледелия для сельскохозяйственных предприятий, готовностью применять разнообразные классические и инновационные подходы к моделированию и проектированию систем защиты растений, приемов и технологий производства продукции растениеводства, воспроизводству плодородия почв.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, программе магистратуры «Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов».

РАЗДЕЛ I. ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ

Лабораторная работа 1. Сохранение экологических функций почв как условие оптимального природопользования

Цель занятия: изучить экологические функции почвы.

Почва – сложная полифункциональная система. Она является составной частью биосферы и выполняет множество взаимосвязанных природных функций. Человек наделил почву функциями средства производства продукции сельского и лесного хозяйства, т.е. производительными функциями, а также различными социальными функциями, в которых почва выступает как хранилище отходов, объект различных видов строительной, водохозяйственной, горнодобывающей, военной и другой деятельности, селитебный объект и др. Возросшее давление этой деятельности на биосферу, в том числе почву, привело к региональным катастрофам и угрозе глобальной катастрофы. Поэтому экологический императив требует сохранение экологических функций и наложения ограничений на те виды деятельности, которые наносят ущерб эти функциям.

Далее рассмотрим основные группы экологических функций:

- *биоэкологические функции*. Почва является экологической нишей, убежищем и областью концентрации живого вещества. В почве аккумулируется необходимые организмам биофильные элементы в доступных формах химических соединений. В различных почвах формируется неодинаковая плотность жизни на Земле, обеспечивается биологическое разнообразие видов. Интенсивное воздействие на почву механическими и химическими средствами приводит к ухудшению её структурного состояния. Конструирование оптимальных агроландшафтов в сочетание с восстановлением природных ландшафтов, а также дифференциальные агротехнологии адаптивно-ландшафтного земледелия с минимальным воздействием почву способствуют оживлению почвы, ее биологическому рыхлению;

- *биоэнергетические функции* связаны с консервацией солнечной энергии и её утилизацией в процессе жизнедеятельности организмов-деструкторов. В органическом веществе почвы накапливается энергия, благодаря которой функционируют микроорганизмы.

Азотфиксирующие микроорганизмы, используя энергию органического вещества почвы аккумулируют минеральный азот;

- *биогеохимические функции* связаны с тем, что биофильные вещества захватываются из почвы растениями и через ряд промежуточных трофических циклов (растения – животные – микроорганизмы) возвращаются назад в почву, что и составляет малый биологический круговорот веществ. При этом почва является связующим звеном между биологическим и геологическим круговоротами и защищает литосферу от слишком интенсивного воздействия экзогенных факторов, т. е. от разрушения;

- *гидрологические и гидрологические функции*. Почва выполняет роль посредника между поверхностным и грунтовыми стоками. При ухудшении водно-физических свойств почв увеличивает поверхностный сток, что может приводить к более длительным паводкам весной и к пересыханию рек в засушливый период, к усилению эрозии, недостаточному влагообеспечению почв. Почвенный покров поглощает многие вредные вещества на пути миграции в водные экосистемы. Однако в результате нерационального применения удобрений загрязняются пойменные экосистемы;

- *газоатмосферные функции*. Почва участвует в формировании газового состава атмосферного воздуха и в целом атмосферы прежде всего деятельностью почвенных микроорганизмов, дыханием корней растений и животных. Благодаря высокой пористости почвы из нее в атмосферу поступает поток различных газов, в том числе парниковые газы (углекислый газ, метан, оксиды азота). Одновременно почва поглощает кислород. Постоянство состава атмосферного воздуха поддерживается посредством дыхания почвы и растений, а также фотосинтеза. Кроме выполнения газовых функций почва является источником поступающего в атмосферу твердого вещества микроорганизмов;

- *биогеоценотические функции*. Помимо вышерассмотренных глобальных функций почв выделяют и различные биогеоценотические функции. Среди них особое внимание занимают санитарные функции, способность почвы к самоочищению. Почва обладает антисептическими свойствами, ограничивающими развитие болезнетворных микроорганизмов, она сдерживает их перенос. Почва обладает другими важными активаторно-ингибиторными функциями, которые называют физиологическими. Одни вещества, в том числе гумусовые кислоты, стимулируют рост и развитие

растений, другие вступают как ингибиторы. Почва обладает сорбционной функцией, в особенности с адсорбцией газов, жидкостей, молекул и ионов, химическим поглощением веществ с образованием нерастворимых соединений, сорбцией микроорганизмов. Сорбционные функции определяют буферность почв. Поглотительная способность почв определяется прежде всего экологическая емкость агроландшафта (способность агроландшафта выдержать свою определенную нагрузку, сохраняя экологическую и производительную устойчивость).

Задание. Используя рекомендуемую литературу, изучить биоэкологические, биоэнергетические, биогеохимические, гидрологические, гидрологические, газоатмосферные, биогеоценотические функции почвы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите глобальные и биогеоценотические функции почвы.
2. Расскажите о биоэкологических функциях почвы.
3. В чём заключаются биоэнергетические функции почвы?
4. Расскажите о гидрологических и гидрогеологических функциях почвы.
5. В чём заключаются газоатмосферные функции почвы?
6. Расскажите о биогеохимических функциях почвы.
7. Какие биогеоценотические функции почвы Вы знаете?

Лабораторная работа 2. Деградация и загрязнение почв

Цель занятия: изучить категории деградации почв.

Под *деградацией почв* следует понимать устойчивое ухудшение свойств почв и её производительных функций.

Деградация почв развивается преимущественно при совместном действии природных и антропогенных факторов, при этом антропогенное влияние создает предпосылки для активизации природных воздействий.

Множество видов деградации, т.е. форм ее проявления (эрозия, дефляция, дегумификация, переуплотнение, подкисление, засоление, заболачивание, загрязнение, почвоутомление и т. д.), разделяют на три категории: физическую, химическую и биологическую деградацию почв.

Физическая деградация почв включает процессы механического удаления почвенного материала, нарушение сложения почвы, уплотнение, ухудшение физических и водно-физических свойств, водного и воздушного режимов.

Химическая деградация – ухудшение химических свойств почв, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, истощение запасов питательных элементов, вторичное засоление и осолонцевание, загрязнение токсикантами.

Биологическая деградация – сокращение видового разнообразия, численности полезных, изменение соотношения различных видов микроорганизмов, ухудшение санитарного состояния, загрязнение почвы патогенными микроорганизмами.

Эти три категории деградации почв взаимно влияют друг на друга и часто совмещаются.

Деградация может проявляться в различной степени – от очень слабой до очень сильной степень деградации характеризуется отклонением параметров деградируемой почвы от недеградированной. Процессы деградации характеризуются интенсивностью – скоростью негативных изменений почв за определенный промежуток времени. В качестве критерия оценки деградации рассматривают также обратимость, под которой понимают возможность восстановления свойств почв, измененных в процессе деградации. Она зависит от вида и степени деградации. При проявлении одних видов деградации почв (подкисление, почвоутомление и т.п.) можно без больших затрат достичь полного восстановления оптимальных свойств почв, при наступлении других (водная эрозия, дефляция и т.п.) – устранить её последствия сложно или практически невозможно.

Деградацию почв необходимо рассматривать в контексте с деградации агроландшафтов (земель), в том числе почвенного покрова, выделяя физическую, геохимическую, гидрогеологическую и гидрологическую деградации агроландшафтов.

Физическая деградация почв связана эрозией почвы. Ежегодно 75 млрд. $т^3$ почвы выносится с суши (большинство с сельскохозяйственных полей) в результате водной и ветровой эрозии.

Данные государственного мониторинга земель показывают, что в России сформировалась и продолжает усиливаться тенденция ухудшения качественного состояния земель. Основными негативными процессами являются эрозия, дефляция, заболачивание,

засоление, подтопление, зарастание сельскохозяйственных угодий кустарником и мелколесьем и другие процессы, ведущие к потере плодородия сельскохозяйственных угодий и выводу их из сельскохозяйственного оборота. В России около 80% земель сельскохозяйственного назначения (или 190 млн. га) подвержены деградации, в первую очередь эрозии. Водной эрозии подвержено 17,8% площади сельскохозяйственных угодий, ветровой – 8,4%, переувлажненные и заболоченные земли занимают 12,3%, засолённые и солонцеватые – 20,1% сельскохозяйственных угодий.

Уплотнение почвы – вид физической деградации, связанный с реорганизацией почвенных микро- и макрочастиц. Признаками уплотнения является снижение пористости, проницаемости и нарушение распределения, размера и формы почвенных частиц по сравнению с исходным состоянием.

Запечатывание поверхности почвы тогда, когда поверхностная корка может препятствовать проникновению воды в более глубокие слои почвы.

Истощение запасов органического вещества в почве приводит к снижению почвенного плодородия и биомассы почвенных организмов.

Антропогенные воздействия, которые влияют на содержание органического вещества, включают: распашку пастбищ (перевод природных экосистем в сельскохозяйственные обычно приводит к утрате 50-75% предыдущего накопленного запаса углерода); глубокая вспашка приводит к снижению органического вещества в почве; эрозия почвы; вымывание (выщелачивание) питательных веществ из почвы; искусственное удаление подстилки; лесные пожары, перевыпас. В результате выше перечисленных процессов за последние 100 лет содержание гумуса сократилось почти на 30%.

Химическая деградация почвы. Согласно Национального плана действий по охране окружающей среды для 54-55% регионов России самыми острыми считаются проблемы нарушений земель в процессе хозяйственной деятельности, их загрязнения и захламления.

Наиболее важными проблемами загрязнения почв следует считать закисление, химическое загрязнение и влияние на почву избытка питательных веществ (эвтрофикация). В последнее время важным источником загрязнения экосистем становится биологическое загрязнение.

Загрязнение почв. Основные загрязнители почвы: 1) пестициды (ядохимикаты); 2) минеральные удобрения; 3) отходы и отбросы производства; 4) газодымовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; 5) нефть и нефтепродукты.

В настоящее время влияние **пестицидов** на здоровье населения многие ученые приравнивают к воздействию на человека радиоактивных веществ. Достоверно установлено, что при применении пестицидов наряду с некоторым увеличением урожайности отмечается рост видового состава вредителей, ухудшаются пищевые качества и сохранность продукции, утрачивается естественное плодородие и т. д.

Пестициды вызывают глубокие изменения всей экосистемы, действуя на все живые организмы, в то время как человек использует их для уничтожения весьма ограниченного числа видов организмов. В результате наблюдается интоксикация огромного числа других биологических видов (полезных насекомых, птиц) вплоть до их исчезновения. К тому же человек старается использовать значительно больше пестицидов, чем это необходимо, и еще более усугубляет проблему.

Среди пестицидов наибольшую опасность представляют стойкие хлорорганические соединения (ДДТ, ГХБ, ГХЦГ), которые могут сохраняться в почвах в течение многих лет и даже малые их концентрации в результате биологического накопления могут стать опасными для жизни организмов.

Попадая в организм человека, пестициды могут вызвать не только быстрый рост злокачественных новообразований, но и поражать организм генетически, что может представлять серьезную опасность для здоровья будущих поколений.

Почвы загрязняются и **минеральными удобрениями**, если их используют в неумеренных количествах, теряют при производстве, транспортировке и хранении. Из азотных, суперфосфатных и других типов удобрений в почву в больших количествах мигрируют нитраты, сульфаты, хлориды и другие соединения.

Большую обеспокоенность вызывает неумеренное применение нитратных удобрений. Повышенное содержание нитратов может вызвать заболевание кровеносной системы.

Основными источниками загрязнения сельскохозяйственных полей тяжелыми металлами являются атмосферные выпадения, удобрения, навоз, иловые осадки и металлосодержащие пестициды.

Из них из-за высокой токсичности наибольшую опасность здоровью человека представляют кадмий, свинец и ртуть.

К интенсивному загрязнению почв приводят **отходы и отбросы производства**. Огромные площади земель заняты свалками, золоотвалами, хвостохранилищами и др., которые интенсивно загрязняют почвы, а их способность к самоочищению, как известно, ограничена.

Отходы – вещества (или смеси веществ), признанные непригодными для дальнейшего использования в рамках имеющихся технологий, или после бытового использования продукции.

Отходы различаются: 1) по происхождению (отходы производства или промышленные отходы; отходы потребления (коммунально-бытовые); 2) по агрегатному состоянию: (твердые, жидкие, газообразные); 3) по классу опасности для окружающей природной среды: 1-й – чрезвычайно опасные, 2-й – высоко опасные, 3-й – умеренно опасные, 4-й – малоопасные, 5-й – практически неопасные.

Понятие «Опасные отходы» используется в следующих случаях:

1) отходы содержат вредные вещества, в том числе содержащие возбудителей инфекционных болезней, токсичные, взрывоопасные и пожароопасные, с высокой реакционной способностью, например, вызывающие коррозию, радиоактивные;

2) отходы представляют опасность для здоровья человека и/или для нормального состояния окружающей природной среды.

Одним из глобальных проявлений деградации почв является **опустынивание**. **Опустынивание** – это процесс необратимого изменения почвы и растительности и снижения биологической продуктивности, который в экстремальных случаях может привести к полному разрушению биосферного потенциала и превращению территории в пустыню.

На территории, подверженной опустыниванию, ухудшаются физические свойства почв, гибнет растительность, засоляются грунтовые воды, резко падает биологическая продуктивность, а следовательно, подрывается и способность экосистем восстанавливаться.

Биологическое загрязнение почвы. Генно-модифицированные растения могут рассматриваться как источник загрязнения для почвы и почвенных организмов, поскольку они способны оказывать

косвенное влияние на их разнообразие, и способствовать развитию генетической устойчивости целевых видов-вредителей.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, изучить категории деградации почв.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под физической деградацией почв?
2. Что понимают под биологической деградацией почв?
3. Что понимают под геохимической деградацией почв?
4. Что понимают под загрязнением почвы?
5. Что понимают под гидрогеологической деградацией почв?
6. Расскажите о загрязнении почв гербицидами.
7. Расскажите о загрязнении почв нефтью и нефтепродуктами.

Лабораторная работа 3.
Почва в системе государственного законодательства

Цель занятия: изучить правовые нормы в сфере использования и охраны почв.

Почва как многофункциональная категория находит многоплановое отражение в государственном законодательстве. Почву в данном случае рассматривают, прежде всего, как объект производственной деятельности, как важнейший природной ресурс и главное средство производства в сельском хозяйстве.

Конституцией Российской Федерации определено, что земля и другие природные ресурсы используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории (ст. 9). Владение, пользование и распоряжение землей и другими природными ресурсами осуществляются их собственниками свободно, если это не наносит ущерба окружающей среде (ст. 36).

Декларированные Конституцией РФ отношения в сфере использования и охраны земель развернуты в основном в земельном законодательстве, а также природоохранительных и других законах.

Основным законодательным актом, регулирующим земельные отношения, использование и охрану земельных ресурсов, является Земельный кодекс, принятый в 1991 г.

Помимо этих основных документов те или иные правовые нормы использования и охраны почв отражены в законах «О недрах», «Об особо охраняемых природных территориях», «О государственном регулировании обеспечения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения», о Водном кодексе РФ и др.

Отсутствие в действующей нормативной правовой базе природоохранной регламентации антропогенных нагрузок на почвы, действенного правового механизма ответственности за их деградацию, государственного учёта природно-хозяйственного качества и экологического состояния почв при кадастровой оценке земель не позволяет обеспечить предотвращение процессов деградации почв.

В многих странах, таких как США, Канада, Китай, Германия, Франция, уже пришли к пониманию того, что охрану почв, борьбу с их деградацией и загрязнением можно проводить только на государственном уровне. Основным принципом законодательства этих стран является недопустимость воздействий на почвы, приводящих к ухудшению их качества, загрязнению и разрушению. Законы ведущих зарубежных стран регламентируют деятельность органов, предприятий, организаций и граждан в области охраны почв; установлены требования и ограничения для территорий с загрязненными почвами, предусматривающие мероприятия по очистке (санации) почв и предотвращению их воздействия на здоровье человека и окружающую среду; предусмотрено ведение государственного учёта качества почв, создание банка данных о почвах.

В решениях Всемирной конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) отмечено, что охрана и рациональное использование почв должны являться центральным звеном государственной политики, поскольку состояние почв определяет условия жизнедеятельности человечества, оказывает решающее воздействие на окружающую среду.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, ознакомиться с Земельным кодексом РФ, изучить правовые нормы в сфере использования и охраны почв.

Контрольные вопросы

1. Что устанавливает Земельный кодекс, принятый в 1991 году? Его изменения.
2. Что включает в себя охрана земель?

3. Какие отдельные правовые нормы в сфере использования и охраны почв представлены в Законе РФ «Об охране окружающей природной среды»?
4. Какие принципы должны быть положены в основу закона об охране почв?

РАЗДЕЛ II. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Лабораторная работа 4. Введение в экологическую экспертизу как превентивного вида природоохранной деятельности

Цель занятия: изучить виды экологической экспертизы, цель, функции и основные задачи, принципы осуществления экологической экспертизы.

Экологическая экспертиза является одним важнейших механизмов природопользования и охраны окружающей среды в России, причём этот механизм носит превентивный (предупредительный) характер.

Экологическая экспертиза – установление соответствия намечаемой хозяйственной или иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы в целях неблагоприятных воздействий на окружающую среду и связанных с ними, социальных, экономических и иных последствий реализации объекта экологических экспертизы.

Цель экологической экспертизы – определение экологической обоснованности как намечаемых, так и уже принятых решений, если их реализация может повлечь за собой или уже оказывает негативное воздействие на здоровье населения, качество окружающей среды.

Функции экологической экспертизы заключаются в обеспечении экологической безопасности развития общества, его производительных сил, прежде всего самого человека, его жизни и здоровья, а также окружающей среды, без должного качества которой невозможно нормальное существование ни индивидуума, ни общества.

Основные задачи экологической экспертизы:

1. Экологическая экспертиза является правовым средством реализации конституционного права граждан РФ на благоприятную окружающую среду.

2. Экологическая экспертиза служит инструментом обеспечения выполнения экологических требований в планируемой хозяйственной, управленческой, нормотворческой и иной деятельности на стадиях подготовки и принятия соответствующих решений.

3. Экологическая экспертиза является механизмом предупредительного экологического контроля, поскольку предотвращает появление хозяйственных и иных объектов, негативно влияющих на состояние природы, и связанных с этим неблагоприятных социальных, экономических и иных последствий.

4. Экологическая экспертиза служит источником экологической информации.

5. Экологическая экспертиза выполняет функцию реализации общественного мнения в решении экологических проблем.

6. Экологическая экспертиза является средством доказывания в суде при рассмотрении дел по вопросам охраны окружающей природной среды.

Экологическая экспертиза устанавливает:

- не противоречит ли намечаемая деятельность экологическому законодательству РФ или субъектов РФ.

- соответствует ли намечаемая деятельность требованиям нормативных актов по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

- достаточно ли полно произведена оценка воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду.

- допустима ли намечаемая деятельность с точки зрения безопасности окружающей среды и населения.

- достаточны ли предусмотренные проектом меры по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

Принципы осуществления экологической экспертизы:

1. **Принцип презумпции потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной и иной деятельности** означает, что любой вид хозяйственной деятельности может влечь экологические последствия для окружающей среды.

2. **Принцип обязательности проведения государственной экологической экспертизы до принятия реализации объекта**

экологической экспертизы адресован заказчику планируемой деятельности и органам государственной экологической экспертизы.

3. **Принцип комплексности оценки воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности и ее последствий** реализуется в соответствии с «Положением по оценке воздействия».

4. **Принцип обязательности учета требований экологической безопасности при проведении экологической экспертизы** обусловлен правом каждого на благоприятную окружающую среду. Он предусматривает обязанность участников эколого-экспертного процесса соблюдать правовые, экологические требования проектирования, размещения, строительства, эксплуатации объектов экспертизы, выявлять, соблюдаются ли нормативы качества окружающей среды в случае реализации проекта.

5. **Принцип достоверности и полноты информации, представляемой на экологическую экспертизу,** обязывает заказчика планируемой деятельности обеспечить представление на государственную экспертизу достоверной и полной информации об объекте экспертизы, оценки его воздействия на окружающую среду, о современной экологической ситуации в регионе, реализации проекта и т. д.

6. **Принцип независимости экспертов экологической экспертизы при осуществлении ими своих полномочий в области экологической экспертизы** означает, что никто не вправе вмешиваться в работу эксперта, выполняемую в соответствии с требованиями законодательства об экологической экспертизе, техническим заданием на проведение экологической экспертизы и задачами, поставленными перед экспертом руководителем экспертной комиссии или руководителем группы.

7. **Принцип научной обоснованности, объективности и законности заключений экологической экспертизы** - один из основных. Заключения экологической экспертизы должны быть научно обоснованными.

8. **Принцип гласности, участия общественных организаций (объединений), учета общественного мнения** при проведении экологической экспертизы, является проявлением демократизации российского экологического права и средством реализации права граждан на благоприятную окружающую среду.

9. **Принцип гласности, участия общественных организаций (объединений), учета общественного мнения** при проведении экологической экспертизы, является проявлением демократизации российского экологического права и средством реализации права граждан на благоприятную окружающую среду.

Законодательство предусматривает два вида экологической экспертизы: *государственную* и *общественную*.

Объектами экологической экспертизы являются:

- проекты и технико-экономические обоснования (ТЭО) строительства и эксплуатации хозяйственных сооружений, а также действующие предприятия и комплексы;
- нормативно-техническая документация на создание новой техники, технологий, материалов, а также на работающее оборудование;
- проекты нормативных и административных актов и действующее законодательство.

объектами экологической экспертизы являются:

- законодательные и исполнительные органы государственной власти, а также суды различных уровней;
- специализированные правительственные организации (комитеты, комиссии, агентства, министерства);
- специализированные неправительственные организации (частные, общественные, кооперативные).

На федеральном уровне государственную экологическую экспертизу проводит Министерство природных ресурсов РФ. На уровне субъектов РФ государственную экологическую экспертизу проводят Министерства природных ресурсов субъектов РФ (областей и краев) и их подразделения – Комитеты по охране окружающей среды (областные и краевые). Финансирование государственной экологической экспертизы, в том числе ее повторное проведение, осуществляется за счет средств заказчика документации, на основе сметы расходов на проведение государственной экологической экспертизы.

Важное значение для определения стоимости проводимой государственной экологической экспертизы имеют три обстоятельства:

- категория сложности объекта государственной экологической экспертизы;
- количество экспертов, привлекаемых для ее проведения;
- продолжительность проведения государственной экологической экспертизы.

Общественная экологическая экспертиза может проводиться в отношении объектов, указанных в статьях 11 и 12 Федерального закона «Об экологической экспертизе, за исключением объектов экологической экспертизы, сведения о которых составляют государственную, коммерческую и (или) иную охраняемую законом тайну.

Общественная экологическая экспертиза может проводиться независимо от проведения государственной экологической экспертизы тех же объектов экологической экспертизы. Общественная экологическая экспертиза проводится до проведения государственной экологической экспертизы или одновременно с ней.

Общественная экологическая экспертиза осуществляется при условии государственной регистрации заявления общественных организаций (объединений) о ее проведении. Регистрацию заявлений, либо отказ в регистрации осуществляют органы местного самоуправления.

Заключение общественной экологической экспертизы направляется всем субъектам, для которых оно может представлять интерес. К ним относятся специально уполномоченные государственные органы в области экологической экспертизы, заказчик документации, органы местного самоуправления.

Заключения общественной экологической экспертизы могут публиковаться в средствах массой информации.

Заключение общественной экологической экспертизы, в отличие от государственной, носит рекомендательный характер.

В отличие от государственной экологической экспертизы финансирование общественной экологической экспертизы осуществляется за счет собственных средств общественных организаций (объединений), общественных экологических и других фондов, целевых добровольных денежных взносов граждан и организаций, а также за счет средств, выделяемых в соответствии с решением органов местного самоуправления.

Общественная экологическая экспертиза может проводиться независимо от проведения государственной экологической экспертизы тех же объектов экологической экспертизы. Общественная экологическая экспертиза проводится до проведения государственной экологической экспертизы или одновременно с ней.

Права и обязанности заказчиков экологической экспертизы. Заказчики документации, подлежащей экологической экспертизе, имеют право:

- получать от федерального органа исполнительной власти в области экологической экспертизы или органа государственной власти субъекта Российской Федерации, организующего проведение государственной экологической экспертизы, информацию о сроках проведения экологической экспертизы, затрагивающей интересы этих заказчиков;

- получать для ознакомления от федерального органа исполнительной власти в области экологической экспертизы или органа государственной власти субъекта Российской Федерации, организующего проведение государственной экологической экспертизы, нормативно-технические и инструктивно-методические документы о проведении государственной экологической экспертизы;

- обращаться в федеральный орган исполнительной власти в области экологической экспертизы или орган государственной власти субъекта Российской Федерации, организующий проведение государственной экологической экспертизы, с требованиями устранения нарушений установленного порядка проведения государственной экологической экспертизы;

- представлять пояснения, замечания, предложения в письменной или устной форме относительно объектов государственной экологической экспертизы;

- оспаривать заключения государственной экологической экспертизы в судебном порядке;

- предъявлять в суд иски о возмещении вреда, причиненного умышленным нарушением законодательства Российской Федерации об экологической экспертизе. Заказчики документации, подлежащей экологической экспертизе, обязаны:

- представлять на экологическую экспертизу документацию в соответствии с требованиями Федерального закона об экологической экспертизе, в том числе на повторное проведение государственной экологической;

- оплачивать проведение государственной экологической экспертизы;

- передавать федеральным органам исполнительной власти в области экологической экспертизы, органам государственной власти субъектов Российской Федерации и общественным организациям

(объединениям), организующим проведение экологической экспертизы, необходимые материалы, сведения, расчеты, дополнительные разработки относительно объектов экологической экспертизы;

- осуществлять намечаемую хозяйственную и иную деятельность в соответствии с документацией, получившей положительное заключение государственной экологической экспертизы;

- передавать данные о выводах заключения государственной экологической экспертизы в кредитные организации для открытия финансирования реализации объекта государственной экологической экспертизы.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, изучить цели, задачи, функции, виды, принципы и порядок осуществления экологической экспертизы.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под экологической экспертизой?
2. В чём заключаются функции экологической экспертизы?
3. Перечислите задачи, которые решает экологическая экспертиза?
4. Что такое общественная экспертиза?
5. Кто может инициировать организацию и проведение общественной экологической экспертизы?
6. Каким образом осуществляется финансирование государственной экологической экспертизы?
7. Как соотносится по срокам проведения общественная экологическая экспертиза с государственной экспертизой?

Лабораторная работа 5. Правовые и нормативно-методические основы проведения экспертизы в РФ

Цель занятия: изучить правовые и нормативно-методические основы проведения экспертизы.

В российском законодательстве центральное место среди источников экологического права занимает Конституция РФ. Важную роль играет конституционная норма статьи 42 о праве каждого человека на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением.

Основы регулирования отношений в сфере охраны окружающей среды определяют статьи 9, 17, 36, 58, 67, 72 Конституции РФ.

Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ, вступивший в силу 10 января 2002 года и являющийся основой российского экологического законодательства. Помимо федеральных законов действует ряд указов президента РФ и постановлений правительства, конкретизирующих их. На основе Конституции РФ и федеральных законов представительные и исполнительные органы власти и управления субъектов федерации, а также органы местного самоуправления разрабатывают проекты и принимают на своем уровне соответствующие законы, другие правовые акты и административные нормативно-правовые документы соответствующего уровня.

Статья 32. Проведение оценки воздействия на окружающую среду.

1. Оценка воздействия на окружающую среду проводится в отношении планируемой хозяйственной и иной деятельности, которая может оказать прямое или косвенное воздействие на окружающую среду, независимо от организационно-правовых форм собственности субъектов хозяйственной и иной деятельности.

2. Оценка воздействия на окружающую среду проводится при разработке всех альтернативных вариантов предпроектной, в том числе прединвестиционной, и проектной документации, обосновывающей планируемую хозяйственную или иную деятельность, с участием общественных объединений (данный пункт утратил силу с 1 января 2007 г. – Федеральный закон от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ).

3. Требования к материалам оценки воздействия на окружающую среду устанавливаются федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны окружающей среды.

Статья 33. Экологическая экспертиза.

1. Экологическая экспертиза проводится в целях установления соответствия документов и (или) документации, обосновывающих планируемую хозяйственную и иную деятельность, требованиям в области охраны окружающей среды (в редакции Федерального закона от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ).

2. Порядок проведения экологической экспертизы устанавливается федеральным законом об экологической экспертизе.

Помимо указанных глав и статей, напрямую посвященных экологической экспертизе и оценке воздействия на окружающую среду, в данном законе глава IV «Экономическое регулирование в области охраны окружающей среды» и глава V «Нормирование в области охраны окружающей среды» также имеют большое значение для проведения экологической экспертизы и оценки воздействия на окружающую среду.

Федеральный закон от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» подробно регулирует отношения в области экологической экспертизы. В этом законе, в главе I «Общие положения» впервые дается определение экологической экспертизы, более подробно раскрываются принципы и указываются виды экологической экспертизы.

Глава II «Полномочия президента Российской Федерации, органов государственной власти и органов местного самоуправления» закрепляет полномочия органов государственной власти и местного самоуправления, в том числе президента, Федерального собрания и правительства РФ (статья 5), вопросы ведения субъектов РФ (статья 6) и полномочия органов местного самоуправления в области экологической экспертизы (статья 9). Кроме того, впервые вводится понятие «специальные уполномоченные государственные органы в области экологической экспертизы», распределены их полномочия, права и обязанности между федеральным (статья 7) и территориальным (статья 8) уровнями. Однако в настоящее время статьи 7 и 8 утратили юридическую силу.

Глава III «Государственная экологическая экспертиза» полностью посвящена государственной экологической экспертизе (ГЭЭ), конкретизирует объекты ГЭЭ федерального уровня (статья 11) и уровня субъектов Федерации (статья 12), дает юридическое определение понятия «специально уполномоченные органы в области экологической экспертизы» (статья 13; в настоящее время утратила юридическую силу), закрепляет общий порядок проведения ГЭЭ (статья 14), определяет статус и обязанности экспертной комиссии (статья 15), ее эксперта (статья 16) и председателя (статья 17), а также фиксирует различия в юридической силе заключений экспертной комиссии и государственной экологической экспертизы (статья 18).

В главе IV «Права граждан и общественных организаций (объединений) в области экологической экспертизы, общественная

экологическая экспертиза» регламентируется проведение общественной экологической экспертизы (ОЭЭ) (статья 20), определяя ее объекты (статья 21), порядок (статья 22) и условия проведения (статья 23), правила ОЭЭ (статья 24), статус ее заключения (статья 25), права граждан и общественных организаций в этой области (статья 19).

В главе V «Права и обязанности заказчиков документации, подлежащей экологической экспертизе» закреплены права (статья 26) и обязанности (статья 27) заказчиков документации, подлежащей ЭЭ.

Главой VI «Финансирование экологической экспертизы» определен порядок финансирования государственной экологической экспертизы (статья 28) и общественной экологической экспертизы (статья 29).

Глава VII «Ответственность за нарушение законодательства Российской Федерации об экологической экспертизе» закрепляет соответствующие виды нарушений (статья 30) и виды ответственности за нарушения законодательства РФ об экологической экспертизе: уголовную (статья 31), административную (статья 32), материальную (статья 33) и гражданско-правовую (статья 34).

Глава VIII «Разрешение споров в области экологической экспертизы» имела только одну статью 35, которая в настоящее время утратила юридическую силу.

В главе IX «Международные договоры Российской Федерации» определен принцип верховенства международного законодательства в области экологической экспертизы над национальным российским (статья 36).

Глава X «Заключительные положения» регламентирует вступление в силу данного федерального закона (статья 37).

Рассмотренные выше федеральные законы формируют основы законодательства в области экологической экспертизы и оценки воздействия на окружающую среду, но практически не являясь законами прямого действия, они требуют наличия конкретизирующих и дополняющих их подзаконных нормативных и правовых актов президента и правительства РФ, ведомств субъектов Федерации и органов местного самоуправления.

К нормативно-правовым подзаконным актам в области экологической экспертизы и оценки воздействия на окружающую среду относятся следующие:

- указы Президента РФ (Например, указ Президента РФ от 4 февраля 1994 г. № 236 «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития», указ Президента РФ от 1 апреля 1996 г. № 440 о «Концепции перехода России к устойчивому развитию»**)**, регулирующие различные аспекты охраны окружающей среды.

- постановления Правительства РФ, например «Об утверждении Положения о порядке проведения государственной экологической экспертизы», «Об утверждении норм оплаты труда членов экспертных советов (комиссий) и внешних экспертов», «Об оплате труда внештатных экспертов государственной экологической экспертизы», «О государственной экспертизе градостроительной и проектно-сметной документации и утверждении проектов строительства», «Об утверждении Положения о государственной экологической экспертизы», «Об утверждении Временного положения о финансировании и кредитовании капитального строительства на территории РФ», «Об органах, осуществляющих государственную экспертизу запасов полезных ископаемых, геологической, экономической и экологической информации о предоставляемых в пользование участках недр», «О порядке разработки, согласования, государственной экологической экспертизе, утверждения и реализации схем комплексного использования и охраны водных ресурсов» и др.;

- нормативные документы специально уполномоченных государственных органов в области экологической экспертизы – Министерства природных ресурсов и экологии России и территориальных органов этого министерства – приказы: «Об утверждении Инструкции по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности», «Об утверждении Положения об оценке воздействия на окружающую среду в РФ», «О комплексной системе оценки и нормирования качества окружающей среды», «Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в РФ», «Об утверждении формы заключения государственной экологической экспертизы», «Об утверждении Руководства по проведению оценки воздействия на окружающую среду при разработке обоснований инвестиций в строительство, технико-экономических обоснований и/или проектов строительства, реконструкции, расширения, технического перевооружения, консервации или

ликвидации хозяйственных и/или иных объектов и комплексов», «Об утверждении Требований к материалам, предъявляемым на государственную экологическую экспертизу для отнесения отдельных участков РФ к зонам чрезвычайной экологической ситуации или экологического бедствия», «Об утверждении Регламента проведения государственной экологической экспертизы» и др.;

- нормативные документы других ведомств по оценке воздействия на окружающую среду и экологической экспертизе: документы строительных ведомств – «Об утверждении Инструкции о порядке разработки, согласования, утверждения и состав обоснования инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений», «Инструкция о порядке проведения государственной экспертизы проектов строительства (реконструкции) зданий и сооружений», «О порядке проведения государственной экспертизы градостроительной документации и проектов строительства в РФ», «Методика оценки воздействия промышленных предприятий на окружающую среду по техногенным факторам» и др.; документы Минздрава России – «Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации полигонов захоронения не утилизированных промышленных отходов» (1986г.), Методические рекомендации «Гигиеническая оценка утилизации твердых и концентрированных жидких отходов химических производств на предприятиях других отраслей промышленности» (1984 г.) и др.; документы Росгидромета – Рекомендации по составлению сводного тома «Охрана атмосферы и предельно допустимые выбросы» города (населенного пункта) и др.; документы Госатомнадзора России – Положение по организации и проведению экспертизы проектных и других материалов и документации, обосновывающих безопасность ядерно- и радиационно-опасных объектов и производств и др.; документы Госгортехнадзора и иных ведомств – Положение о порядке выдачи специальных разрешений на виды деятельности, связанные с повышенной опасностью промышленных производств (объектов)и работ, а также с обеспечением безопасности при пользовании недрами, Инструкция о порядке переоформления лицензий на пользование недрами.

Система законодательных и нормативно-правовых актов в области охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования представлена в таблице 1.

Современная система стандартов по охране окружающей среды и нормативы ее качества

Нормативно-техническими документами, которые используются при проведении оценки воздействия на окружающую среду и экологической экспертизы, являются: Государственные стандарты, нормы, правила, перечни и классификаторы, а также руководства, методики, методические и другие рекомендации, справочные и иные пособия. Это нормативно-технические документы, содержащие конкретные количественные нормативы, показатели и критерии для проверки предлагаемых решений на соответствие экологическим требованиям.

Таблица 1

Система экологического законодательства на федеральном и региональном уровнях

Российская Федерация	Субъекты Российской Федерации
Федеральные законы, определяющие правовое регулирование на территории Российской Федерации	Законы субъектов Российской Федерации
Указы Президента РФ, постановления Государственной Думы РФ, Постановления (распоряжения) Правительства РФ	Постановления (распоряжения) органов правительственной и исполнительной власти субъектов РФ
Система государственных стандартов (ГОСТы) и строительных норм и правил (СНиП)	Система региональных стандартов и нормативов, межведомственной и ведомственной нормативно – методической документации органов субъектов РФ
Система отраслевых стандартов	
Система межведомственной и ведомственной нормативно – методической документации (приказы, Положения, инструкции и пр.) федеральных органов исполнительной власти	

Экспертам или разработчикам оценки воздействия на окружающую среду приходится учитывать нормы, правила и требования, содержащиеся в нескольких сотнях нормативно-технических документах: более 100 Государственных (ГОСТ) и 30 Отраслевых (ОСТ) стандартов, более 30 Строительных норм и правил (СНиП), около 50 Санитарных правил и норм (СанПиН), Гигиенических нормативов (ГН), Предельно допустимых (ПДК) и Ориентировочно допустимых (ОДК) концентраций, Ориентировочно безопасных

уровней воздействия (ОБУВ) и других документов Минздрава РФ, а также сотен различного рода Методических указаний (МУ), норм безопасности (например, радиационной – НРБ), порядков, инструкций, классификаторов, перечней, рекомендаций и методик различных ведомств, организаций и учреждений.

Структура положения «О порядке проведения государственной экологической экспертизы». Положение «О порядке проведения ГЭЭ» конкретизирует некоторые нормы ФЗ РФ «Об экологической экспертизе». Она организуется и проводится при условиях:

- регистрации предоставляемых материалов в установленном порядке и предварительной проверки их полноты и достаточности;
- оплаты заказчиком в течение 30 дней со дня получения уведомления о регистрации и при необходимости – предоставления заказчиком в установленный срок запрашиваемых органом экологической экспертизы материалов;
- соответствия материалов требованиям, установленным в соответствии с Инструкцией по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности;
- создания экспертной комиссии и назначения её состава приказом специально уполномоченного органа;
- назначения тем же приказом срока проведения государственной экспертизы (до 4 месяцев, а в исключительно сложных случаях – до 6 месяцев);
- выполнения Регламента государственной экологической экспертизы;
- информирования заинтересованных организаций о её результатах.

Структура «Руководства по экологической экспертизе предпроектной и проектной документации». В соответствии «Руководством по экологической экспертизе предпроектной и проектной документации» рекомендуется представлять на экспертизу материалы, содержащие:

- информацию о природных условиях и о хозяйственном использовании территории, о количественных показателях состояния компонентов экосистем (воздух, воды, почвы и т.д.);
- оценку существующего экологического состояния территории;
- данные о характере планируемой деятельности и видах воздействия;

- ограничения по пользованию природной средой;
- прогноз изменений природной среды при реализации проектных решений;
- сведения о социальной среде и здоровье населения;
- оценку последствий воздействия объекта на природную среду и население;
- характеристику и оценку эффективности природоохранных мероприятий и других мер по предупреждению и снижению негативного воздействия объекта.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, изучить систему экологического законодательства на федеральном и региональном уровне.

Контрольные вопросы

1. Какие статьи федерального закона РФ «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ освещают вопросы государственной экологической экспертизы?
2. Какой закон РФ является базовым в области экологической экспертизы, какова структура и содержание этого закона?
3. Какой существенный недостаток имеется в законе «Об экологической экспертизе»?
4. Какие нормативно-правовые подзаконные акты в области экологической экспертизы и оценки воздействия на окружающую среду существуют в РФ?
5. Какие существуют нормативные документы и материалы субъектов Федерации в области оценки воздействия на окружающую среду и государственной экологической экспертизы?
6. Какие нормативно-технические документы используются при проведении оценки воздействия на окружающую среду и экологической экспертизе проектов в РФ?
7. Какова структура положения «О порядке проведения государственной экологической экспертизы»?
8. Какова структура «Руководства по экологической экспертизе предпроектной и проектной документации»?
9. Каковы наиболее важные подзаконные нормативные и инструктивно-методические документы, регулирующие условия разработки и предоставления материалов на государственную экологическую экспертизу?
10. Какие международные конвенции и другие акты в области охраны окружающей среды необходимо учитывать при проведении государственной экологической экспертизы?

Лабораторная работа 6.
Порядок организации и проведения экспертизы

Цель занятия: изучить порядок организации и проведения государственной и общественной экологической экспертизы.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, изучить случаи, основания и этапы проведения экологической экспертизы.

Основания и случай проведения экологической экспертизы в законодательстве **четко не определены**. Единственное прямое, законодательно закрепленное основание проведения государственной экологической экспертизы относится **только к повторной экспертизе**, которая осуществляется на основании решения суда или арбитражного суда (статья 14 закона «Об экологической экспертизе»).

На уровне подзаконных актов (например, в Регламенте проведения государственной экологической экспертизы) основания сформулированы следующим образом – **Государственная экологическая экспертиза проводится на основании:**

- поручений Правительства Российской Федерации;
- решений органов государственной власти субъектов РФ (для территориальных органов);
- указаний руководства МПР России;
- заявления заказчика материалов, подлежащих государственной экологической экспертизе;
- решения судебных органов соответствующей инстанции;
- в порядке выборочной проверки проведения государственной экологической экспертизы специально уполномоченными государственными органами в области экологической экспертизы.

Статья 12 этого же закона конкретизирует **случаи проведения повторной экологической экспертизы** по объектам, ранее получившим положительное заключение:

- изменения условий природопользования специально уполномоченным на то государственным органом в области охраны окружающей среды;
- доработка объектов государственной экологической экспертизы по замечаниям проведенной ранее государственной экологической экспертизы;

- внесение изменений в документацию после получения положительного заключения государственной экологической экспертизы;

- реализация объекта государственной экологической экспертизы с отступлениями от документации, получившей положительное заключение государственной экологической экспертизы и (или) в случае внесения изменений в указанную документацию;

- истечение срока действия положительного заключения государственной экологической экспертизы.

Положение «О порядке проведения государственной экологической экспертизы» конкретизирует некоторые нормы Закона в отношении государственной экологической экспертизы, устанавливая, что государственная экологическая **экспертиза организуется и проводится при условиях:**

- регистрации представляемых материалов в установленном порядке и предварительной проверки их полноты и достаточности;

- оплаты заказчиком в течение 30 дней со дня получения уведомления о регистрации и при необходимости – представления заказчиком в установленный срок запрашиваемых органом экологической экспертизы материалов;

- соответствии материалов установленным требованиям;

- создания экспертной комиссии и назначения приказом по специально уполномоченному органу в области экологической экспертизы её состава;

- назначения тем же приказом срока проведения государственной экологической экспертизы (до 4 месяцев, а в исключительно сложных случаях – до 6 месяцев);

- выполнения Регламента государственной экологической экспертизы;

- информирования заинтересованных организаций о её результатах.

Все вышеперечисленные условия организации и проведения экологической экспертизы применяются как в случае государственной, так и общественной экологической экспертизы.

В соответствии с «Руководством по экологической экспертизе предпроектной и проектной документации» рекомендуется представлять на государственную экологическую экспертизу **материалы, учитывающие следующее аспекты:**

- информацию о природной среде (природные условия) и о хозяйственном использовании территории, о природоохранных объектах, о количественных показателях состояния компонентов экосистем;

- оценку существующего экологического состояния (ситуации) территории;

- сведения об экономическом потенциале, социальной среде и здоровье населения;

- данные о характере планируемой деятельности и видах воздействия на окружающую среду;

- ограничения по пользованию природной средой или природными ресурсами;

- прогноз изменений природной среды при реализации проектных решений;

- оценку последствий воздействия объекта на природную среду и население;

- характеристику и оценку эффективности природоохранных мероприятий и других мер по предупреждению и снижению негативного воздействия объекта или деятельности.

Государственная экологическая экспертиза проводится на основании*:*

- поручений Правительства Российской Федерации;

- решений органов государственной власти субъектов РФ (для территориальных органов);

- указаний руководства МПР России;

- заявления заказчика материалов, подлежащих государственной экологической экспертизе;

- решения судебных органов соответствующей инстанции;

- в порядке выборочной проверки проведения государственной экологической экспертизы специально уполномоченными государственными органами в области экологической экспертизы.

Статья 12 этого же закона конкретизирует **случаи проведения повторной экологической экспертизы** по объектам, ранее получившим положительное заключение:

- изменения условий природопользования специально уполномоченным на то государственным органом в области охраны окружающей среды;

- доработка объектов государственной экологической экспертизы по замечаниям проведенной ранее государственной экологической экспертизы;

- внесение изменений в документацию после получения положительного заключения государственной экологической экспертизы;

- реализация объекта государственной экологической экспертизы с отступлениями от документации, получившей положительное заключение государственной экологической экспертизы и (или) в случае внесения изменений в указанную документацию;

- истечение срока действия положительного заключения государственной экологической экспертизы.

Государственная экологическая **экспертиза организуется и проводится при условиях:**

- регистрации представляемых материалов в установленном порядке и предварительной проверки их полноты и достаточности;

- оплаты заказчиком в течение 30 дней со дня получения уведомления о регистрации и при необходимости – представления заказчиком в установленный срок запрашиваемых органом экологической экспертизы материалов;

- соответствии материалов установленным требованиям;

- создания экспертной комиссии и назначения приказом по специально уполномоченному органу в области экологической экспертизы её состава;

- назначения тем же приказом срока проведения государственной экологической экспертизы (до 4 месяцев, а в исключительно сложных случаях – до 6 месяцев);

- выполнения Регламента государственной экологической экспертизы;

- информирования заинтересованных организаций о её результатах.

Порядок проведения государственной экологической экспертизы закреплен в её **Регламенте**, описывающим эколого-экспертный процесс.

Государственная экологическая экспертиза проводится за плату. Финансирование государственной экологической экспертизы осуществляется за счет средств заказчика материалов, подлежащих экспертизе. Стоимость проведения государственной экологической экспертизы определяется в соответствии с нормативными документами МПР России, утвержденными в установленном порядке (в частности, постановления Правительства РФ).

Финансовое обеспечение общественной экологической экспертизы осуществляется за счёт собственных средств общественных организаций (объединений), общественных экологических и других фондов, целевых добровольных денежных взносов граждан и организаций, а также за счёт средств, выделяемых в соответствии с решением соответствующих органов местного самоуправления.

Подготовительный этап государственной экологической экспертизы заключается, согласно её **Регламенту**, в предварительном рассмотрении документации, поступившей на государственную экологическую экспертизу. Основные его моменты заключаются в следующем.

Материалы, подлежащие государственной экологической экспертизе, представляются в двух экземплярах, материалы согласований, обсуждений и иные документы – в одном экземпляре.

Категория сложности государственной экологической экспертизы определяется **сложностью объекта экспертизы**: экологической опасностью намечаемой деятельности, сложностью природных условий, опасностью природных процессов и экологической ситуации в районе намечаемой хозяйственной и иной деятельности, а также объемом разработанной и представленной на экспертизу документации.

Сложность объекта государственной экологической экспертизы определяется в соответствии с Классификатором экологической опасности намерений и деятельности и включает 3 категории процедуры проведения государственной экологической экспертизы: сложную, средней сложности и простую.

Продолжительность проведения экспертизы зависит от сложности объекта государственной экологической экспертизы и составляет: **простая экспертиза – до 30 дней; экспертиза средней сложности – до 60 дней; сложная экспертиза – до 120 дней.**

Срок проведения государственной экологической экспертизы может быть продлен приказом специально уполномоченного государственного органа в области экологической экспертизы, но не должен превышать шести месяцев для сложной экспертизы.

При не поступлении документа, подтверждающего оплату проведения государственной экологической экспертизы в течение 30 дней со дня получения заказчиком документации счета на оплату, государственная экологическая экспертиза не проводится, а **материалы возвращаются заказчику с письменным уведомлением.**

Руководитель экспертной комиссии и ответственный исполнитель: уточняют численный состав экспертной комиссии, определяют персональный состав экспертной комиссии и формируют при необходимости группы экспертов; подготавливают проект календарного плана работы экспертной комиссии; подготавливают техническое задание руководителям групп. Число членов экспертной комиссии должно быть нечетным и не менее трех.

Число членов в экспертной комиссии зависит от сложности объекта государственной экологической экспертизы и составляет: **простая экспертиза – до 5 экспертов; экспертиза средней сложности – до 15 экспертов; сложная экспертиза – свыше 15 экспертов.**

Ответственный исполнитель подготавливает: техническое задание на проведение государственной экологической экспертизы; трудовые соглашения с каждым членом экспертной комиссии; проект приказа на проведение государственной экологической экспертизы и представляет его руководству МПР России или его территориального органа.

Основной этап государственной экологической экспертизы начинается с работы экспертной комиссии государственной экологической экспертизы, то есть начинается **с проведения организационного заседания** комиссии, на котором присутствуют члены экспертной комиссии, представители заказчика, а также, при необходимости, представители других заинтересованных организаций.

Суть основного этапа государственной экологической экспертизы заключается в том, что в процессе своей работы **экспертная комиссия выясняет три важных момента:**

- соответствие намечаемой хозяйственной и иной деятельности требованиям экологического законодательства;

- полноту выявления масштабов прогнозируемого воздействия на окружающую среду в результате осуществления намечаемой деятельности и экологическую обоснованность допустимости ее реализации;

- достаточность предусмотренных мер по обеспечению экологической безопасности и сохранению природного потенциала территории.

Заключительный этап государственной экологической экспертизы начинается с того, что **проект заключения экспертной**

комиссии обсуждается на заключительном заседании экспертной комиссии, на которое приглашаются заказчик, разработчики материалов, представители других заинтересованных организаций. Руководитель экспертной комиссии докладывает о результатах работы экспертной комиссии и выводах сводного заключения. Приглашенные на заключительное заседание экспертной комиссии могут высказать свое мнение по проекту сводного заключения.

Заключительное заседание экспертной комиссии оформляется протоколом и явочным листом, которые подписываются руководителем и ответственным секретарем экспертной комиссии.

Сводное заключение экспертной комиссии государственной экологической экспертизы – это нормативный документ, имеющий следующую структуру:

1. Вводная часть. Состав экспертной комиссии, перечень представленных проектных материалов.
2. История вопроса (проекта).
3. Характеристика проекта и альтернативных вариантов.
4. Оценочная (аналитическая) часть по основным группам экспертной комиссии.
5. Результирующая часть – замечания и предложения.
6. Выводы.

Положительное заключение государственной экологической экспертизы не должно содержать замечаний. Выводы могут содержать рекомендации, если они не меняют существа предложенных заказчиком (разработчиком) документации проектных решений.

Отрицательное заключение может быть двух видов: а) о недопустимости в принципе реализации проекта ввиду несоблюдения требований экологической безопасности; б) о необходимости доработки представленных материалов проекта по замечаниям и предложениям. В этом случае заказчик вправе представить материалы на повторную экспертизу при условии их переработки с учетом замечаний, изложенных в сводном заключении.

Отрицательное сводное заключение может быть оспорено в судебном порядке.

Заключение, подписанное квалифицированным большинством членов экспертной комиссии, обретает статус заключения государственной экологической экспертизы после его утверждения руководством МПР России (территориального органа). **Утверждение заключения производится приказом МПР России (его**

территориального органа), в котором устанавливается срок действия положительного заключения государственной экологической экспертизы. Заключение государственной экологической экспертизы подписывается в количестве двух экземпляров.

Заключения государственной экологической экспертизы, утвержденные в установленном порядке, аннулированию не подлежат, за исключением случаев: **утраты документами юридической силы в соответствии с законом; признания документов недействительными решением суда или арбитражного суда.**

Положительное заключение государственной экологической экспертизы может потерять юридическую силу в следующих случаях:

- при недоработке проекта по замечаниям проведенной ранее государственной экологической экспертизы;
- при изменении условий природопользования специально уполномоченным на то государственным органом в области охраны окружающей среды;
- реализации проекта государственной экологической экспертизы с отступлением от документации или в случае внесения изменений в указанную документацию;
- истечения срока действия положительного заключения; внесения изменений в проектную или иную документацию после получения положительного решения государственной экологической экспертизы;
- нарушения правовых норм проведения экспертизы и фальсификации фактов.

После завершения государственной экологической экспертизы ответственный исполнитель:

- подготавливает проект сопроводительного письма и в течение пяти дней со дня утверждения заключения государственной экологической экспертизы письмо направляется заказчику;
- подготавливает проект письма с информацией о заключении государственной экологической экспертизы территориальным органам МПР России, органам исполнительной власти субъектов РФ (территориальные органы МПР РФ направляют информацию о заключении государственной экологической экспертизы в органы местного самоуправления);
- в случае проведения государственной экологической экспертизы по поручению органов государственной власти, готовит проект письма о выполнении поручения органов государственной власти;

- обеспечивает информирование общественности, средств массовой информации по их запросам о результатах проведения государственной экологической экспертизы;

- подготавливает проект представления в банковские организации о приостановлении (прекращении) финансирования, кредитования и других финансовых операций в отношении объектов экологической экспертизы, не получивших положительного заключения государственной экологической экспертизы;

- оформляет акты приемки выполненных экспертами работ и оформляет документы для их оплаты;

- оформляет акт о выполнении государственной экологической экспертизы.

Повторная экспертиза, в основном, проводится экспертной комиссией в первоначальном (ранее осуществлявшем экспертизу этого объекта) составе и образованной тем же органом государственной экологической экспертизы. Повторная экспертиза, проводимая по решению судебных органов, проводится органом государственной экспертизы, рекомендованным в решении суда.

Типовые формы документов, оформляемых и применяемых при экологической экспертизе окончательно ещё не утверждены, за исключением единой формы заключения государственной экологической экспертизы и рекомендованных форм, прилагаемых к регламенту государственной экологической экспертизы.

Ответственность за нарушения законодательства Российской Федерации об экологической. Лица, виновные в совершении нарушения законодательства Российской Федерации об экологической экспертизе или в нарушении, повлекшем за собой тяжкие прямые или косвенные экологические и иные последствия, несут уголовную ответственность в соответствии с Уголовным кодексом Российской Федерации. Лица, виновные в совершении вышеуказанных нарушений Федерального закона об экологической экспертизе, если эти нарушения не влекут за собой уголовную ответственность, привлекаются к административной ответственности в соответствии с Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях. Должностные лица, эксперты экологической экспертизы, консультанты экологической экспертизы и иные работники, по вине которых органы экологической экспертизы и заказчик документации, подлежащей экологической

экспертизе, понесли расходы в связи с возмещением вреда, причиненного неправомерными действиями в области экологической экспертизы, несут материальную ответственность в порядке, установленном трудовым законодательством. Граждане и юридические лица, права которых нарушены органами экологической экспертизы, заказчиками документации, подлежащей экологической экспертизе, и иными заинтересованными лицами в результате неисполнения ими законодательства Российской Федерации об экологической экспертизе, могут требовать возмещения им убытков в порядке, установленном гражданским законодательством Российской Федерации. Моральный вред, причиненный гражданину неправомерными действиями в области экологической экспертизы, подлежит компенсации причинителем в порядке, предусмотренном гражданским законодательством Российской Федерации.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, изучить случаи, основания, этапы проведения экологической экспертизы.

Контрольные вопросы

1. Каковы основания и случаи проведения государственной экологической экспертизы?
2. Каковы условия проведения государственной экологической экспертизы?
3. Какие аспекты рекомендуется представлять в документальных материалах, поступающих на государственную экологическую экспертизу?
4. Какова стоимость проведения государственной экологической экспертизы?
5. Как происходит подготовительный этап государственной экологической экспертизы?
6. Как осуществляется основной этап государственной экологической экспертизы?
7. Какие мероприятия входят в заключительный этап государственной экологической экспертизы?

Раздел III. Методы исследования почв

Лабораторная работа 7. Стандарты «Почвы»

Цель занятия: изучить почвенные стандарты, ознакомиться с постановлениями, положениями, инструкциями, регламентирующими экологическую экспертизу, ознакомиться с основными терминами.

Ценность земли как основного средства сельскохозяйственного производства в конкретной хозяйственной инфраструктуре определяется ее плодородием – способностью удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать урожай сельскохозяйственных культурных растений при хорошем качестве продукции.

Правовые основы государственного регулирования сохранения плодородия земель сельскохозяйственного назначения определены Федеральным законом РФ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ. Этим законом в области обеспечения плодородия почв определены научные исследования по разработке показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения с учетом природно-сельскохозяйственного районирования земель, а также методик оценки состояния земель сельскохозяйственного назначения и учета показателей состояния их плодородия.

Проводимые в настоящее время государственными центрами, станциями агрохимической службы и станциями защиты растений почвенно-агрохимические, фитосанитарные и эколого-токсикологические обследования почв и посевов не отвечают современным целям и задачам сельскохозяйственного производства как по числу показателей, так и периодичности обследования.

Для более объективной оценки состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения при проведении агрохимической службой мониторинга плодородия почв сельскохозяйственных угодий следует определять, наряду с показателями агрохимических свойств, ряд интегральных показателей физических, водно-физических и биологических свойств почв, а также учитывать продуктивность возделываемых культур, фитосанитарные, эколого-токсикологические, климатические и погодные условия.

Требует также дальнейшего совершенствования оперативный мониторинг в период вегетации растений. Корректировка запланированных ранее технологий возделывания сельскохозяйственных культур с учетом фактически складывающихся погодных и хозяйственно-экономических условий, результатов оперативной диагностики минерального питания растений, фитосанитарного обследования посевов, запасов продуктивной влаги и плотности почвы в период вегетации растений позволяет значительно повысить урожайность, качество продукции растениеводства и сократить затраты на ее производство по сравнению с возделыванием их без соответствующих корректировок технологий, предотвратить загрязнение окружающей среды средствами химизации.

Комплексная оценка плодородия земель сельскохозяйственного назначения по перечисленным в ОСТах 10 294-2002-10–297-2002 показателям необходима для разработки проектов применения удобрений и для разработки проектов производства растениеводческой продукции, в которых интегрированное применение удобрений рассматривается в едином технологическом процессе возделывания сельскохозяйственных культур. Результаты комплексной оценки плодородия почв используют также для разработки экологически и экономически обоснованной структуры сельскохозяйственных угодий, структуры посевных площадей и севооборотов; комплекса агрохимических, агротехнических, фитосанитарных, мелиоративных, противоэрозионных и иных мероприятий для обеспечения плодородия почв, в том числе по реабилитации сельскохозяйственных угодий, загрязненных вредными веществами; при стоимостной оценке сельскохозяйственных земель и других задач.

Показатели химических, физико-химических, физических, водно-физических и биологических свойств почв земель сельскохозяйственного назначения, эколого-токсикологического и фитосанитарного состояния почв и посевов, агроклиматических условий для оценки продуктивности земель сельскохозяйственного назначения лесостепной зоны Российской Федерации, установленные настоящим стандартом отрасли, используют при проведении мониторинга, контроля за использованием и охраной земель сельскохозяйственного назначения.

Агроэкологический мониторинг – это система регулярных наблюдений за изменением сельскохозяйственных земель в целях контроля, обеспечения рационального использования и охрана.

Контроль загрязнения почвы – это проверка соответствия загрязнения почвы по установленным нормам и требованиям.

Стандарты «Почвы»: ГОСТ 17.4.3.01–2017 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб», ГОСТ 17.4.4.02–2017 «Охрана природы. Почвы, методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа», и др.

Стандарт предназначен для использования при:

а) проведении почвенных, агрохимических, фитосанитарных, эколого-токсикологических и радиологических обследований земель сельскохозяйственного назначения;

б) обобщении результатов агроэкологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения; « »

в) оценке состояния плодородия почв и динамики изменения его состояния;

г) осуществлении контроля за воспроизводством плодородия почв;

д) разработке и проведении агротехнических, агрохимических, мелиоративных, фитосанитарных, противоэрозионных и других мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв;

е) разработке мероприятий по реабилитации земель сельскохозяйственного назначения, загрязненных тяжелыми металлами, пестицидами, радиоактивными веществами и другими токсикантами;

ж) разработке и реализации федеральных целевых программ обеспечения воспроизводства плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, соответствующих программ для региона в целом и для каждого хозяйства, а также контроль за выполнением таких программ;

з) создании банков данных в области обеспечения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения;

и) при обследовании реперных участков на землях сельскохозяйственного назначения;

к) паспортизации (по ГОСТ 17.4.2.03–86 «Охрана природы. Почвы. Паспорт почв») и сертификации почв земельных участков сельскохозяйственного назначения;

л) определении потребности сельского хозяйства в минеральных удобрениях, химических мелиорантах, пестицидах и других

агрохимикатах, органических удобрениях, торфе и продуктах его переработки (по ГОСТ 4.105–2014 «Торф и продукты переработки торфа. Номенклатура показателей качества продукции»), оборудовании и машинах для осуществления агротехнических, агрохимических, мелиоративных, фитосанитарных, противоэрозионных и иных мероприятий по обеспечению плодородия почв;

м) стимулировании инвестиционной деятельности по воспроизводству плодородия почв;

н) оценке пригодности земель сельскохозяйственного назначения для возделывания конкретных культур;

о) размещении сельскохозяйственных культур по полям (земельным участкам);

п) разработке в хозяйствах структуры сельскохозяйственных угодий, посевных площадей, а также севооборотов и оптимальных агротехнологий.

Настоящий стандарт устанавливает термины и определения в области почвоведения. Термины, установленные настоящим стандартом, обязательны для применения во всех видах документации и литературы, входящих в сферу действия стандартизации или использующих результаты этой деятельности

Почва – самостоятельное естественноисторическое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха, имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, изучить методику по отбору почвенных проб, проведения различных почвенных анализов, ознакомиться с основными терминами.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под пробной площадкой, точечной пробой, объединенной пробой?
2. Что понимают под неоднородным почвенным покровом?
3. Что понимают под общим загрязнением почвы и локальным загрязнением почвы?
4. Как зависит от цели анализа упаковка, транспортировка и хранение проб?

5. Расскажите о требованиях к анализу проб для биологического обследования почв?
6. Что понимают под агроэкологическим мониторингом земель?
7. Что понимают под контролем загрязнения почвы?

Лабораторная работа 8.
Агро- и биологические методы исследования почв

Цель занятия: изучить принципы проведения агрохимических и биологических методов исследования почв.

Для поддержания экологического равновесия и сохранения потенциала самоочищения и восстановления пахотных угодий от воздействия антропогенных факторов, которые вызывают деградацию почвы и потерю её плодородия. Необходимо проводить постоянные наблюдения за состоянием сельскохозяйственных земель. С этой целью в каждой области и стране осуществляется мониторинг почв земель сельскохозяйственного назначения, представляющий собой систему наблюдений и контроля за состояния и уровня загрязнения агроэкосистем для современного выявления их изменений, оценки состояния, прогноза и предупреждения и устранения последствий негативных процессов.

Среди основных контролируемых параметров комплексного экологического мониторинга следует назвать химический состав и биологическую активность почвы. Они позволяют произвести оценку способности почв обеспечивать потребности растений в минеральном питании и определить направление возможных деградационных процессов, установить их скорость и степень проявления.

Методика отбора проб почвы в экологических исследованиях. Одной из наиболее ответственных составляющих программы исследований по оценке состояния агроэкосистем является этап пробоотбора. Ошибки, допущенные на этом этапе, приводят к получению неверных данных, что влечет за собой неэффективность принятых управленческих и технологических решений. Во избежание этого необходимо соблюдение регламента требований к пробоотбору, зафиксированных в нормативных актах.

Основное требование, которое предъявляют к пробоотбору, заключается в том, что отобранная проба должна быть репрезентативной.

Репрезентативность – это такая характеристика отдельных единиц изучаемой статистической совокупности, которая наиболее адекватно отражает исследуемое явление в целом.

Репрезентативный отбор проб гарантирует, что образец или группа образцов точно представляют свойство или концентрацию загрязнителей на всем участке почвы в целом в данное время. Репрезентативность отбора образцов – понятие комплексное и определяется способом отбора, количеством объединенных проб на единицу площади, количеством точечных проб, слагающих объединенную пробу, объемом (массой) образца, способом приготовления объединенной пробы и т.д.

При отборе проб можно использовать два подхода: сплошное обследование выборочное обследование.

Сплошное обследование – пробы отбираются со всей обследуемой территории, для чего площадь покрывается сплошной сеткой элементарных участков, каждый из которых характеризуется объединенной пробой, состоящей из определенного количества единичных проб. Единичные пробы равномерно отбирают со всей площади элементарного участка.

Выборочное обследование – образцы отбираются с пробных площадок, которые по определенным принципам выделяют на обследуемой территории. В дальнейшем полученные на них данные интерпретируются на всю территорию.

Сплошное обследование используется при проведении агрохимического мониторинга и сертификации почв.

При выявлении нарушений. Связанных с загрязнением и деградацией земель. Данный подход обычно практикуется, когда известна площадь, на которой произошло нарушение.

При определении степени загрязнении больших территорий чаще проводят выборочное обследование.

При планировании выборочного обследования необходимо определить: расположение пробны площадок; размер пробной площадки; количество единичных проб, отбираемых с пробной площадки для составления объединенной пробы; количество пробных площадок на обследуемой территории.

Размеры и количество пробных площадок, а также количество единичных проб регламентированы в нормативных документах.

Токсиканты в почвах. Загрязнение природных сред тяжелыми металлами в настоящее время является одним из наиболее распространенных следствий техногенного действия человека на окружающую среду.

Набор тяжелых металлов для разных территорий может быть различным, что определяется геохимическими особенностями почв, так и степенью загрязняющими воздействия отдельных предприятий. В связи с этим программа любого экологического исследования включает в себя выявление приоритетных загрязнителей и определение их количественного содержания в изучаемых объектах (почве, растениях и др.), что дает возможность сделать вывод о степени их химической деградации.

Общие принципы определения содержания тяжелых металлов в почве и растениях. К тяжелым металлам условно относят элементы, имеющие атомную массу, превышающую 50 а. е. м. к ним относятся такие элементы, как Hg, Cd, Pb, Zn, Cr, Cu, Ni, Mn, Mo и некоторые другие. В ходе определения содержания тяжелых металлов в почвах и растениях находится их концентрация, выражаемая в миллиграммах на 1 кг (мг/кг).

Определение содержания тяжелых металлов в почве и растениях имеет следующую последовательность операций: 1) подготовка образца к анализу, 2) определение гигроскопической влажности, 3) устранение влияния элементов, мешающих определению изучаемого компонента. 4) определение содержания элемента в пробе; 5) построение калибровочного графика.

Подготовка почвенных образцов к анализу. Определение содержания тяжелых металлов в почве производится в образцах, просушенных до воздушно-сухого состояния, растертых и просеянных через сито диаметром отверстий 1-2 мм.

В соответствии с существующими нормативными документами общее (валовое) содержание тяжелых металлов в почве рекомендуется определять с использованием раствора сильной кислоты – 5н HNO_3 при 3-х часовом кипячении.

Подвижные формы тяжелых металлов определяют, используя различные экстрагенты:

- *1н соляную или азотную кислоту* для учёта общего количе-

ства подвижной формы (ГОСТ Р 50684-94 «Почвы. Определение подвижных соединений меди по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО»; ГОСТ Р 50687-94 «Почвы. определение подвижных соединений кобальта по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО» и др.;

- *ацетатно-аммонийный буфер с pH 4,8* для характеристики наиболее мобильной части подвижных запасов (РД 52.18.289-90. «Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом)»;

- *дистиллированную воду* для количественной оценки самой подвижной и агрессивной фракции тяжелых металлов (РД 52.18.289-91. «Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом)».

Определение содержания элемента в пробе. Определение концентрации загрязнителей в различных природных средах проводится с помощью одних и тех методик. Подготовленный соответствующим образом материал анализируется с помощью наиболее распространённых методов: атомно-абсорбционной спектрофотомерии и (или) фотоэлектроколориметрии.

Метод атомно-абсорбционного анализа основан на свойстве атомов металлов поглощать в основном состоянии свет определенных длин волн, который испускают в возбужденном состоянии. Необходимую для поглощения резонансную линию получают от лампы с полным катодом, изготовленным из определяемого элемента.

Проба переводится в состояние плазмы на газовой горелке и через пламя пропускается излучение от специальной лампы (для каждого элемента устанавливается своя лампа). Атомы элемента поглощают световой поток лампы. Выходящий световой поток трансформируется в электрический сигнал и регистрируется гальванометром. О концентрации элемента в пробе судят по интенсивности поглощения излучения. Этим методом определяют до 70 различных элементов.

Метод фотоэлектроколориметрии относится к оптическим методам анализа и основан на измерении степени поглощения пучка света окрашенным раствором, причем окраска прямо про-

порциональна концентрации в нём изучаемого элемента. Пучок света, пройдя через кюветку с раствором, попадает на фотоэлемент, который преобразует световую энергию в электрическую, в результате чего на его поверхности образуется электрический ток, сила которого регистрируется микроамперметром. Максимальная сила тока соответствует наименьшему светопоглощению, то есть наименьшей концентрации изучаемого элемента в растворе. Минимальная сила тока, наоборот, соответствует наибольшему светопоглощению, то есть высокой концентрации данного элемента.

Определение содержания меди фотоэлектроколориметрическим методом. Медь относится к элементам, которые выполняют важные физиологические функции, активно участвуя в обмене веществ. Недостаток её отрицательно сказывается на общем состоянии всех сельскохозяйственных культур, но наиболее заметные визуальные такие явления наблюдаются в посевах зерновых. В то же время для человека (равно как и для растений), токсичен избыток меди.

Принцип метода заключается в получении окрашенного комплекса меди, содержащейся, с диэтилдиокарбаматом свинца, экстракции его четыреххлористым углеродом и последующем фотометрировании.

Оценка степени загрязнения почв тяжелыми металлами. При оценке степени загрязнения почв растений используется система соотнесения фактически определенной концентрации элемента с предельно (ил ориентировочно) допустимой концентрацией вещества или элемента, при которой изучаемые объекты подразделяются н две категории: соответствующие и не соответствующие требованиям.

Особенно важным при этом является установление предельно допустимой концентрации или вещества (ПДК).

Превышение значения предельно допустимой концентрации элемента (вещества) может рассматриваться в качестве показателя экологического состояния почв, а именно степени их химической деградации. При этом степень загрязнения определяется как отношение содержания загрязняющего вещества в почве к величине его ПДК. Величина данного отношения является основанием для присвоения конкретной почве балла деградации по пятибалльной шкале (табл. 2).

Таблица 2

Критерии для оценки степени химической деградации почвы по степени загрязнения её тяжелыми металлами

Степень загрязнения (превышение величины ПДК, кратность)	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
1 группа токсичности	< 1	1,0-2,0	2,1-3,0	3,1-5,0	> 5
2 группа токсичности	< 1	1,0-3,0	3,1-5,0	5,1-10,0	> 20
3 группа токсичности	< 1	1,0-5,0	5,1-20,0	21,0-100,0	> 100

Определение валового содержания фосфора основано на извлечении из минеральных и органических соединений и перевода его в жидкую фазу навески почвы обрабатывают концентрированной серной кислотой с добавлением $HClO_4$ в качестве катализатора при кипячении (метод К.Е. Гинзбурга).

Определение содержания фосфора в растворе основано на образовании окрашенной в голубой цвет фосфорномолибденовой кислоты при взаимодействии фосфат-ионов с молибдатом аммония в присутствии хлористого олова и дальнейшем фотоколориметрировании. Интенсивность окраски полученного раствора пропорциональна количеству содержащегося в нем фосфора (метод Труога-Мейера).

Определение **содержания подвижного фосфора** основано на извлечении фосфора из почвы 0,2н раствором *HCl* при соотношении почвы и раствора 1:5 для минеральных и 1:50 для торфяных почв с последующим определением в виде фосфорно-молибденового комплекса, имеющего синюю окраску, на фотоэлектроколориметре.

Калий более распространенный элемент, чем фосфор и азот. Валовое содержание его в гумусовом слое почвы в 5-50 раз больше чем азота и 8-40 раз больше по сравнению с фосфором.

Определение содержание валового калия основано на переводе калия алюмосиликатов в растворимое состояние навеску почвы спекают со смесью углекислого кальция и хлористого аммония (метод Смита). Растворимые продукты спекания переводя в жидкую фазу дистиллированной водой и после фильтрования в полученной вытяжке определяют содержание калия методом пламенной фотометрии.

Определение содержания подвижного калия основано на извлечении фосфора из почвы 0,2н раствором *HCl* при соотношении почвы и раствора 1:5 для минеральных и 1:50 для торфяных почв с

последующим пламенно-фотометрическим определением калия.

Оценку почв по содержанию в них элементов питания начинают со сравнения в анализах значений с общепринятыми в агрохимической практике градациями (табл. 3).

Таблица 3

Группировка почв по содержанию доступных растениям соединений фосфора и калия (по Кирсанову) мг/кг почвы

Группа	Характеристика признака	Фосфор	Калий
1	Очень высокая	0-25	0-40
2	Низкая	26-50	41-80
3	Средняя	51-100	81-120
4	Повышенная	101-150	121-170
5	Высокая	151-250	171-250
6	Очень высокая	> 250	> 250

Для характеристики процессов истощения определяют степень деградации почвы. В качестве критерия изменения экологического состояния почв при этом применяется отклонение на момент определения содержания элемента от исходного (на момент, предшествующий началу активного антропогенного воздействия на почву).

Полученный результат сравнивают со шкалой, приведённой в таблице 4, и на основании сравнения почве может быть присвоен балл деградации.

Таблица 4

Критерии для оценки степени деградации почвы по содержанию биогенных элементов

Показатель	Степень деградации, баллы				
	0	1	2	3	4
Содержание биогенных элементов, кратность снижения	< 1,2	1,2-1,5	1,6-2,0	2,1-5,0	> 5,0

Растения поглощают кремний в виде анионов монокремниевой кислоты, которые аккумулируются, а за тем полимеризуются в эпидермальных тканях (коре, корнях, поверхностных слоях стебля и листьев).

Кремний на любых почвах является дефицитным элементом питания как для растений, так и для микроорганизмов.

Определение содержания валового кремния соляно-жела-

тиновым методом по И.С. Кауричеву основан на полном термическом разложении кремнийсодержащих минералов почвы и плавня, в качестве которого используют углекислый натрий (безводная сода). В дальнейшем, при взаимодействии полученного силиката натрия с соляной кислотой, происходит выделения в раствор свободной метакремниевой кислоты, которая сначала переходит в раствор в виде золя, а при дальнейшем прибавлении соляной кислоты происходит коагуляция коллоидных частиц с образованием геля кремниевой кислоты, который выпадает в виде белого студенистого осадка.

Определение содержания доступного кремния в почве проводят экстрагированием актуальной и потенциальной его форм с помощью воды и соляной кислоты (0,1н) с последующим окрашиванием растворимых силикатов в молибденовую синь.

Биологическая активность почв. Система почвенно-экологического мониторинга в настоящее время базируется на определении содержания загрязнителей в почве и оценке её состояния путём сравнения фактических данных с ПДК (ОДК). Более перспективным считается использование комплекса показателей, характеризующих биологическую активность почвы.

Биологическую активность почв определяют с помощью микробиологических и биохимических методов.

К *микробиологическим методам* относят *прямые методы*, позволяющие определять численность микроорганизмов разных систематических групп, а также *аппликационные методы*, по сути, являющиеся косвенными методами оценки микробиологической активности почв.

В *группу биохимических методов* определения биологической активности почв включают *методы по определению ферментативной активности* и *методы определения дыхания почв*.

Определение целлюлолитической активности почв (полевой). Любое нарушение деятельности микроорганизмов, которое может быть обусловлено антропогенной нагрузкой большей или меньшей интенсивности, может вызвать подавление функций, ими выполняемых, и, прежде всего, способности к разложению отмершей биомассы.

Данный метод основан на определении интенсивности разложения куска ткани (лён), помещенного в почву на определённый промежуток времени. Количество ткан, разложившейся за время

опыта, используется как показатель целлюлолитической активности почвы.

Для анализа берут кусочек льняной неотбеленной ткани размером 30х50 см, его высушивают при температуре 105°С, выдерживают 2 часа при комнатной температуре и взвешивают на аналитических весах. Ткань помещают в нейлоновый пакет с отверстиями 1 мм. Затем ткань закладывают в почву, например на месяц. После завершения опыта извлекают из почвы, очищают осторожно от корешков, высушивают, выдерживают 2 часа при комнатной температуре и взвешивают. Потеря в массе (в %) служит показателем микробиологической активности почвы.

Определение активности разложения целлюлозы модифицированным методом Кристенсена (лабораторный метод). Метод основан на учёте интенсивности разложения целлюлозы (фильтрованная бумага) в чашках Петри при оптимальных для развития микроорганизмов температуре и влажности. По разнице в массе (в %) фильтрованной бумаги до и после инкубации образца судят об интенсивности целлюлолитической активности почвы в лабораторных условиях (ЦАЛ).

Биохимические методы. ***Ферментативная активность.*** *Ферменты* – биологические катализаторы, ускоряющие в сотни и тысячи раз биохимические реакции в живых организмах.

Активность ферментов может определяться в свежих или высушенных до воздушно-сухого состояния образцах, а численно выражаться чаще всего, в пересчёте на абсолютно-сухое вещество. Во всех случаях при определении ферментативной активности обязательно указывают, в каких образцах почвы (свежих, естественно-влажных или сухих) выполнены анализы. Ферментативную активность определяют в нескольких повторениях и проводят статистическую обработку данных.

Методы определения каталазной активности почвы (метод А.Ш. Галстяна) основаны на измерении скорости распада перекиси водорода при взаимодействии её с почвой по объему выделяющегося кислорода (газометрические методы) или по количеству неразложившейся перекиси, которое устанавливают перманганатометрическим титрованием или колориметрическим методом с образованием окрашенных комплексов. Более просты и точны газометрические методы.

Метод определения инвертазы (метод В.Ф. Купревича и

Т.А. Щербаковой) основан на способности глюкозы и фруктозы, образующихся при гидролизе, восстанавливать медь, содержащуюся в растворе Феллинга. По количеству образовавшейся закиси меди определяют их содержание в растворе. Поскольку катализатором образования данных сахаров является инвертаза, то по количеству гексоз судят об инвертазной активности почвы.

Определение активности фосфатазы (метод А.Ш. Галстяна). При определении фосфатазной активности почвы (ФА) в качестве субстрата используют натриевую соль п-нитрофенилфосфата, при ферментативном гидролизе которой выделяется минеральный фосфор и органический радикал субстрата – п-нитрофенол. Метод основан на учёте количества органической части гидролизованного субстрата, которая в щелочной среде даёт желтую окраску.

Определение нитрифицирующей активности почв. Практически весь азот почвы содержится в виде органических соединений: гумусовые вещества, микроорганизмы, растения, детрит. В ходе биологических процессов происходит постепенный переход органического азота в его различные минеральные формы: аммонийный азот (результат процесса аммонификации) нитратный азот (результат процесса нитрификации), газообразные соединения азота (как следствие денитрификации). Поскольку нитрификация является звеном в цепи реакции превращения в цепи реакций превращения азотсодержащих соединений, её интенсивность может использоваться как интегральный показатель, характеризующий биологическую активность почвы – напряженность микробиологических процессов почвенно-биотического комплекса.

Высокая активность нитрификации характерна для верхних горизонтов почв, обладающих значительным уровнем плодородия. Однако она снижается в результате процессов, валяющихся процессом антропогенной деятельности: уплотнения почв, ухудшения водного режима, разрушения почвенной структуры. Всё это является следствием несоблюдения требуемых стандартов систем земледелия, потери гумуса, закисления, засоления и др. факторов. Отрицательное влияние на процесс нитрификации оказывает загрязнение почв органическими поллютантами и тяжелыми металлами.

Для определения нитрифицирующей способности почву на

определенной срок помещают в благоприятные для процесса нитрификации условия температуры (28 °С), влажности (60% капиллярной влагоёмкости) и свободного доступа кислорода. Интенсивность нитрификации определяется по разнице в содержании нитратов в почве до и после инкубации и выражается в мг /кг почвы за 14 суток.

Дыхание почвы. Решающая роль в продуцировании углекислого газа принадлежит биологическим факторам, поэтому объемы выделяющегося с поверхности CO_2 могут характеризовать интенсивность протекающих в ней биохимических процессов и служить интегральным показателем её экологического состояния.

Определение интенсивности выделения CO_2 из почвы (метод А.Ш. Галстяна). Метод основан на определении интенсивности дыхания почвы (ИД) по учёту количественных изменений содержания углекислого газа в определенном замкнутом пространстве с помощью широкогорловых конических колб. Углекислый газ, выделившийся при дыхании, улавливается избытком раствора щелочи.

Определение интенсивности выделения CO_2 из почвы (метод Л.О. Карпачевского). Этот метод позволяет определить количество углекислого газа из почвы, непосредственно в поле, то есть позволяет работать с ненарушенной почвой в естественных условиях.

Метод основан на улавливании выделяющегося на границе «почва-атмосфера» углекислого газа раствором щелочи, помещённым в стеклянный стаканчик на уровне почвы. При истечении определенного срока методом кислотно-щелочного титрования определяется количество щелочи, непрогировавшей с CO_2, а затем количество CO_2, вступившее в реакцию со щелочным раствором за время опыта. Полученная величина характеризует интенсивность дыхания.

Задание. Используя рекомендуемую литературу, изучить методику подготовки почвы для проведения анализов почвы на загрязненность её тяжелыми металлами, токсикантами, определение в почве биогенных элементов и биологической активности почвы.

Контрольные вопросы

1. Какие элементы относятся к «тяжелым металлам», и какие показатели используются для оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами?
2. Какими факторами обусловлена потеря почвами биогенных элементов?
3. Какие методы анализа используются при определении содержания биогенных элементов в почвах?
4. Каким образом содержание биогенных элементов в почве используют при характеристике степени их деградации?
5. Назовите формы кремния в почве, и в чём заключается его значение в формировании плодородия почвы?
6. Назовите, методы, с помощью которых можно охарактеризовать биологическую активность почв.
7. Какие методы относят к группе микробиологических и биохимических?
8. Что представляют собой аппликационные методы оценки биологической активности почв?
9. Каковы общие принципы определения активности ферментов в почве?
10. Какие показатели используются при оценке биологической активности почв?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Уваров, Г.И. Экологические функции почв : учебное пособие. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2018. – 296 с. – Режим доступа: https://s1.e.lanbook.com/api/book/103916 page/1/img?thumb

2. Иванов, А.И. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза : учебное пособие / А.И. Иванов, С.А. Сашенкова. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – 122 с. – Режим доступа: http://ebs.rgazu.ru/index.php?q=system/files/6.Ivanov_A.I._i_dr._Ocenka_vozdejstviya_na_okruzhayushchuyu_sredu_i_ehkologicheskaya_ehkspertiza_uch.p.pdf

3. Кирюшин, В.И. Агротехнологии : учебник / В.И. Кирюшин, С.В. Кирюшин. – СПб. : Лань, 2015. – 464 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/64331/ - tool-previews

4. Мамонтов, В.Г. Методы почвенных исследований : учебник. – СПб. : Лань, 2016. – 260 с. – https://e.lanbook.com/reader/book/76275

5. Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия : учебное пособие / А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, Л.С. Горбатко [и др.]. – Ставрополь : АГРУС, 2011. – 352 с. – Режим доступа: http:// e.lanbook.com›book/5757?category=939

6. Кирюшин, В. И. Агрономическое почвоведение : учебники. – М. : КолосС, 2010. – 687 с.

7. Стифеев, А.И. Система рационального использования земель : учебное пособие / А.И. Стифеев, Е.А. Бессонова, О.В. Никитина. – СПб. : Лань, 2019. – 168 с. – Режим доступа: https://fs1.e.lanbook.com/api/book/113924/page/1/img?thumb

8. Скуратов, Н.С. Лабораторные исследования почв : учебное пособие / Н.С. Скуратов, Р.А. Каменев, В.В. Турчин. – Персиановский : Донского ГАУ, 2011. – 107 с. – Режим доступа: http://ebs.rgazu.ru/index.php?q=system/files/15_laboratornye_issledovaniya_pochv.pdf

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Раздел I. Загрязнение и деградация почв

Лабораторная работа 1. Сохранение экологических функций почв как условие оптимального природопользования 4

Лабораторная работа 2. Деградация и загрязнение почв 6

Лабораторная работа 3. Почва в системе государственного законодательства 11

Раздел II. Агроэкологическая экспертиза

Лабораторная работа 4. Введение в экологическую экспертизу как превентивного вида природоохранной деятельности 13

Лабораторная работа 5. Правовые и нормативно-методические основы проведения экспертизы в РФ 19

Лабораторная работа 6. Порядок организации и проведения экспертизы 28

Раздел III. Методы исследования почв

Лабораторная работа 7. Стандарты «Почвы» 38

Лабораторная работа 8. Агро- и биологические методы исследования почв 42

Рекомендуемая литература 54

Учебное издание

Кутилкин Василий Григорьевич

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПОЧВ

Методические указания

Подписано в печать 13.04.2021. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,5; печ. л. 3,25.
Тираж 50. Заказ № 58.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru.

Ю. А. Савельев
Ю. А. Киров
Ю. М. Добрынин
П. А. Ишкин

ПОВЫШЕНИЕ ВЛАГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИМЕНЕНИЕМ МЕЛКОЙ ОСЕННЕЙ МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

Монография

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Ю. А. Савельев
Ю. А. Киров
Ю. М. Добрынин
П. А. Ишкин

Повышение влагосбережения почвы применением мелкой осенней мульчирующей обработки

Монография

Кинель 2021

УДК 631.316
ББК 41.43
С12

Рекомендовано научно-техническим советом Самарского ГАУ

Рецензенты:
д-р техн. наук, проф. кафедры «Техническое обеспечение АПК»,
ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ,
С. В. Старцев;
д-р техн. наук, проф. кафедры «Агротехнологии, машины
и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
А. А. Павлушин

Савельев, Ю. А.

С12 Повышение влагосбережения почвы применением мелкой осенней мульчирующей обработки : монография / Ю. А. Савельев, Ю. А. Киров, Ю. М. Добрынин, П. А. Ишкин. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 151 с.

ISBN 978-5-88575-660-0

В монографии приведены результаты исследования накопления влаги в почве и ее сбережения при различных способах обработки почвы. Предложен новый технологический процесс мелкой мульчирующей влагосберегающей обработки почвы и конструкция комбинированного орудия для его осуществления. Изучено влияние физических параметров, характеризующих состояние почвы в осенний период, на процессы накопления и испарения почвенной влаги, определены их оптимальные значения.

Монография предназначена для широкого круга специалистов-агротехников, инженеров, проектирующих сельскохозяйственные машины, студентов вузов, магистрантов, аспирантов и научных работников АПК.

УДК 631.316
ББК 41.43

ISBN 978-5-88575-660-0

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2021
© Савельев Ю. А., Киров Ю. А.,
Добрынин Ю. М., Ишкин П. А., 2021

Оглавление

Введение 4
1. ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА НАКОПЛЕНИЕ И СБЕРЕЖЕНИЕ ВЛАГИ 5
1.1. Изменение водного режима почвы под воздействием послеуборочной обработки 5
1.2. Способы осенней мелкой обработки почвы для осенне-зимнего накопления и сбережения влаги 13
1.3. Технические средства для осенней мелкой обработки почвы 21
1.4. Анализ исследований процесса накопления и сбережения влаги в почве 31
2. ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕЛКОЙ МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМБИНИРОВАННОГО ОРУДИЯ 37
2.1. Обоснование технологического процесса мелкой мульчирующей (влагосберегающей) обработки почвы 37
2.2. Описание конструкции нового комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы 38
2.3. Исследование водного баланса почвы в осенний период 41
2.4. Анализ конструктивно-технологических параметров и тягового сопротивления ножевых дисков..... 46
2.5. Анализ конструктивно-технологических параметров и тягового сопротивления плоскорежущих рабочих органов..... 53
2.6. Исследования конструктивно-технологических параметров и тягового сопротивления катка с штифтовыми элементами..... 61
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛКОЙ ОСЕННЕЙ МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ..... 68
3.1. Исследования физико-механических свойств почвы в послеуборочный период 68
3.2. Рациональные параметры комбинированного орудия для мелкой осенней мульчирующей обработки почвы 82
3.3. Результаты проведения исследований в хозяйственных условиях..... 109
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ОРУДИЯ ДЛЯ МЕЛКОЙ ОСЕННЕЙ МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ..... 115
Заключение 124
Приложения 126
Литература 137
Алфавитно-предметный указатель 149

Введение

В Российской Федерации около 30% посевных площадей приходится на засушливые степные регионы, в которых выращивается почти половина всего производимого в стране зерна, а также 40% подсолнечника и 80% проса [121]. Почвенно-климатические условия этих регионов имеют большой потенциал для получения высоких урожаев различных сельскохозяйственных культур, но постоянный недостаток почвенной влаги сдерживает увеличение объемов их производства.

Дефицит почвенной влаги обусловлен не только недостатком атмосферных осадков, но и неэффективным их сбережением. Установлено, что потери влаги на непродуктивное испарение достигают 40…70% выпадающих осадков [121].

Существующие способы накопления и сбережения почвенной влаги свидетельствуют о возможности улучшения влагообеспеченности почв засушливых регионов путем разработки более эффективных влагосберегающих почвообрабатывающих агроприемов [86]. Одним из них является осенняя мелкая мульчирующая обработка, при которой создается разрыхленный верхний слой почвы с замульчированной поверхностью. Верхний слой почвы при рыхлении и мульчировании способствует накоплению и сохранению влаги не только в верхних, но и в более глубоких почвенных горизонтах. Однако применяемые орудия для мелкой мульчирующей обработки не в полной мере обеспечивают качественные показатели верхнего влагосберегающего мульчирующего слоя.

Исследования, направленные на повышение влагосбережения почвы комбинированным орудием при мелкой осенней мульчирующей обработке почвы, являются актуальной научной и практически значимой задачей.

1. ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА НАКОПЛЕНИЕ И СБЕРЕЖЕНИЕ ВЛАГИ

1.1. Изменение водного режима почвы под воздействием послеуборочной обработки

Главной задачей земледелия в зонах с недостаточным количеством осадков является накопление, сбережение и рациональное использование почвенной влаги, так как в этих условиях именно влага является ограничивающим фактором для получения высоких и устойчивых урожаев возделываемых культур [26, 61].

Основная доля годовых осадков в таких зонах приходится на послеуборочный осенне-зимний период, при этом значительная их доля теряется на физическое испарение, снос ветром и поверхностный сток. Так, по результатам исследований Г. И. Казакова, потери влаги на непродуктивное физическое испарение с поверхности поля в условиях Среднего Поволжья достигают 60…65% от суммы осадков [46].

Эффективность накопления и сбережения осадков осенне-зимнего периода зависит от способа послеуборочной обработки почвы [107]. Выбор того или иного способа осенней обработки в засушливых регионах будет определяться в первую очередь от его влияния на потенциальную способность почвы накапливать и сохранять влагу.

Результаты исследований Самарского НИИСХ показали, что усвоение почвой осенних осадков в степных районах при традиционной пахотной системе обработки составляет в ноябре – 70…80%, к установившемуся зимнему периоду усваивается в среднем 45% от осенних осадков, остальная влага испаряется [5, 46, 61]. Более эффективным агроприемом по влагосбережению является безотвальная обработка. Сравнивая по запасам влаги традиционную обработку (лущение + вспашка) с позднеосенним щелеванием в засушливых условиях Самарской области И. И. Попов выявил преимущество обработки с щелеванием. Запасы продуктивной влаги весной на начало вегетации в варианте с традиционной обработкой составили 139,8 мм, а на варианте с позднеосенним щелеванием – 150,5 мм [93].

Исследуя водный режим почвы зернопарового севооборота в условиях Приобья Алтая М. Л. Цветков сравнивал эффективность

усвоения осенне-зимних осадков при различных видах обработки: глубокой плоскорезной на 0,25…0,27 м КПГ-250 (контроль), мелкой плоскорезной на 0,12…0,14 м КПШ-5 и поверхностной на 0,06…0,08 м ЛДГ-10. Наиболее эффективной в плане накопления влаги показала себя мелкая плоскорезная обработка. Из выпавших за осенне-зимний период 210,8 мм осадков по мелкой плоскорезной обработке было усвоено 69,3 мм (32,9%), по глубокой плоскорезной – 64,7 мм (30,7%) и 46,4 мм (22,0%) – по поверхностной обработке [130].

Данные исследований Ф. Т. Моргуна и Н. К. Шикулы в степных регионах Украины показали, что применение мелкой плоскорезной обработки, в которой предусматривалось щелевание, обеспечивает лучшее влагосбережение по сравнению с другими видами обработок [46].

В. П. Васильев в своих исследованиях в Самарской области по применению плоскорезной обработки с оставлением растительных остатков по обработанной поверхности выявил, что при этом усвоение осенних осадков наблюдалось на 11,6…11,8% больше, чем на вспашке, как за счет сбережения ранее накопленной влаги, так и уменьшения испарения. При этом им отмечено большее, по сравнению с вспашкой, накопление влаги в глубоких слоях почвенного горизонта, особенно в засушливый осенне-зимний период, что подтверждается увеличением запасов продуктивной влаги на 39,2 мм по плоскорезной обработке в слое 0,5…1 м, что свидетельствует о преимуществе оставления растительных остатков на обработанной поверхности [12].

Исследования Самарского НИИСХ показали, что к весеннему периоду по плоскорезной обработке почвы в сравнении с основной отвальной обработкой в слое 0…0,5 м было накоплено влаги на 10 мм больше, в слое 0,5…1 м – на 21 и в слое 1,0…1,5 м – на 18 мм. Авторы данного исследования считают, что из-за меньшего промерзания верхнего слоя почвы при плоскорезной обработке глубина промачивания почвы весной при оттаивании достигает слоя 1,0…1,5 м, по вспашке – только 0,5…1,0 м [61].

Исследования И. А. Чуданова в степной части Заволжья также показали, что осенняя обработка зяби плоскорезами обеспечивает большее накопление доступной влаги в почве по сравнению с вспашкой. Так, на полях, обработанных плоскорезами, количество влаги в почве до наступления стабильных заморозков в метровом

слое было на 11 мм больше по сравнению с полями после отвальной вспашки, что стало возможным благодаря оставшейся на поверхности поля стерни. При этом стерня снижает скорость ветра и температуру поверхности почвы, отчего существенно уменьшается испарение почвенной влаги. Весной эта разница увеличивалась до 20 мм за счет дополнительно накопленного стерней снега [133].

Профессор Ю. И. Чирков определил также достаточно высокую эффективность процесса мульчирования поверхности поля, где влажность сохранялась на 6…7% больше [132].

Исследования И. А. Вольтерс по применению мелкой обработки в умеренно влажной зоне Ставрополья после различных предшественников зафиксировали увеличение влажности в верхнем слое почвы по сравнению с глубокой отвальной обработкой почвы перед севом озимой пшеницы (табл. 1). При этом отмечается наибольшее количество агрономически ценных агрегатов по мелкой обработке – 55%, что на 8% больше, чем по вспашке и на 9,2%, чем по безотвальному рыхлению [21].

Таблица 1

Запас продуктивной влаги перед севом озимой пшеницы в зависимости от предшественников и способов основной обработки почвы, мм (по И. А. Вольтерс)

Предшественник	Способ основной обработки почвы	Слой почвы, м		
		0-0,1	0,1-0,2	0,2-1
Горох на зерно	Отвальный	7,8	8,2	78,5
	Безотвальный	8,2	8,8	79,7
	Мелкая обработка	8,6	10,6	84,2
Занятый пар	Отвальный	9,8	12,2	83,3
	Безотвальный	10,1	12,1	87,4
	Мелкая обработка	10,4	13,2	89,3
Кукуруза на силос	Отвальный	5,8	7,6	70,8
	Безотвальный	6,1	8,1	71,8
	Мелкая обработка	6,3	9,4	77,3

Исследования, проведенные Д. Б. Латария в Донском НИИ сельского хозяйства, показали, что мелкая безотвальная обработка позволила накопить в метровом слое почвы за осенний период до 40…53 мм влаги, что практически в 2 раза больше, чем после отвальной обработки – 25…33 мм влаги при одинаковой глубине обработки. При этом отмечается, что коэффициент усвоения осадков по безотвальной обработке составил 0,28…0,37,

а по отвальной обработке 0,17…0,22 [67]. Это доказывает преимущество мелкой безотвальной обработки перед отвальной в накоплении и сбережении почвенной влаги.

Длительные опыты по водному режиму почвы в степных, засушливых регионах: Северном Казахстане, Оренбургской и Уральской областях также выявили значительный эффект мелких безотвальных обработок почвы по сравнению с вспашкой [46]. В этих засушливых регионах мелкая плоскорезная обработка повышает уровень водопроницаемости почвы на 10…45 мм/ч и позволяет накопить влаги в метровом слое к весне на 15…45 мм больше, чем при вспашке [46].

В Среднем и Нижнем Поволжье также проведен значительный объем исследований по оценке влияния глубины и способов обработки почвы на ее водный режим [4, 46, 61, 93, 114, 133]. Например, А. В. Бойко и М. А. Сизова (Пензенская опытная станция) отмечают преимущество плоскорезной обработки перед вспашкой на выщелоченных черноземах в засушливый период, которое выражается увеличением запасов продуктивной влаги в метровом слое на 10…15 мм [46]. Таким образом, для засушливых регионов предпочтительнее использовать безотвальную обработку с оставлением растительных остатков на поверхности поля.

При изучении влияния на водный режим почвы разновидности мелкой обработки – лущения, на Тамбовской областной опытной станции провели серию опытов, которыми было установлено, что перед наступлением устойчивых заморозков влаги было накоплено больше на полях, где применялось глубокое лущение лемешными лущильниками с одновременной обработкой кольчато-шпоровыми катками, выполняющими подповерхностное уплотнение и выравнивание поверхности почвы. Создание подповерхностного уплотненного слоя и выровненная поверхность способствовали сбережению влаги от испарения. При этом обрабатываемый слой почвы должен быть качественно разрыхлен на всю глубину мелкой обработки.

Так, при поверхностном лущении на 40…60 мм дисковыми лущильниками общее содержание влаги в 1,5-метровом слое почвы перед ее замерзанием составило 412 мм, а при мелком лущении на 0,10…0,14 м лемешным лущильником в агрегате с кольчато-шпоровым катком запасы влаги составляли 445 мм [44].

Аналогичные результаты получены В. П. Байко в Кубанском сельскохозяйственном институте, которые доказывают эффективность применения осенней мелкой обработки лущильниками до 0,12 м, при которой влажность почвы составила 18,7% в сравнении с поверхностной обработкой лущильниками на глубину до 0,05 м, где влажность почвы достигала 14,6% [3].

Положительное действие от мелкой обработки лущильниками подтверждено также опытами Курской областной опытной станции, обеспечившее накопление влаги не только в обработанном слое, но и в более глубоких – до 0,60 м [44].

Разрабатывая в Северном Казахстане почвозащитную систему обработки почвы, А. И. Бараев, А. А. Зайцева, Э. Ф. Госсен, Г. Г. Берестовский установили высокую эффективность применения бозотвального рыхления с оставлением на поверхности поля стерни, способствующей снижению испарения влаги и улучшению почвообразовательных процессов, способствующих повышению плодородия почвы [5]. Особую роль стерневых остатков в сбережении влаги и повышении плодородия почвы за счет более интенсивного образовательного процесса гумуса отмечает немецкий исследователь W. Holtmann [138].

В связи с положительным влиянием растительных остатков на поверхности поля после осенней обработки на повышение сохранности влаги и плодородия почвы, в настоящее время в мировом земледелии при возделывании зерновых культур все более широкое распространение получают ресурсо-влагосберегающие технологии, основанные на применении мелких обработок почвы с созданием влагосберегающего мульчирующего слоя [18, 23, 40, 41, 86].

Научно и экспериментально обоснованные рекомендации по применению в производстве мелких безотвальных и минимальных обработок почвы представлены в работах Б. А. Доспехова, Д. И. Бурова, И. П. Макарова, С. А. Наумова, А. И. Пупонина, Н. З. Милащенко и других ученых [11, 37, 69, 75, 81, 98].

Дальнейшее развитие мелкая обработка почвы получила после исследований Всероссийского НИИ зернового хозяйства, связанных с сохранением на поверхности почвы пожнивных остатков и созданием мульчи. А. И. Бараевым было установлено существенное улучшение водного режима при мелкой плоскорезной системе обработки, благодаря накоплению снега на стерневых фонах и уменьшению испарения влаги. Стерневой фон после мелкой

плоскорезной обработки обеспечил сбережение 35…40% от общего количества осенних осадков, при 19% по отвальной обработке. Это А. И. Бараев объясняет уменьшением скорости приземного ветра и температуры воздуха на поверхности почвы, влияющих на испарение влаги [5].

Эффективность мульчирующего слоя почвы после осенней обработки также отмечает профессор Г.И. Казаков, который установил, что растительные остатки на поверхности поля, перемешанные с верхним слоем, снижают испарение влаги на 5…10% [46].

В настоящее время в России мелкая осенняя обработка используется в ресурсосберегающих технологиях, которые стали особенно актуальны при недостатке техники и денежных средств. В условиях недостаточной влагообеспеченности будущий потенциальный урожай формируется за счет повышения сохранности влаги после обработки с оставлением растительных остатков в верхнем слое и на поверхности. Этот мульчирующий слой, в силу своей повышенной влагоемкости и водопроницаемости, способствует проникновению осадков в почву и снижает испарение влаги [17, 41]. Например, в Самарской области хозяйства, реализующие ресурсо- и влагосберегающие технологии на площади свыше 400 тыс. га, увеличили урожайность зерновых культур с 16,3 ц/га в 1999 году до 21,5 ц/га в 2003 году [86].

Многочисленные исследования, проведенные в разных регионах страны, показали, что при мелкой заделке в почву значительного количества органических остатков существенно повышается ее водопоглотительная способность. При этом мульча из соломистых остатков ослабляет процессы испарения почвенной влаги, увеличивает водопроницаемость обработанного слоя почвы и увеличивает запасы талых вод [61, 86].

На основе своих исследований В. А. Корчагин и Г. И. Казаков отмечают, что основными способами снижения испарения почвенной влаги являются: создание почвенного горизонта с оптимальными агрофизическими свойствами, а также выравнивание и мульчирование растительными остатками поверхности поля. При этом для решения данных задач В. А. Корчагин считает, что минимальные потери влаги обеспечиваются наличием в верхнем мульчирующем слое почвы до 0,1 м более 70% агрономически ценных агрегатов размером от 0,25 до 10 мм с пористостью 60…62%.

Г. И. Казаков определил, что после такой обработки почвы испарение влаги из метрового слоя снижается на 57….71 мм, в отличие от вспаханной на глубину 0,3 м почвы [47].

Аналогичные данные получены в исследованиях Д. И. Бурова, проводимых на черноземах Среднего Поволжья, где определено, что минимальная скорость испарения отмечается в почве, имеющей структурные образования размером от 0,25 до 3 мм. Также отмечается, что при отвальной обработке с заделкой растительных остатков испарение влаги из почвы было в 1,5 раза больше, чем на взрыхленной безотвально почве с комочками размером 0,5…4 мм [11].

Исследования Г. И. Казакова по влиянию приемов обработки почвы на влагосбережение в Самарской области в течение трех месяцев (май-июль) по различным фонам показали минимальное испарение влаги на тяжелосуглинистом черноземе с верхним сухим мелкокомковатым слоем толщиной 0…70 мм и уплотненным до 1,10…1,20 г/см^3 нижерасположенным слоем. Отмечается также, что в засушливые годы наибольшие потери влаги на испарение оказались на глубоко разрыхленной или сверху уплотненной почве – 93…126 мм, что в 1,9…2,5 раза больше потерь влаги из почвы с мульчирующим верхним слоем. И даже во влажные годы эта разница оставалась существенной и составляла 14…17% [46].

По данным исследований, проведенных в ВИМе, А. П. Спириным определено, что оптимальными при мульчировании являются растительные остатки и незерновая часть урожая, измельченные до 50...100 мм, которые лучше перемешиваются с верхним слоем почвы и ускоряют процесс гумусообразования [119].

В исследованиях С. Сдобникова и Ю. Мощенко из Сибирского НИИСХ, отмечается большое преимущество мульчирования почвы как важного агроприема, используемого для накопления и сбережения осенне-зимних осадков. На безотвально обработанном участке с мульчированным соломой поверхностным слоем запасы влаги в метровом слое почвы к периоду проведения посева на 25,7 мм превышали запасы контрольного вспаханного участка. После осенних осадков в количестве 86 мм на замульчированных участках запасы продуктивной влаги увеличились на 52 мм, а на вспашке – только на 30 мм. С увеличением количества мульчи возрастает положительный эффект от ее применения. При мульчировании почвы соломой в количестве 3 т/га урожайность яровой

пшеницы повысилась на 1,1 ц/га, а при 5 т/га – на 1,7 ц/га [53]. Причем для заделки максимального количества растительных остатков в поверхностный слой при осенней обработке почвы рекомендуется почву рыхлить на глубину 40…50 мм.

По данным Украинского НИИ земледелия мульчирование почвы на глубину 0,05 м измельченной соломой в количестве 4 т/га при мелкой безотвальной обработке в сравнении с немульчированным участком позволило сохранить весной от испарения 27…29 мм влаги [53].

Для выщелоченных черноземов также отмечается эффективность мелкой обработки по сбережению дождевых осадков, особенно в засушливых регионах, где максимально выражается ее преимущество в уменьшении испарения влаги и повышении агрогидрологических свойств почвы, позволяющих увеличить ее влагоемкость и водопроницаемость [86, 100].

Вид и качество осенней обработки почвы напрямую влияют на ее водопроницаемость. Необработанные уплотненные и распыленные ежегодной вспашкой почвы значительно хуже пропускают воду, чем хорошо взрыхленные и оструктуренные.

Мульчирование поверхности поля пожнивными остатками значительно повышает водопроницаемость почвы. Так, по данным Ю. П. Петрова мульчирование суглинистого чернозема Молдавии измельченной соломой в количестве 8 т/га повышало его водопроницаемость в 1,5…2 раза и увеличивало запасы влаги в метровом слое на 24 мм в сравнении с участком без мульчирования [53].

Данные водопроницаемости почвы, определенные Г. И. Казаковым при помощи прибора А. Г. Дояренко в осенний период показали, что необработанная почва за два часа впитывает 1,03 мм/мин, глубоко вспаханная – 1,43 мм/мин, а обработанная плоскорезом – 1,66 мм/мин.

По данным исследователей Н. С. Немцова и К. И. Карпович из Ульяновской опытной станции мелкая плоскорезная обработка повышает количество агрономически ценных агрегатов в обрабатываемом слое на 6…8% по сравнению с отвальной вспашкой и увеличивает запасы влаги к весне на 9…35 мм за счет меньших потерь на испарение и большего накопления снега [46].

Экспериментальные данные М. М. Ломакина по применению мульчирующей обработки почвы в течении 6 лет в колхозе «Прогресс» Курской области выявили увеличение количества

агрономически ценных агрегатов в обрабатываемом слое размером более 1 мм на 20% [53].

Аналогичные результаты на черноземах Поволжья получили в своих исследованиях И. А. Чуданов, К. Г. Шульмейстер, П. К. Иванов, Б. В. Егоров, В. В. Крайнев, И. П. Моторыгин, И. С. Пронин, А. Н. Соснин, А. Н. Сухов и другие [44, 46, 133].

Таким образом, на основании многочисленных проведенных исследований можно сделать вывод о том, что мелкая послеуборочная обработка почвы с мульчированием измельченной соломой 0,05 м поверхностного слоя улучшает ее водопроницаемость, повышает влагоемкость и снижает скорость испарения влаги, причем ее эффективность значительно возрастает в засушливых зонах. Кроме этого мульча из пожнивных остатков защищает почву от ветровой и водной эрозии и повышает ее плодородие.

1.2. Способы осенней мелкой обработки почвы для осенне-зимнего накопления и сбережения влаги

Осенняя мелкая обработка почвы на глубину от 0,08 до 0,16 м необходима для уничтожения проростков сорняков и падалицы, заделывания пожнивных остатков в верхний слой почвы с целью ускорения их перегнивания, а также для сбережения осадков, выпадающих в послеуборочный период. Для этого необходимо создать условия, позволяющие задержать влагу осадков на месте их выпадения, обеспечить их впитывание в почву и уменьшить потери влаги на испарение с поверхности почвы, одновременно частично сохранить капиллярную сеть, которая обеспечивала бы подъем влаги из нижних слоев почвы [49, 85]. К приемам такой обработки относят дискование, мелкую плоскорезную обработку, лущение, культивацию и другие.

Дискование – обработка верхнего слоя почвы (рис. 1) дисковыми орудиями. Это приводит к крошению, частичному оборачиванию и перемешиванию почвы, а также измельчению растительных остатков [79]. Дискование проводят непосредственно после уборочных работ.

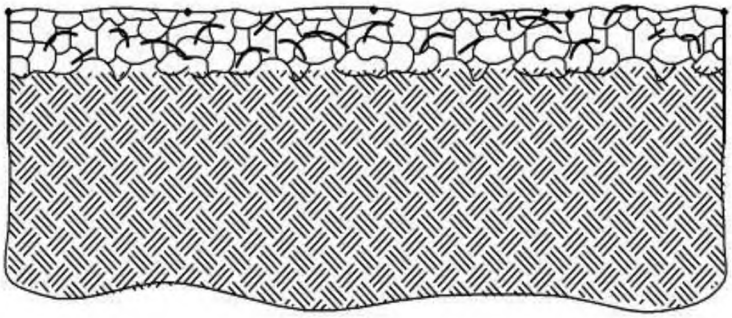


Рис. 1. Схема поперечного среза почвы после дискования

В зонах достаточного увлажнения дискование применяют также для предпосевной подготовки почвы. Однако дискование приводит к распылению почвы и увеличению эрозионно-опасных частиц, что снижает влагосберегательную способность почвы.

Мелкая плоскорезная обработка почвы (рис. 2) проводится культиваторами-плоскорезами в эрозионно-опасных зонах с недостаточным количеством осадков.

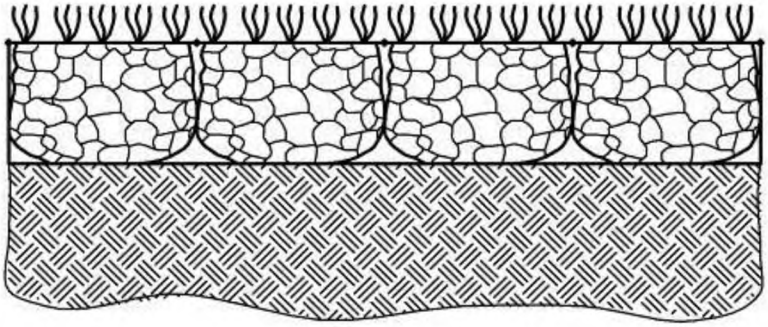


Рис. 2. Схема поперечного среза почвы после мелкой плоскорезной обработки

Этот способ обработки обеспечивает рыхление верхнего слоя почвы и сохранение стерни, которая способствует накоплению более мощного снежного покрова по сравнению с другими обработками, но применяемые орудия с плоскорежущими лапами не достигают необходимого уровня крошения обрабатываемого слоя почвы.

Это ведет к недостаточному впитыванию и сбережению осадков послеуборочного и осеннего периода.

Щелевание снижает потери влаги при стоках на склонах во время обильных осадков (рис. 3).

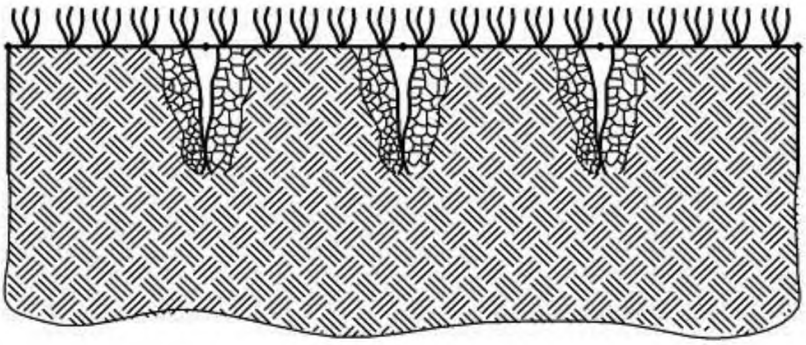


Рис. 3. Схема поперечного среза почвы после щелевания

Щелевание позволяет собрать влагу и транспортировать ее в более глубокие слои, но при этом она не успевает впитаться в верхние слои почвы [118, 120]. Низкое содержание влаги в верхнем слое [70] частично компенсируется с наступлением морозов за счет подъема влаги по ненарушенной капиллярной сети. Щелевание используется также совместно с другими видами обработки.

Лущение – прием обработки почвы дисковыми и лемешными орудиями, обеспечивающий крошение, перемешивание и частичное оборачивание почвы с подрезанием сорняков. При лущении заделывают часть стерни, а вместе с ней семена сорняков в верхний слой почвы и тем самым создают благоприятные условия для их прорастания. Всходы и проростки сорняков затем уничтожают последующими обработками. С помощью лущения на поверхности поля создают рыхлый, мульчирующий слой почвы, который защищает почвенную влагу от испарения.

Отрицательные моменты лущения дисковыми орудиями – неполное за один проход подрезание сорной растительности и увеличение эрозионно-опасных частиц; лемешные лущильники недостаточно крошат и перемешивают обрабатываемый слой почвы с растительными остатками, что ведет к снижению его влагосберегательной способности.

Культивация – прием обработки почвы культиваторами, обеспечивающий ее рыхление, перемешивание, выравнивание поверхности и подрезание сорняков (рис. 4).

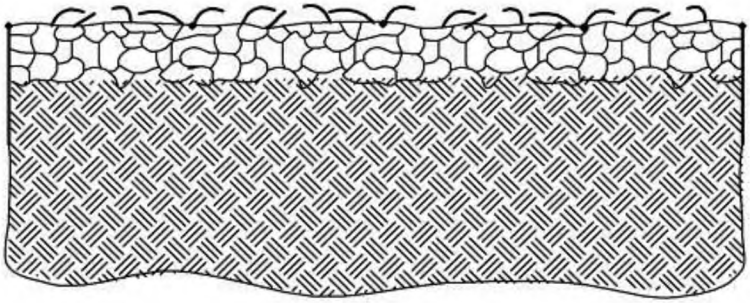


Рис. 4. Схема поперечного среза почвы после культивации

Основная задача культивации – подрезание всходов проростков сорняков, разрыхление почвы и выравнивание поверхности поля. В результате рыхления почвы, крошения глыб и крупных комков при культивации на поверхности создается рыхлый слой почвы. Это улучшает водный и воздушный режимы и создает благоприятные условия для накопления доступных растениям питательных веществ.

Для мелкой обработки стерневых фонов применяют культиваторы-плоскорезы, которые рыхлят почву на глубину до 0,16 м и оставляют до 90% прямостоящей стерни. Хорошо рыхлят почву культиваторы с универсальными стрельчатыми и долотообразными рабочими органами, а с плоскорежущими полностью подрезают сорняки. Пружинные культиваторы используют для рыхления почвы и вычесывания корневищ сорняков на поверхность. Культиваторы с игольчатыми дисками хорошо разрушают почвенную корку, рыхлят почву и уничтожают всходы сорняков. Одними из причин, снижающими эффективность культивации являются существенные потери влаги на испарение и распыление почвы.

Способ влагосберегающей обработки (патент РФ № 2179382) предусматривает измельчение пожнивных остатков, крошение верхней части пласта, нарезку мелких щелей треугольного профиля, разделку пласта на ленты, второе более глубокое щелевание с горизонтальным подрезанием и рыхлением с кротованием на большую глубину отделенного от монолита пласта.

Таким образом, создается выровненная поверхность *1* обработанного участка, уклоны *2, 3* верхней поверхности уплотненно-рыхлой части пласта *б*, а также гребни с уклонами *4, 5* нижней поверхности этой части пласта (рис. 5).

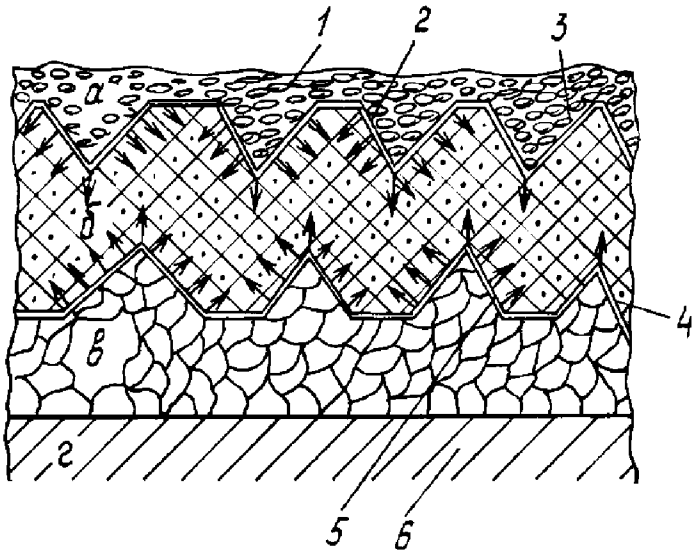


Рис. 5. Схема поперечного среза почвы после влагосберегающей обработки (патент РФ № 2179382)

Между поверхностью неразрыхленного слоя *б* и гребнями с уклонами *4* и *5* образуется рыхлый слой, который устраняет капиллярное перемещение влаги из слоя *г* вверх, а при выпадении дождя влага накапливается в этом слое [88]. Эффективность данного способа снижают его сложность и значительная неравномерность распределения влаги в обработанном слое.

Ярусно-послойный способ обработки почвы с сохранением стерни и мульчированием верхнего слоя измельченными растительными остатками заключается в том, что верхний, менее плотный, слой рыхлят плоскорежущими рабочими органами, а в более глубоком плотном слое нарезают закрытые щели или полосы (рис. 6).

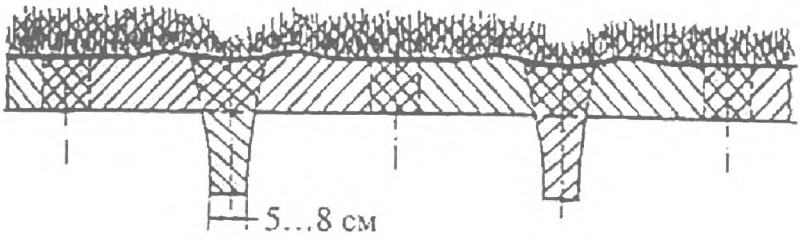


Рис. 6. Схема поперечного среза почвы после ярусно-послойного способа обработки почвы

При такой ступенчатой обработке почвенного пласта осадки хорошо проникают в корнеобитаемый слой через разрыхленные щели и полосы, влага лучше сохраняется в почве благодаря значительному снижению испаряемости через верхний мульчирующий слой. При этом формируется поверхность обработанного слоя без гребней и борозд [119]. Данный способ хорошо сохраняет влагу, но не в полной мере выполняются другие агротехнические требования к качеству обработки почвы.

Способ обработки почвы по патенту РФ № 2274984 включает обработку почвы дисковыми батареями путем встречного перемещения (рис. 7). Перед обработкой почвы дисковыми батареями нарезают борозды окучником с лапой. Вынимаемая при нарезке борозды почва распределяется по необработанной поверхности. Засыпка борозды осуществляется почвой, перемещаемой дисковыми батареями.

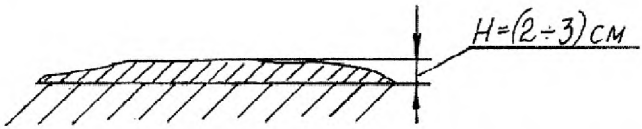


Рис. 7. Поперечный профиль поля после обработки почвы по патенту РФ № 2274984

За счет встречного перемещения почвы дисковыми батареями происходят засыпка борозды и выравнивание поверхности [89]. К недостаткам данного способа относится распыление почвы и значительные потери влаги на испарение.

Безотвальная обработка (патент РФ № 2160519) состоит в том, что на поле комбинированным агрегатом нарезают чередующиеся борозды на глубину обрабатываемого слоя (рис. 8). Между рыхлой почвой с помощью стойки ножевидного профиля формируют трапецеидальные перегородки из плотной почвы. Затем, используя стойку с наральником круглого профиля, проводят сдвиг вершин плотных перегородок с образованием рыхлого слоя. После этого проводят сепарацию верхнего слоя почвы и сорняков и создают уплотненную прослойку на глубине заделки семян с помощью катка-сепаратора [87]. Но при этом отсутствие мульчи на поверхности снижает влагосберегательную способность верхнего слоя почвы и не обеспечивает эффективного влагосбережения.

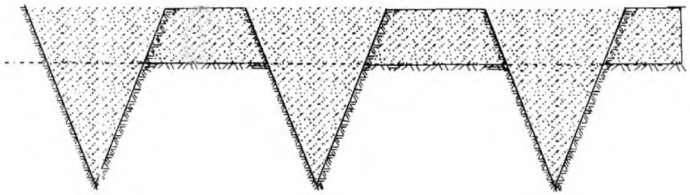


Рис. 8. Схема поперечного среза почвы после безотвальной обработки (патент РФ № 2160519)

Способ безотвально-нулевой обработки (патент РФ № 2284092) включает полосную обработку почвы (рис. 9), при которой последовательно чередуются обработанные безотвальным рыхлением полосы *1* шириной не более 0,4…0,5 м с необработанными *2* такой же ширины. Разрыхленная полоса *1* формируется таким образом, что образуется подпочвенная двухскатная подошва *3* с углом не менее 20…22°, а глубина рыхления по краям *5* не превышает 0,14…0,16 м. Середина обработанной полосы *6* рыхлится на глубину не более 0,04…0,06 м. В результате чередования обработанных и необработанных полос создается зона подземного стока и активного промачивания *7* и зона слабого промачивания *8*, а на поверхности почвы остается стерня *9*. К периоду весенних полевых работ влажность почвы на обработанной и необработанной полосах выравнивается [90]. В засушливых условиях Поволжья эффективность этого способа обработки будет недостаточной при незначительном количестве осадков, а также из-за потерь влаги на испарение.

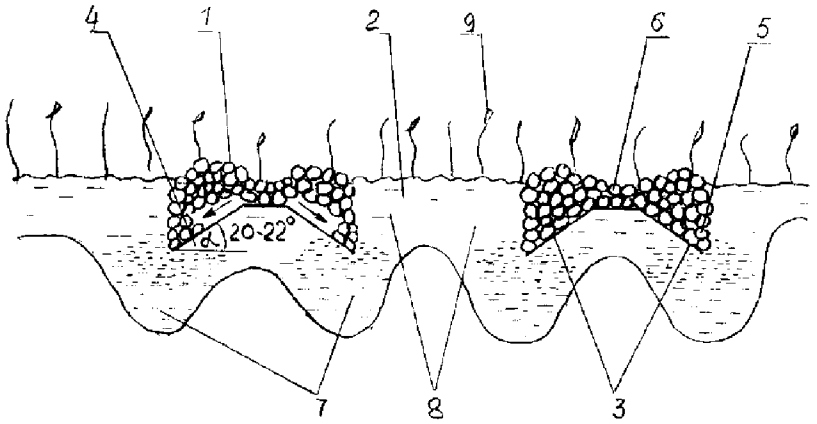


Рис. 9. Схема поперечного среза почвы после безотвально-нулевой обработки почвы (патент РФ № 2284092)

Осенняя мелкая полосовая обработка (патент РФ № 2316918) состоит в рыхлении почвы, при котором образуются разрыхленные полосы *1* (рис. 10) глубиной H, равной 0,12…0,16 м, нижние половины *2* которых образуют ∇-образные сечения, шириной b, равной 0,10…0,12 м, а верхние половины *3* прямоугольные сечения шириной B, равной $2{,}2b$…$2{,}6b$. Разрыхленные полосы *1* образуются с интервалом L, равным $1{,}5B$…$2{,}0B$, образующим неразрыхленные участки *4* с оставшейся стерней.

Разрыхленные полосы *1* впитывают и аккумулируют влагу осадков в боковых *6* и центральном карманах *5*. При этом из боковых карманов *6* влага инфильтрирует в неразрыхленные участки *4* и распределяется по всему верхнему слою почвы, а накопленная центральным карманом *5* влага инфильтрирует через наклонные стенки *7, 9* под боковые карманы *6* и далее под неразрыхленные участки *4*. При этом влажность в приповерхностном слое неразрыхленных участков *4* поддерживается за счет инфильтрации влаги из боковых карманов *6* [114].

Эффективность сбережения влаги при данном способе обработки снижается вследствие повышенных потерь влаги на испарение из-за неровного микрорельефа обработанной поверхности почвы.

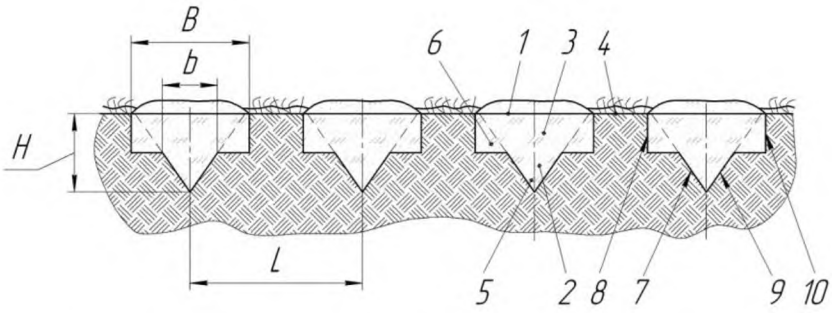


Рис. 10. Схема поперечного среза почвы после осенней мелкой полосовой обработки (патент РФ № 2316918):
H – глубина разрыхленной полосы; *B* – ширина верхней половины разрыхленной полосы; *b* – ширина нижней половины разрыхленной полосы; *L* – интервал образования полос; 1 – разрыхленная полоса; 2 – нижняя половина разрыхленной полосы; 3 – верхняя половина разрыхленной полосы; 4 – неразрыхленный участок; 5 – центральный карман; 6 – боковой карман; 7, 9 – наклонные стенки; 8, 10 – вертикальные стенки

Проведённый с точки зрения влагосбережения краткий анализ способов обработки почвы указывает на то, что их эффективность зависит от выравненности поверхности поля после обработки, количества выпавших осадков в послеуборочный и осенне-зимний период, качества рыхления почвы, формы профиля обработанного слоя и наличия мульчирующего слоя, влияющих в итоге на количество и сохраняемость накопленной влаги в корнеобитаемом слое почвы. Однако ни один из перечисленных способов в комплексе не решает в полной мере задачу эффективного накопления и сбережения влаги в корнеобитаемом слое.

1.3. Технические средства для осенней мелкой обработки почвы

Применяемые для осенней мелкой обработки почвы известные орудия не решают в полной мере задачи по сбережению влаги выпадающих в осенне-зимний период осадков, так как даже после рыхления остаются крупные почвенные агрегаты и комки, плохо впитывающие влагу и быстро теряющие ее при выветривании. Поэтому для уменьшения потерь влаги проводят дополнительную обработку почвы, направленную на крошение комков

и разрушение капиллярной сети, выравнивание и мульчирование поверхности. При этом накопление и сбережение влаги в почве будет зависеть от условий, создаваемых техническими средствами, которые оказывают различное воздействие на разрыхляемый горизонт и определяют возможное количество накопленной и сбереженной влаги.

Для выполнения этих условий машины и орудия, осуществляющие мелкую обработку почвы, должны формировать взрыхленный слой почвы с различной плотностью по глубине. Этим требованиям в большей мере удовлетворяют комбинированные почвообрабатывающие машины и орудия.

Почвообрабатывающий комбинированный агрегат АПК-6 (рис. 11) измельчает растительные остатки и оставляет их на поверхности, рыхлит почву на глубину до 0,16 м. Основными рабочими органами являются дисковые секции, плоскорежущие лапы, выравниватель и каток [66]. Дисковые секции измельчают пожнивные остатки и крошат верхний слой почвы, плоскорежущие лапы подрезают сорную растительность и рыхлят нижележащий слой почвы. Катки завершают процесс выравнивания микрорельефа, крошат почву верхнего слоя и уплотняют его [41, 55]. Однако агрегаты АПК имеют плохую приспосабливаемость к макрорельефу, что снижает качество обработки и ведет к частичной потере влаги от испарения.



Рис. 11. Почвообрабатывающий комбинированный агрегат АПК-6

Комбинированный агрегат для мелкой обработки почвы АКМ-4 (рис. 12) оборудован двумя рядами дисковых батарей, двумя рядами рыхлительных стрельчатых лап и двумя рядами катков: ножевой и спирально-планчатый.



Рис. 12. Комбинированный агрегат для мелкой обработки почвы АКМ-4

При работе агрегата передние секции дисковых батарей подрезают и измельчают растительные остатки, подрезают и крошат верхний пласт почвы, стрельчатые лапы рыхлят нижележащий пласт почвы, секции ножевых катков производят дополнительное крошение почвы и мульчирование обрабатываемого слоя почвы растительными остатками, а спирально-планчатый каток дробит комки почвы, выравнивает и уплотняет почву [68].

Агрегат, снабженный такими рабочими органами, позволяет обрабатывать почву с высоким качеством крошения, однако небольшое расстояние между рабочими органами приводит к их забиванию сорняками и пожнивными остатками, что не обеспечивает качественной работы для эффективного сбора влаги.

Орудие для мелкой полосовой обработки почвы (патент РФ № 2316918) (рис. 13 и 14) содержит рабочие органы, выполненные в виде закрепленных на стойках право- и левообрабатывающих наклонных лемехов. Сзади каждого ряда лемехов размещены ряды односторонних лапок, рыхлящих на половину глубины хода наклонных лемехов. Сзади к орудию шарнирно крепится каток с рыхляще-мульчирующими элементами.

При движении орудия ряды право- и левообрабатывающих наклонных лемехов разрыхляют и формируют полосы с наклонными стенками, а ряды односторонне-рыхлящих лапок подрезают и

рыхлят пласт почвы, формируя боковые стенки разрыхляемых полос. Каток своими рыхляще-мульчирующими элементами крошит крупные комки на разрыхленных участках, измельчает и перемешивает солому с почвой на неразрыхленных участках, образуя при этом выровненный мульчирующий слой почвы [114].

Данное орудие имеет минимальные энергозатраты, однако плохо измельчает растительные остатки и недостаточно крошит обрабатываемые полосы, что снижает влагоемкость мульчирующего слоя и повышает потери влаги на испарение.

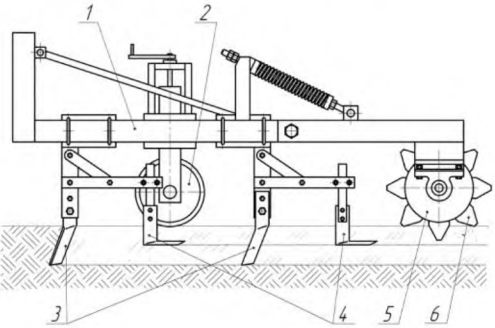


Рис. 13. Орудие для мелкой полосовой обработки (патент РФ № 2316918):
1 – рама; 2 – опорно-регулировочное колесо; 3 – лемеха наклонные право- и левообрабатывающие; 4 – лапки односторонние рыхлительные; 5 – каток мульчирующий; 6 – элемент рыхляще-мульчирующий

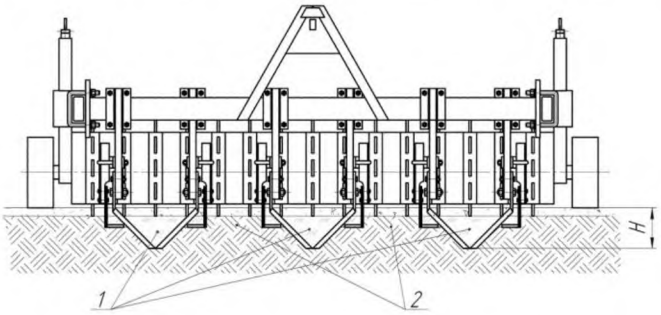


Рис. 14. Орудие для мелкой полосовой обработки (патент РФ № 2316918) вид спереди:
H – глубина разрыхленной полосы;
1 – разрыхленные полосы; 2 – неразрыхленные интервалы

Борона дисковая тяжелая БДТ 5/810 ЭТМ (рис. 15) имеет дисковые батареи, отличительной особенностью которых является увеличенный до 810 мм диаметр сферических дисков, с глубиной вырезов 150 мм. Обработанный слой, мульчированный пожнивными остатками после обработки данной бороной, обладает хорошей влагопоглощающей способностью.

Отрицательным моментом обработки такой бороной является вынос на поверхность влажных горизонтов, а также наличие крупных комков почвы на поверхности, что увеличивает потери влаги на испарение, а также неравномерное распределение влаги по обработанной площади при неровном макрорельефе [97].



Рис. 15. Борона дисковая тяжелая БДТ 5/810 ЭТМ

Культиватор комбинированный Pegasus 4000 (рис. 16) имеет несколько типов рабочих органов – стрельчатые лапы, наклонные сферические диски и трубчато-ребристые катки [86]. В процессе работы культиватора стрельчатые лапы выполняют рыхление и интенсивное перемешивание подрезанного пласта почвы с растительными остатками; наклонные сферические диски, установленные попарно сзади стрельчатых лап, производят выравнивание, перемешивание почвы с растительными остатками; трубчато-ребристые катки обеспечивают окончательное выравнивание и прикатывание обработанной почвы.



Рис. 16. Культиватор комбинированный Pegasus 4000

Такое интенсивное воздействие на верхний пласт почвы приводит к значительным потерям влаги в нем, также не обеспечивается равномерность распределения влаги в почвенном горизонте при неровном макрорельефе.

Комбинированный агрегат КУМ-4 (рис. 17) за один проход выполняет рыхление, крошение, мульчирование, выравнивание и уплотнение почвы, подрезание сорняков. Рабочими органами являются дисковые батареи, лапы с лемехами, ротационный выравниватель и барабан-измельчитель [24, 109].

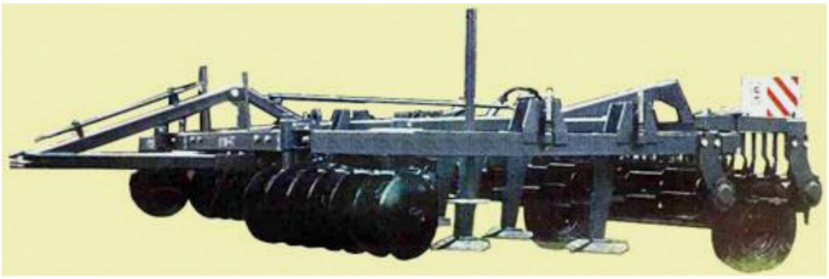


Рис. 17. Комбинированный агрегат КУМ-4

Слой почвы после обработки комбинированным агрегатом КУМ-4 имеет достаточно хорошую разделку. В него легко проникает осенне-зимняя влага, однако происходит неравномерное

распределение влаги по обработанной площади при неровном макрорельефе почвы из-за некачественного копирования рельефа поля.

Культиватор-плоскорез игольчато-роторный КПИР-3,6 (рис. 18 и 19) имеет в своем составе плоскорежущие лапы, батареи комбинированных игольчато-ножевых дисков и планчатые катки [59, 96].

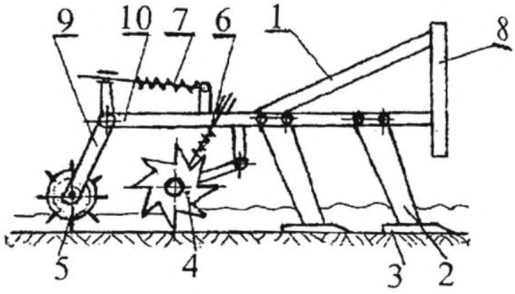


Рис. 18. Культиватор-плоскорез игольчато-роторный КПИР-3,6:
1 – рама; 2 – стойка; 3 – лапа со стойкой; 4 – батарея игольчатых дисков;
5 – каток планчатый; 6 и 7 – пружинные активизаторы массы;
8 – замок автосцепки; 9 – рамка; 10 – траверза



Рис. 19. Культиватор-плоскорез игольчато-роторный КПИР-3,6

При движении агрегата пласт почвы подрезается и рыхлится лапами. Затем по взрыхленному пласту проходит батарея игольчато-ножевых дисков и обеспечивает дробление глыб и комков острыми гранями игл в процессе их перекатывания по поверхности пласта. Планчатый каток обеспечивает уплотнение верхней части

пласта с формированием выровненной поверхности.

Такая обработка позволяет почве хорошо удерживать накопленную влагу за счет верхнего мульчирующего слоя, однако эффективность сбора влаги снижается из-за недостаточного измельчения и заделки пожнивных остатков в верхний слой почвы.

Комбинированный агрегат (патент РФ № 2179382) имеет батареи вырезных дисков. закрепленных на пружинных стойках, стрельчатые плоскорежущие лапы, на рабочей поверхности которых установлены клинья с односторонними лапами (рис. 20). Шарнирно к раме присоединен каток с клиновидными дисками и лопастной барабан [88].

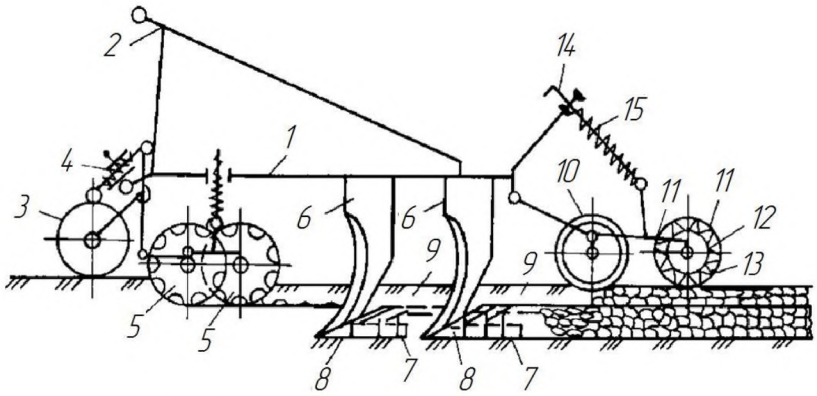


Рис. 20. Комбинированный агрегат (патент РФ № 2179382):
1 – рама; 2 – навеска; 3 – опорные колеса; 4 – механизмы регулировки;
5 – вырезные диски; 6 – стойки; 7 – стрельчатые плоскорежущие лапы,
8 – клинья; 9 – односторонние лапы; 10 – каток с клиновидными дисками;
11 – лопастной барабан; 12 – плоские диски; 13 – треугольные штанги;
14 – нажимная планка; 15 – пружины

При работе агрегата диски измельчают пожнивные остатки, нарезают мелкие щели, разделывают верхнюю часть пласта на узкие полосы.

Стойки нарезают щели, в конце которых пласт горизонтально подрезается лапой. Односторонние лапы, рабочая поверхность которых направлена вниз, отделяют от пласта почву, образуя комковатую рыхлую нижнюю часть.

Затем клиновидные диски катка проникают через разрыхленную верхнюю часть пласта и сжимают среднюю часть пласта. Штанги лопастного барабана своими гранями и основаниями мульчируют и выравнивают поверхность. Верхняя часть пласта выполняет водоаккумулирующую функцию, а ступенчатое строение пласта способствует накоплению влаги, поступающей через верхний слой пласта.

Однако недостаточное измельчение и перемешивание с почвой пожнивных остатков ведет к снижению влагопоглощения верхним мульчирующим слоем.

Существующие машины и орудия не обеспечивают эффективного сбережения осенне-зимней влаги в корнеобитаемом слое почвы, поэтому необходимо разработать почвообрабатывающее орудие, позволяющее формировать слой почвы с мульчированной поверхностью, обеспечивающий не только сбор и сбережение влаги, но и равномерное ее распределение по площади.

Для выполнения мелкой обработки разработано значительное количество средств механизации, которые можно классифицировать по следующим основным признакам:

- по назначению: для паровой обработки, для предпосевной обработки, для осенней обработки и для специальной обработки почвы. К специальной обработке относят нарезание щелей, лункообразование, полосовое рыхление и др. операции, нацеленные на накопление влаги в верхнем слое почвы.

- по способу агрегатирования: прицепные, полунавесные и навесные.

- по виду выполняемой операции: для измельчения пожнивных остатков, для рыхления, для перемешивания, для выравнивания и совмещенного воздействия.

- по способу привода рабочих органов: пассивные, реактивные, активные и пассивно-реактивные. Наиболее простыми и надёжными являются пассивные рабочие органы (лаповые, долотовидные, зубовые, ножевые и др.).

- по типу рабочего органа: дисковые, зубовые, игольчатые, лаповые, долотовидные, пружинные, прутковые, черенковые, крючковые, лопастные, ножевые, лемешные и комбинированные.

Разработанная классификация средств механизации для мелкой обработки почвы (рис. 21) позволила выявить пути их совершенствования.

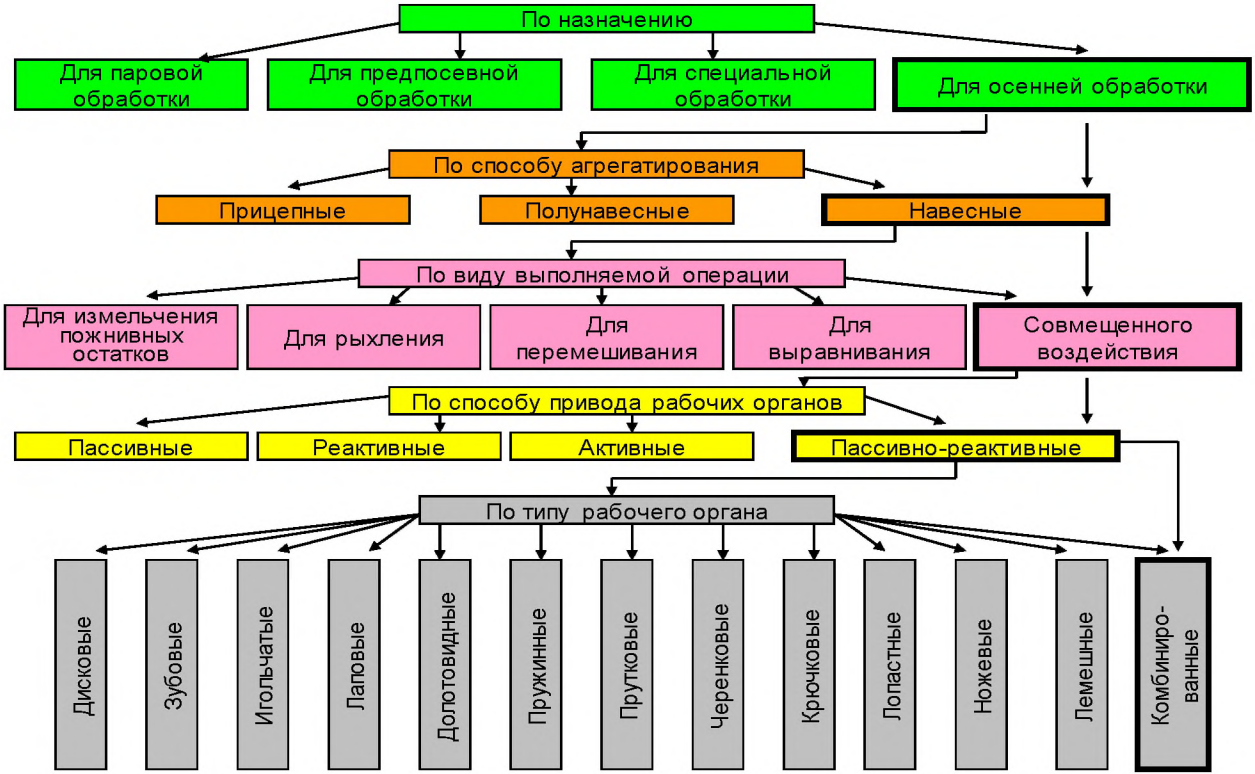


Рис. 21. Классификация средств механизации для мелкой обработки почвы

Одним из перспективных направлений является совместное использование ножевых дисков и плоскорежущих лап с рыхлительными элементами лемехов для эффективного крошения пласта почвы и создания мульчированной поверхности, позволяющей эффективно накапливать и сохранять влагу.

1.4. Анализ исследований процесса накопления и сбережения влаги в почве

Накопление и сбережение влаги в почве является основой получения высоких устойчивых урожаев в климатических зонах с недостаточным количеством выпадающих осадков. Основополагающими работами о почвенной влаге являются труды А. А. Роде, Н. А. Качинского, К. К. Битюкова, С. А. Вериго и Л. А. Разумовой [7, 17, 51, 105]. Исследованиями водного режима почв занимались также Г. Н. Высоцкий, А. А. Измаильский, П. А. Костычев, С. И. Долгов, А. Ф. Большаков и др.

Профессор П. С. Коссович (1904) впервые дал теоретические и экспериментальные обоснования важнейшей гидрологической константе почвы – ее влагоемкости [17]. В дальнейшем большой вклад в изучение этой константы внесли А. А. Роде, А. Ф. Лебедев, С. И. Долгов, С. В. Астапов и др.

Н. А. Качинский в своих трудах о почвенной влаге впервые детально изучил процесс инфильтрации и предложил классификацию почв по коэффициенту впитывания, которая применяется и в настоящее время [52].

А.П. Костяков в 1932 году предложил уравнение изменения скорости инфильтрации [134]:

$$q_w = B \cdot t^{-n}, \text{ мм}, \quad (1)$$

где q_w – количество воды профильтровавшейся в почву, *мм;*

B и n – эмпирические параметры, зависящие от типа и свойств почвы;

t – время, *сутки*.

Основываясь на результатах исследований, С. А. Вериго и Л. А. Рузумова придают огромное значение структуре почвы, от которой зависят её водоудерживающие свойства. Отмечается, что глинистые высокоструктурные почвы обладают хорошей

водоудерживающей способностью и характеризуются большой подвижностью воды по горизонтам. При этом почвенная влага всегда передвигается из более влажной зоны в более сухую, а скорость ее передвижения возрастает с увеличением влажности почвы [17]. Работами С. С. Вялова и А. Ф. Лебедева научно и экпериментально доказано, что перемещение влаги в почве происходит в трех физических состояниях: твердом, жидком и парообразном, причем основными являются жидкое и парообразное [8].

Изучение влияния размеров почвенных агрегатов на водные свойства почвы С. А. Вериго позволило установить непосредственную, определяющую зависимость влажности почвы от ее удельной поверхности, гигроскопичности и механического состава [17].

Аналогичные выводы по результатам исследований водных свойств почвы сделаны Н. А. Качинским, где он отмечает, что с увеличением площади поверхности почвенных отдельностей в исследуемом объеме влагоемкость почвы увеличивается [50].

Исследованиями Шадринской опытной станции Курганской области установлено, что для накопления влаги оптимальными размерами почвенных агрегатов являются почвенные отдельности, в которых преобладают агрегаты размером от 0,25 до 7…10 мм [103].

Изучая водный режим обыкновенных черноземов, Г. Н. Высоцкий установил, что запас влаги в нижних горизонтах создается поздними осадками холодного периода, а степень увлажнения сильно зависит от рельефа и механического состава почв. На большую глубину промачиваются черноземы легкосуглинистые и супесчаные [25]. Важное значение выравненности микрорельефа почвы на накопление влаги и ее испарение также отмечено в работах Д. И. Бурова, Г. И. Казакова, Н. А. Качинского, В. А. Корчагина [11, 46, 51, 61]. Профессор Г. Н. Высоцкий первым классифицировал водный режим почв и выделил три основных типа: промывной (пермацидный), непромывной (импермацидный) и выпотной (эксудативный) [25]. Профессор А. А. Роде, развивая учение Г. Н. Высоцкого, выделил еще три типа водного режима: мерзлотный, периодически-промывной и десуктивно-выпотной [105].

Важнейшая роль в процессе накопления и сбережения влаги в почве принадлежит мульчирующему слою, что доказывают работы отечественных (С. Сдобников, Ю. Мощенко, С. Н. Тайчинов, В. А. Корчагин, Г. И. Казаков, А. П. Спирин, А. И. Бараев, Л. В. Орлова, И. А. Чуданов, О. В. Терентьев, А. П. Цирулев, В. П. Васильев,

М. М. Ломакин, А. А. Бурбель) и зарубежных ученых (Е. Ф. Фолкнер, В. Шмидт, О. Нитцше, Х. Кивелитц, С. Фиир, К. Кроветто) [5, 12, 46, 61, 86, 121, 133, 136]. Усвоение осенних осадков при наличии мульчирующего слоя на 11,6…11,8% больше, чем без него [12]. Ими также отмечено, что основная доля потерь почвенной влаги приходится на испарение.

В работах Л. В. Орловой, В. А. Корчагина, Н. И. Золотарева, Г. Н. Высоцкого, О. В. Тереньева, М. М. Ломакина изучено влияние мульчирующего слоя на глубину промерзания почвы и оттаивание ее весной, и впитывание талых вод. Исследованиями М. М. Ломакина в Курской области в течение 6 лет установлено, что мульчирующий слой из 2…2,5 т/га соломы вдвое снижает глубину промерзания, что позволило дополнительно уловить 17…30 мм влаги талых вод [53].

А. П. Спирин, А. Ю. Измайлов, О. А. Сизов, А. С. Извеков в своих трудах по минимальной мульчирующей обработке почвы обосновали оптимальные размеры измельченных растительных частиц для образования влагосберегающего мульчирующего слоя, которые должны составлять 50...100 мм [119].

Исследования немецких ученых из Саксонского НИИ сельского хозяйства (Германия) подтверждают эти экспериментальные данные по размерам измельченных растительных частиц [136, 139, 140].

В исследованиях по оптимизации глубины мульчирующего слоя почвы с заделкой измельченной соломы, выполненных В. В. Положай в Украинском НИИ земледелия, а также Ж. И. Родэйлом (США), Э. Бальфур и А. Говардом (Великобритания), И. Б. Россом (Канада), Р. Штайнером и Р. Шнайдером (Германия) было определено, что наиболее эффективным по снижению испарения влаги является слой почвы 0…0,05 м [53].

При этом Е. В. Шеин [134] отмечает, что основным фактором передвижения парообразной влаги является температура почвы.

Большой вклад в теорию испарения влаги с открытой поверхности и движения влаги в почвогрунтах занимались Ю. М. Денисов, А. И. Будаговский, W. R. Gardner, J. Cisler, H. L. Penman, М. Кутилек, А. Е. Шайдегер, Е. Р. Лейбензон, С. Ф. Аверьянов, Е. С. Чайльдс, В. Р. Гарднер, Б. В. Дерягин, С. В. Нерпин, А. Ф. Чудновский, А. И. Голованов, Л. М. Рекс, Е. В. Вениционов и др. [5].

На основе теории массообмена и фазовых переходов в пористой среде Ю. М. Денисов вывел теоретически обоснованную зависимость для оценки объема физического испарения влаги почвой (E_n):

$$E_n = \alpha_{n0} \cdot A \cdot \frac{(1+\varphi_0 AB)}{(1+AB)} \cdot \frac{\rho_{nH3}(0) - \rho_{nB}}{\rho_3}, \quad (2)$$

где $\alpha_{n0} = 1 - \alpha_{10}$ – относительный объем пор на поверхности почвы;

α_{10} – объем скелета почвы;

$$A = k^* \cdot \left(1 + \frac{u}{V_s}\right); \quad (3)$$

$$B = \sqrt{\frac{k_f}{1-\alpha_1}}; \quad (4)$$

k^* – обобщенный параметр, имеющий размерность скорости;

u – скорость ветра, *м/с;*

V_s – параметр, имеющий размерность скорости и равный *2,5 м/с;*

k_f – коэффициент фильтрации, *м/сут;*

α_1 – относительный объем почвенного скелета;

φ_0 – влагонасыщенность верхнего слоя почвы 0,05…0,1 *м;*

ρ_{nH3} – плотность насыщающего пара над водой при температуре 273 К и нормальном давлении, *кг/м^3;*

ρ_{nB} – плотность пара в воздухе на высоте метеобудки, *кг/м^3;*

$\rho_э$ – плотность воды, *кг/м^3* [137].

Для анализа изменения водного баланса почвы профессор Ю. И. Чирков [132] предлагает использовать уравнение, включающее только основные определяющие факторы, в состав которых входят параметры испарения:

$$W_{\text{пр.к}} - W_{\text{пр.н}} = r - E, \text{ мм}, \quad (5)$$

где $W_{пр.к}$ – запас влаги на конец периода, *мм;*

$W_{пр.н}$ – начальный запас влаги, *мм;*

r – количество выпавших осадков, *мм;*

E – суммарное испарение, *мм.*

Величину испаряемости влаги Г. Т. Селянинов предлагает использовать для определения увлажнения почвы в формуле гидротермического коэффициента [132]:

$$ГТК = \frac{\sum r}{\sum t} \cdot 10, \quad (6)$$

где $\sum r$ – сумма осадков за вегетационный период, *мм;*

$\sum t$ – сумма активных температур за вегетационный период, ^0C.

Для прогнозирования влажности почвы к периоду проведения весенне-полевых работ за 1…1,5 месяца Л. А. Разумова [17] предлагает применительно к различным природно-климатическим условиям математическое выражение:

$$\Delta W = 0{,}115 \cdot r + 0{,}56 \cdot d - 20, \text{ мм}, \quad (7)$$

где r – количество осадков, выпавших в осенне-зимний период, *мм;*

d – дефицит продуктивной влаги осенью, *мм.*

Предлагаемая зависимость позволяет прогнозировать изменение запасов продуктивной влаги от наступления устойчивых заморозков до начала весенне-полевых работ применительно к различным агрофонам.

Представленные исследования по механизму накопления, испарения и сбережения почвенной влаги, а также экспериментальные данные по его применению позволяют предположить, что использование осенней мелкой мульчирующей обработки почвы с применением соответствующих технических средств позволит не только накопить и сохранить влагу, но и улучшить структуру почвы и повысить ее плодородие. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию качественных параметров осенней мелкой мульчирующей обработки почвы с целью улучшения ее водных свойств и разработку соответствующих технических средств.

Подводя итоги представленного анализа влияния способов обработки почвы на накопление и сбережение влаги, можно сделать следующие выводы.

В послеуборочный осенний период происходит влагозарядка почвы и от того насколько эффективно происходит этот процесс, зависит будущий урожай. Одним из предпочтительных видов мелкой обработки почвы является осенняя мелкая мульчирующая обработка, позволяющая в реальных условиях повысить эффективность процессов накопления и сбережения влаги за счет оптимального измельчения пожнивных остатков и более высокого крошения обрабатываемого слоя почвы. При этом мульчирующий

слой будет эффективно удерживать влагу, снижая ее потери на испарение.

Рассмотренные орудия для мелкой осенней обработки почвы не позволяют в полной мере качественно выполнить рыхление почвы и создать мульчирующий слой с требуемыми параметрами, что уменьшает эффективность такой обработки по сбору и сбережению влаги.

В процессе оптимизации параметров обработки почвы, влияющих на накопление и сбережение влаги при осенней мелкой мульчирующей обработке, проведены теоретические и экспериментальные исследования различных операций (измельчение пожнивных остатков и их заделка в почву, рыхление обрабатываемого слоя почвы, выравнивание поверхности), выполняемых новыми рабочими органами предлагаемого комбинированного орудия.

По результатам изучения существующих способов осенней мелкой обработки почвы установлено, что эффективность процессов накопления и сбережения влаги в почве может быть повышена за счет совершенствования процессов мульчирования и выравнивания поверхностного слоя, а также рыхления всего обрабатываемого слоя.

2. ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕЛКОЙ МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМБИНИРОВАННОГО ОРУДИЯ

2.1. Обоснование технологического процесса мелкой мульчирующей (влагосберегающей) обработки почвы

Одной из основных задач мелкой мульчирующей (влагосберегающей) обработки почвы является создание условий в обрабатываемом слое почвы для полного сбора и сбережения влаги. Для решения данной задачи необходимо выполнить ряд технологических операций: измельчить стерневые остатки, создать качественно разрыхленный поверхностный слой почвы, перемешанный с измельченными стерневыми остатками и разрыхлить слой почвы, расположенный глубже – до уровня глубины мелкой обработки.

Поверхностный разрыхленный слой почвы позволит в полной мере инфильтрировать влагу через него, максимально предотвратить испарение с поверхности поля, наиболее полно транспортировать влагу в разрыхленный, расположенный глубже слой – до уровня глубины мелкой обработки и далее.

В предложенной последовательности технологические операции мелкой мульчирующей (влагосберегающей) обработки почвы представлены на рисунке 22.

Для достижения необходимой длины измельчения стерневых остатков выполняется двукратное знакопеременное измельчающее воздействие (рис. 22, *1, 2*). Следующей операцией является разрыхление слоя почвы, расположенного глубже – до уровня глубины мелкой обработки (рис. 22, *3*). Далее дополнительно заделываются стерневые остатки в поверхностный слой почвы (рис. 22, *4*) с одновременным его подповерхностным уплотнением и выравниванием.

Данная последовательная совокупность операцией позволяет полностью впитать поступающую влагу за счет увеличенной удельной впитывающей и транспортирующей поверхности качественно разрыхленного верхнего слоя почвы, содержащего измельченные стерневые остатки, распределенные по всему объему этого слоя.

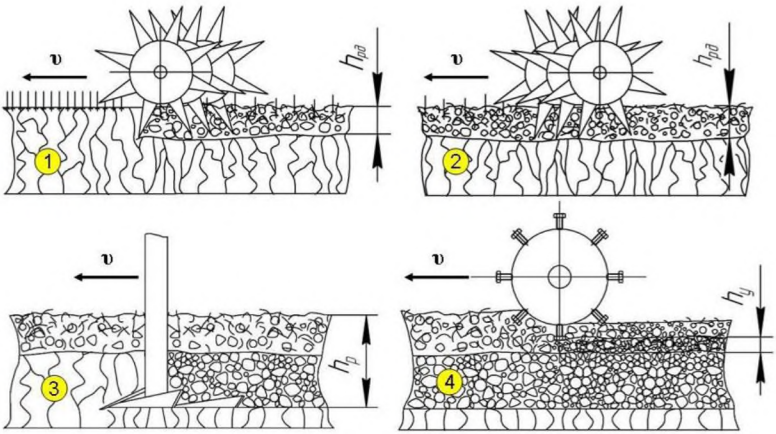


Рис. 22. Технологический процесс мелкой мульчирующей (влагосберегающей) обработки почвы:
1 – работа первого ряда ножевых дисков; 2 – работа второго ряда ножевых дисков; 3 – работа плоскорежущих лап с рыхлительными элементами лемехов; 4 – работа катка с штифтовыми элементами

Измельченные стерневые остатки при этом обеспечивают повышенную защиту поверхности обработанного слоя почвы от трещинообразования и испарения влаги. После насыщения поверхностного слоя почвы влага транспортируется в слой почвы, расположенный глубже – до уровня глубины мелкой обработки, впитывается в почвенные агрегаты и межагрегатный объем. Созданный верхними слоями с эффективной транспортирующей и удерживающей способностью запас влаги обеспечит наиболее полное впитывание ее в слои почвы, расположенные глубже.

2.2. Описание конструкции нового комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы

Для выполнения осенней мелкой мульчирующей обработки почвы с целью повышения накопления и сбережения влаги разработано комбинированное орудие (прил. 1).

Комбинированное почвообрабатывающее орудие [91, 113] содержит раму *2* (рис. 23) с опорно-регулировочными колесами *5*,

навесное устройство *1*, батареи ножевых дисков *3*, установленные в два ряда, друг за другом с противоположными углами атаки на передней части рамы *2*, механизмы регулирования *4* глубины обработки и угла атаки ножевых дисков, плоскорежущие лапы *6*, установленные в шахматном порядке на задней части рамы *2* и имеющие рыхлительные элементы лемехов, каток *8* с установленными по его рабочей поверхности штифтовыми элементами и механизм догружения *7*.

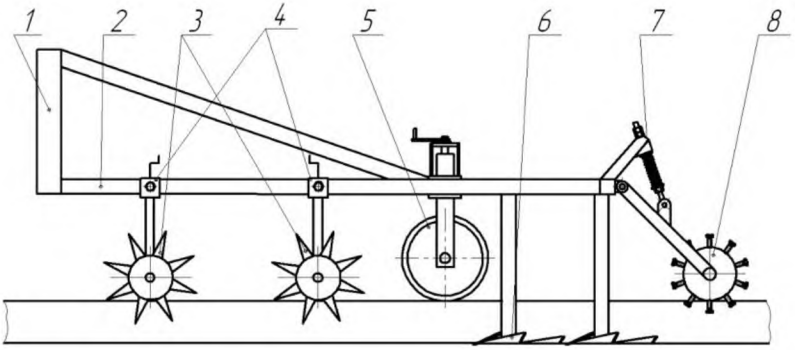


Рис. 23. Комбинированное орудие для мелкой мульчирующей обработки почвы:
1 – навесное устройство; 2 – рама; 3 – батареи ножевых дисков; 4 – механизмы регулировки глубины обработки и угла атаки ножевых дисков; 5 – опорно-регулировочные колеса; 6 – плоскорежущие лапы с рыхлительными элементами лемехов; 7 – механизм догружения катка; 8 – каток с штифтовыми элементами

Батареи ножевых дисков, установленные с противоположными углами атаки, имеют по периферии ножи, заточенные с двух сторон и выполняющие режущей кромкой условие устойчивого резания со скольжением.

Плоскорежущие лапы содержат стойку и лемеха с рыхлительными элементами, установленными друг за другом, причем рыхлительный элемент, расположенный первым по отношению к стойке, имеет больший угол крошения, чем второй. Рыхлительные элементы выполнены в форме прямоугольных неравносторонних треугольников, длинные катеты которых заострены и образуют переднюю кромку лемехов, а вершины, образованные гипотенузой и длинным катетом, обращены к стойке.

Каток с установленными по его рабочей поверхности штифтовыми элементами имеет возможность регулирования уровня давления на почву путем изменения рабочей длины пружин механизма догружения.

Технологический процесс работы комбинированного орудия осуществляется следующим образом.

Орудие переводят в рабочее положение с помощью гидронавесной системы трактора. Предварительно, используя механизмы *4* регулирования глубины обработки и угла атаки ножевых дисков (рис. 23), опорно-регулировочные колеса *5* и механизм *7* догружения катка в зависимости от вида и свойств почвы регулируют угол атаки дисков, глубину обработки и уровень давления катка на почву.

При проходе орудия по полю батареи ножевых дисков ножами выполняют резание со скольжением почвенных агрегатов и стерневых остатков косым двукратным знакопеременным воздействием, а также рыхление боковыми поверхностями ножей, образуя взрыхленный и замульчированный верхний слой почвы. Плоскорежущие лапы с рыхлительными элементами, установленные за батареями ножевых дисков, подрезают слой почвы, расположенный глубже, – до заданной глубины мелкой обработки и эффективно рыхлят его за счет поочередно создающихся деформаций сжатия и растяжения рыхлительными элементами лемехов.

Каток рабочей поверхностью и штифтовыми элементами дополнительно крошит комки почвы, заделывает в верхний слой стерневые остатки с одновременным его подповерхностным уплотнением и выравниванием. Таким образом, при мелкой обработке почвы создается качественно разрыхленный слой с замульчированной поверхностью, который в силу своей увеличенной водопроницаемости и влагоемкости повышает проникновение атмосферных осадков в почву и снижает потери влаги на испарение по сравнению с традиционной технологией обработки.

Данная конструктивно-технологическая схема комбинированного орудия для мелкой осенней мульчирующей обработки почвы имеет ряд существенных конструктивных и технологических особенностей, для обоснования которых проведены теоретические и экспериментальные исследования.

2.3. Исследование водного баланса почвы в осенний период

В зонах недостаточного увлажнения успешность отрасли растениеводства во многом зависит от количества доступной для растений влаги. Почвенная влага является подвижной почвенной фазой, движущейся или задерживающейся под действием сорбционных, осмотических, менисковых и гравитационных сил [56, 94]. Количество почвенной влаги определяется водным балансом, учитывающим начальные, конечные запасы влаги в почве и все статьи прихода и расхода ее за определенный период. Уравнение водного баланса можно представить формулой [94]:

$$B_0 + O_C + B_Г + B_К + B_{ПР} + B_Б = E_{ИСП} + E_Т + B_И + B_П + B_С + B_1, \text{ мм}, \quad (8)$$

где B_0 – начальный запас влаги в почве, *мм*;

O_C – сумма осадков за наблюдаемый период, *мм*;

$B_Г$ – приток влаги, поступающей из грунтовых вод, *мм*;

$B_К$ – приток влаги, конденсирующейся из паров воздуха, *мм*;

$B_{ПР}$ – приток влаги, поступающей поверхностным притоком воды, *мм*;

$B_Б$ – приток влаги, поступающей боковым притоком почвенных и грунтовых вод, *мм*;

$E_{ИСП}$ – количество влаги, испарившейся за наблюдаемый период, *мм*;

$E_Т$ – количество влаги, расходуемой на транспирацию (десукция), *мм*;

$B_И$ – инфильтрация влаги в почвенно-грунтовую толщу, *мм*;

$B_П$ – отток влаги в результате поверхностного стока, *мм*;

$B_С$ – отток влаги при боковом внутрипочвенном стоке, *мм*;

B_1 – запас влаги в конце наблюдений, *мм*.

Исследованиями ученых [13, 15] установлено, что количество осадков осеннего периода в зоне Среднего Поволжья за вековой период метеонаблюдений не изменяется. Агроклиматическую зону Среднего Поволжья можно классифицировать как засушливую со средним гидротермическим коэффициентом 0,82 и годовыми его колебаниями в широких пределах: от жесточайшей засухи с гидротермическим коэффициентом 0,3 для 2010 г., до 1,1 для наиболее благоприятных 2006 и 2007 гг. При этом обеспеченность растений влагой можно характеризовать как недостаточную. Поэтому обеспечение сбережения влаги является важной задачей при осенней обработке почвы.

Для равнинной местности $B_Б = B_С = 0$. Для склоновой местности $B_Б$ и $B_С$ не равны «0», но чаще всего $B_Б = B_С$, поэтому в уравнении баланса их можно не учитывать, как взаимно

уравновешивающиеся величины. С учетом этого, из уравнения баланса запас влаги в конце наблюдений можно представить следующей формулой:

$$B_1=B_0+(O_C+B_Г+B_К+B_{ПР})-(E_{ИСП}+E_Т+B_И+B_П),\ мм. \quad (9)$$

В условиях богарного земледелия к природным неуправляемым факторам можно отнести: количество осадков O_C, приток влаги, поступающей из грунтовых вод $B_Г$, и инфильтрацию влаги в почвенно-грунтовую толщу $B_И$.

В осенний период в Среднем Поволжье количество выпадающих осадков не превышает водопоглотительной способности почвы [11], поэтому поверхностный сток в большинстве случаев не наблюдается, следовательно, поверхностный сток $B_П$ и поверхностный приток воды $B_{ПР}$ в расчетах можно не учитывать. К управляемым факторам водного баланса почвы можно отнести приток влаги, конденсирующейся из паров воздуха $B_К$, количество влаги, испарившейся за наблюдаемый период $E_{ИСП}$ и количество влаги, расходуемой на транспирацию (испарение влаги растениями) $E_Т$. Транспирация является биологической характеристикой возделываемой культуры и ее величина зависит от потенциального урожая. Поэтому при богарном земледелии в засушливой зоне Среднего Поволжья в осенний период необходимо проводить мероприятия, нацеленные на снижение потерь влаги на испарение, и повысить приток влаги, конденсирующейся из паров воздуха.

Анализ процесса испарения почвенной влаги. В осенний период в процессе суточных колебаний температуры воздуха между почвой и воздухом происходит постоянный обмен влагой. Преимущественно в дневное время, когда воздух и верхний слой почвы нагреваются лучами солнца, происходит процесс испарения влаги из почвы. В ночное время, когда воздух и верхний слой почвы остывают, происходит перенасыщение воздуха паром (повышается концентрация влаги) и на почве конденсируется избыточная влага воздуха. Потери влаги из почвы в данном колебательном процессе можно описать уравнением баланса:

$$W_{сп}=W_{си}-W_{сн},\ мм, \quad (10)$$

где $W_{сп}$ – среднесуточные потери влаги, *мм*;

$W_{си}$ – среднесуточное испарение влаги, *мм*;

$W_{сн}$ – среднесуточное накопление влаги, *мм*.

Из данного уравнения очевидно, чтобы снизить потери влаги из почвы, необходимо создать условия, позволяющие снизить потери влаги на испарение и повысить приток влаги от ее конденсации.

Как известно из законов физики [45, 129], испарение – это процесс, при котором поверхность вещества покидают молекулы, кинетическая энергия которых превышает потенциальную энергию взаимодействия молекул. Процесс испарения сопровождается охлаждением испаряющего вещества, описываемый известным физическим законом парообразования:

$$Q_u = L_u \cdot m_u, \text{ Дж}, \tag{11}$$

где Q_u – количество энергии, затрачиваемое на испарение влаги, *Дж;*

m_u – масса испаряемой влаги, *кг;*

L_u – удельная теплота парообразования воды ($L_u = const = 2{,}26 \cdot 10^6$ *Дж/кг*).

Количество испарившейся влаги с поверхности поля в единицу времени можно представить зависимостью:

$$m_u = S_n \cdot W_u \cdot \rho_в \cdot 10^{-3}, \text{ кг/ч}, \tag{12}$$

где S_n – площадь поля, $м^2$;

W_u – интенсивность испарения влаги, *мм/ч;*

$\rho_в$ – плотность воды ($\rho_в = const = 10^3$ *кг/м*^{3}).

Выразим из зависимости (12) с учетом (11) интенсивность испарения влаги W_u:

$$W_u = 3{,}6 \cdot 10^6 \cdot \frac{Q_u}{L_u \cdot S_n \cdot \rho_в}, \text{ мм/ч}. \tag{13}$$

Учитывая, что в состав знаменателя зависимости (13) входят постоянные величины, то из данной зависимости можно сделать вывод – интенсивность испарения влаги прямо пропорционально количеству энергии, затраченной поверхностью поля на испарение.

При отсутствии источника энергии извне (без солнечной энергии), процесс испарения идет за счет снижения внутренней тепловой энергии почвы:

$$Q_u = \Delta U_n = C_{в.п} \cdot m_n \cdot \Delta T_n, \text{ Вт}, \tag{14}$$

где ΔU_n – изменение внутренней тепловой энергии почвы, *Вт*;

$C_{в.п}$ – удельная теплоемкость влажной почвы, $\frac{Дж}{кг \cdot К}$;

m_n – масса рассматриваемого объема почвы, *кг*;

ΔT_n – изменение температуры почвы, *К/с*.

Удельная теплоемкость влажной почвы $C_{в.п.}$ зависит от ее влажности, поэтому ее можно представить выражением:

$$C_{в.п} = \frac{C_{с.п} + w \cdot C_в}{1+w}, \ \frac{Дж}{кг \cdot К}, \qquad (15)$$

где $C_{с.п.}$ – удельная теплоемкость сухой почвы, $C_{с.п.}=cons \approx t \approx 2{,}1 \cdot 10^3$ *Дж/(кг·К)*;

$C_в$ – удельная теплоемкость воды, $C_{с.п.}= const \approx 4{,}2 \cdot 10^3$ *Дж/(кг·К)*;

w – абсолютная влажность почвы.

В испарении влаги участвует верхний покрывающий слой почвы, толщину которого можно условно принять равной диаметру наиболее крупных почвенных агрегатов, образующих дневную поверхность почвы. Таким образом, можно записать:

$$m_n = S_n \cdot d_n \cdot \rho_n, \ кг, \qquad (16)$$

где d_n – диаметр наиболее крупных почвенных агрегатов, *м;*

ρ_n – плотность почвы, *кг/м*^{3}.

Из зависимостей (13) и (14) с учетом (15) и (16) выразим изменение температуры почвы ΔT_n:

$$\Delta T_n = \frac{W_u \cdot L_u \cdot \rho_в \cdot 10^{-3} \cdot (1+w)}{d_n \cdot \rho_n \cdot (C_{с.п} + w \cdot C_в) \cdot 3600}, \ К/с. \qquad (17)$$

Таким образом, за счет процесса испарения влаги поверхность почвы охлаждается, причем изменение температуры поверхности почвы ΔT_n прямо пропорционально интенсивности испарения влаги W_u. Отсюда интенсивность испарения влаги W_u из почвы без учета климатических условий:

$$W_u = 3{,}6 \cdot 10^6 \cdot \frac{\Delta T_n \cdot d_n \cdot \rho_n \cdot (C_{с.п.} + w \cdot C_в)}{L_u \cdot \rho_в \cdot (1+w)}, \ мм/ч. \qquad (18)$$

Охлаждение поверхности почвы компенсируется нагреванием за счет притока солнечной энергии, часть которой поглощается почвой, увеличивая ее внутреннюю энергию, другая ее часть отражается и излучается в пространство, а также теряется за счет турбулентного теплообмена с приземными слоями воздуха [82].

Из закона сохранения энергии, зависимость (14) представится в виде уравнения теплового баланса мульчирующего слоя почвы:

$$\Delta U_{мп} + U_{тп} = U_{сол} - Q_{и} - U_{отр} - U_{возд}, \; Вт/м^2, \qquad (19)$$

где $\Delta U_{мп}$ – изменение тепловой энергии верхнего мульчирующего слоя почвы, *Вт/м²*;

$U_{тп}$ – теплопередача энергии в глубь почвы, *Вт/м²*;

$U_{сол}$ – количество поступающей энергии в виде солнечной радиации, *Вт/м²*;

$U_{отр}$ – количество отраженной энергии в виде солнечной радиации, *Вт/м²*;

$U_{возд}$ – количество энергии, расходуемое на турбулентный теплообмен с приземным воздухом, *Вт/м²*.

Учитывая исследования авторов [82], каждую составляющую теплового баланса почвы можно представить следующими зависимостями:

$$U_{тп} = k \cdot \Delta T', \; Вт/м^2, \qquad (20)$$

где k – коэффициент теплопередачи (теплообмена) верхнего мульчирующего слоя почвы с нижерасположенным слоем, *Вт/м²·К*;

$\Delta T'$ – разность температур верхнего мульчирующего слоя почвы с нижерасположенным слоем, *К*.

$$U_{сол} = \frac{E_{осв}}{K_{т}}, \; Вт/м^2, \qquad (21)$$

где $E_{осв}$ – освещенность поверхности почвы солнечной радиацией, *лк;*

$K_{т}$ – переводной множитель при переходе от единиц энергетических величин к единицам световых величин, *лк·м²/Вт*.

$$U_{отр} = A_{п} \cdot U_{сол}, \; Вт/м^2, \qquad (22)$$

где $A_{п}$ – альбедо почвы (доля отражаемой энергии).

$$U_{возд} = k_{возд} \cdot \Delta T_{в-п}, \; Вт/м^2, \qquad (23)$$

где $k_{возд}$ – коэффициент турбулентной теплопроводности, *Вт/м²·К*;

$\Delta T_{в-п}$ – разница температур верхнего слоя почвы и приземного слоя воздуха, *К*.

Таким образом, уравнение теплового баланса (14) представится в виде следующей зависимости:

$$Q_u = (1 - A_n) \cdot \frac{E_{осв}}{K_m} - k \cdot \Delta T' - k_{возд} \cdot \Delta T_{в-п} - \frac{C_{с.п} + w \cdot C_в}{1 + w} \cdot d_n \cdot \rho_n \cdot \Delta T_n$$

, *Вт/м*^{2}. (24)

Подставив уравнение (24) в формулу (13) получим зависимость, моделирующую интенсивность испарения влаги в зависимости от физико-механических характеристик почвы и климатических условий:

$$W_u = 3{,}6 \cdot 10^6 \cdot \frac{(1 - A_n) \cdot \frac{E_{осв}}{K_m} - k \cdot \Delta T' - k_{возд} \cdot \Delta T_{в-п} - \frac{C_{с.п} + w \cdot C_в}{1 + w} \cdot d_n \cdot \rho_n \cdot \Delta T_n}{L_u \cdot \rho_в}$$

, *мм/ч*. (25)

Из данного уравнения очевидно, что для снижения потерь влаги на испарение, необходимо повысить качество крошения почвы и создать защитный мульчирующий слой, позволяющий снизить ее температуру. Расчетные значения интенсивности испарения влаги на разных фонах в зависимости от влажности почвы и разности температур верхнего мульчирующего и нижерасположенного слоёв почвы приведены в таблице 2.

Таблица 2

Расчетные значения интенсивности испарения влаги на разных фонах в зависимости от влажности почвы и разности температур верхнего мульчирующего и нижерасположенного слоёв почвы

Показатели	ΔT'= 1 К	ΔT'= 2 К	ΔT'= 3 К	ΔT' = 4 К	ΔT' = 5 К
$W_и$, мм/ч После эксперимен-таль-ного орудия (А = 0,17; *w*= 29%)	0,701	0,682	0,663	0,644	0,625
$W_и$, мм/ч После КПИР-3,6 (А = 0,14; *w*= 27%)	0,798	0,779	0,760	0,741	0,722

2.4. Анализ конструктивно-технологических параметров и тягового сопротивления ножевых дисков

Технологический процесс мелкой мульчирующей обработки почвы предложенным орудием начинается с воздействия на нее двумя рядами батарей ножевых дисков, установленных с разнонаправленными углами атаки $\alpha_{ат}$. Батареи шириной $B_{бат}$

составлены из ножевых дисков, которые расположены на них с шагом $I_д$ (рис. 24).

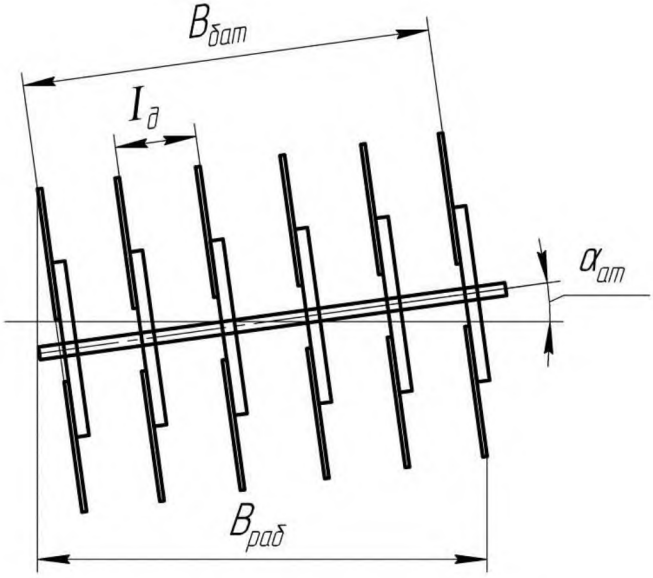


Рис. 24. Схема батареи ножевых дисков

Сопротивление батареи дисков пропорционально рабочей ширине захвата орудия, поэтому определим удельное тяговое сопротивление $P_{уд.д}$ дисковых рабочих органов на 1 метр ширины захвата:

$$P_{уд.д} = \frac{m \cdot P_{нд}}{B_{бат} \cdot \cos\alpha_{ат}}, \text{ Н/м}, \qquad (26)$$

где m – число ножевых дисков в батарее, *шт.;*

$P_{нд}$ – тяговое сопротивление ножевого диска, *Н;*

$B_{бат}$ – конструктивная ширина захвата дисковой батареи, *м;*

$\alpha_{ат}$ – угол атаки дисковой батареи, *град.*

В процессе работы ножевого диска, ножи, совершая сложное плоскопараллельное движение, поочередно врезаются в почву. На основании исследований В. В. Туровского [128] тяговое сопротивление $P_{нд}$ ножевого диска с учетом составляющих тягового сопротивления ножей на резание и сопротивление их боковой поверхности, определится зависимостью:

$$P_{нд} = \sum_{i=1}^{n_{нож}} \frac{\lambda \cdot \sin(\varphi_A + \varphi_t + (i-1)\cdot\Delta\varphi) - 1}{\sqrt{\lambda^2 - 2\lambda \cdot \sin(\varphi_A + \varphi_t + (i-1)\cdot\Delta\varphi) + 1}} \cdot (P_{рез} + P_{бок}), H, \quad (27)$$

где $n_{нож}$ – количество ножей на диске;

λ – кинематический параметр ножевого диска;

φ_A – центральный угол точки A касания носка ножа с поверхностью почвы, *град;*

φ_t – угол поворота диска за время движения ножа в почве, *град;*

$\Delta\varphi$ – угловой шаг расстановки ножей на диске, *град;*

$P_{рез}$ – сопротивление резанию ножом почвы со стерневыми остатками, *Н;*

$P_{бок}$ – сопротивление почвы боковой поверхности ножа, *Н.*

Составляющая тягового сопротивления ножа на резание почвы со стерневыми остатками определится с учетом его геометрических параметров (рис. 25) [42, 43]:

$$P_{рез} = \delta \cdot l_{лез} \cdot t_{лез}, H, \quad (28)$$

где δ – удельное сопротивление резанию, *Па;*

$l_{лез}$ – рабочая длина лезвия ножа, *м;*

$t_{лез}$ – толщина лезвия ножа, *м.*

Составляющая тягового сопротивления почвы боковой поверхности ножа с учетом его геометрических параметров определится зависимостью:

$$P_{бок} = k_{удi} \cdot h_{рд}^{\ 2} \cdot tg\gamma_н \cdot \sin\alpha_{ат}, H, \quad (29)$$

где $k_{удi}$ – удельное сопротивление почвы для i-го ряда ножевых дисков, *Н/м²;*

$h_{рд}$ – глубина резания почвы ножевым диском, *м;*

$\gamma_н$ – угол между режущей кромкой ножа и радиусом диска, *град.*

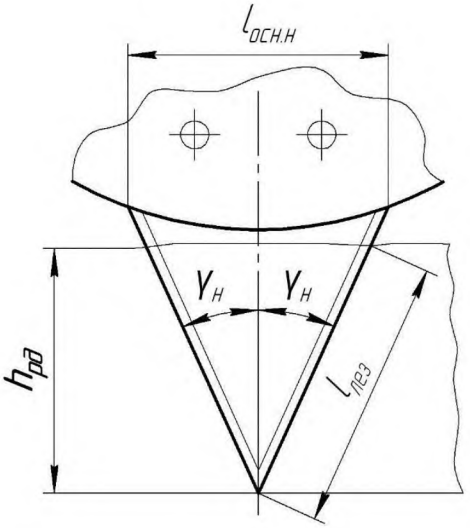


Рис. 25. Геометрические параметры ножа ножевого диска

Таким образом, тяговое сопротивление батареи ножевых дисков выразится зависимостью:

$$P_{бат} = m \cdot \sum_{i=1}^{n_{нож}} \frac{\lambda \cdot \sin(\varphi_A + \varphi_t + (i-1)\cdot\Delta\varphi) - 1}{\sqrt{\lambda^2 - 2\lambda \cdot \sin(\varphi_A + \varphi_t + (i-1)\cdot\Delta\varphi) + 1}} \times \quad (30)$$

$$\times(\delta \cdot l_{лез} \cdot t_{лез} + k_{уді} \cdot h_{рд}{}^2 \cdot tg\gamma_н \cdot \sin\alpha_{ат}), H.$$

Максимально возможное количество ножей на диске (рис. 26) определится из геометрических параметров ножа и диска, на котором они закреплены:

$$n_{нож} = \frac{C_д}{l_{осн.н}}, шт., \quad (31)$$

где $C_д = 2\pi \cdot R_д$ – длина окружности диска, *м;*

$R_д$ – радиус диска, *м;*

$l_{осн.н}$ – длина основания (крепежной части) ножа, *м.*

Исходя из геометрических параметров ножа (рис. 25), длину его основания можно представить зависимостью:

$$l_{осн.н} = 2 \cdot (R_{внеш} - R_д) \cdot tg\gamma_н, м, \quad (32)$$

где $R_{внеш}$ – внешний радиус диска с ножами, *м.*

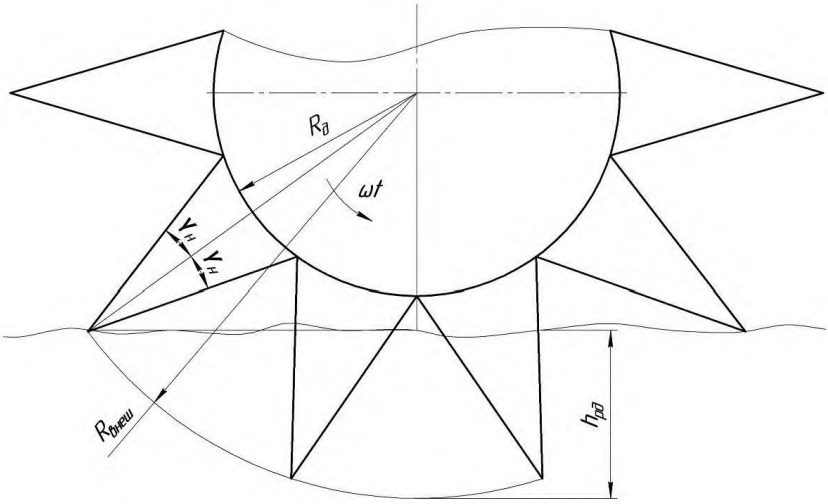


Рис. 26. Геометрические параметры ножевого диска

Тогда максимально возможное количество ножей на диске с учетом [57, 111] определится зависимостью:

$$n_{нож} = \frac{\pi \cdot R_д}{(R_{внеш} - R_д) \cdot tg\gamma_н}, \; шт. \qquad (33)$$

Полученное дробное значение количества ножей $n_{нож}$ необходимо округлить до целого значения в меньшую сторону.

Важнейшей задачей при работе батарей ножевых дисков является минимизация энергозатрат на измельчение и перемешивание стерневых остатков с поверхностным слоем почвы. Это достигается воздействием на стерневые остатки и почву ножевым рабочим элементом ножевого диска при выполнении условия устойчивого резания со скольжением [28]:

$$\alpha_н < (90° - \varphi), \qquad (34)$$

где $\alpha_н$ – угол резания, *град;*

φ – угол внешнего трения лезвия о почву со стерневыми остатками, *град.*

Из рисунке 27 видно, что угол $\alpha_н$ вектора абсолютной скорости υ точки A определяется положением мгновенного центра скоростей – точкой O и углом $\gamma_н$ между режущей кромкой ножа и радиусом диска. Причем вектор абсолютной скорости в точке A движения лезвия перпендикулярен радиусу, проведенному к этой точке из мгновенного центра скоростей точки O. Таким образом, можно записать, что $\alpha_н = 180° - 90° - \varepsilon_н$ или $\alpha_н = 90° - \varepsilon_н$, где $\varepsilon_н$ – угол между радиусом, проведенным из мгновенного центра скоростей в точку A, и лезвием ножа ножевого диска.

Следовательно, условие резания со скольжением запишется в виде:

$$90° - \varepsilon_н < 90° - \varphi, \quad \text{или} \quad \varepsilon_н > \varphi. \tag{35}$$

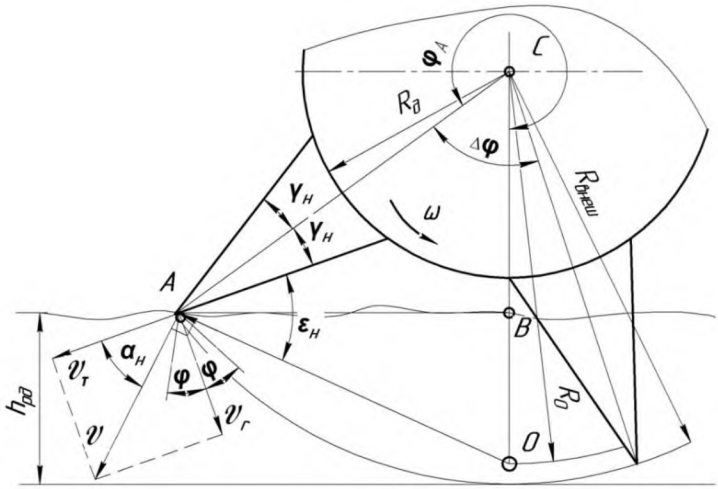


Рис. 27. Схема к обоснованию ножевого диска

Для определения угла $\varepsilon_н$, применив теорему косинусов [9, 80] к ΔAOC (рис. 27), выразив $\angle CAO$, а также учитывая, что $\angle CAO = \gamma_н + \varepsilon_н$, получим:

$$\gamma_н + \varepsilon_н = \arccos\left(\frac{AC^2 + AO^2 - CO^2}{2 \cdot AC \cdot AO}\right), \tag{36}$$

где $\gamma_н$ – угол между режущей кромкой ножа и радиусом диска, *град;*

$AC=R_{внеш}$ – отрезок, равный внешнему радиусу диска с ножами, *м;*

$CO=R_0$ – отрезок равный расстоянию от оси батареи до мгновенного центра скоростей, *м;*

AO – радиус, проведенный из мгновенного центра скоростей O к точке A, *м;*

$\angle CAO$ – угол между радиусом, проведенным из мгновенного центра скоростей в точку A, и радиусом, проведенным из центра ножевого диска в точку A.

Как известно, условный радиус R_0, определяющий положение мгновенного центра скоростей. выражается через кинематический параметр λ соотношением [48, 59]:

$$R_o = \frac{R_{внеш}}{\lambda}, \tag{37}$$

Учитывая, что $AO^2 = AB^2 + BO^2$, $AB^2 = AC^2 - BC^2$, стороны $BO = h_{рд} - (R_{внеш} - R_O)$, $BC = R_{внеш} - h_{рд}$ и $AC = R_{внеш}$, определим радиус AO:

$$AO^2 = {R_{внеш}}^2 - (R_{внеш} - h_{рд})^2 + (h_{рд} - (R_{внеш} - R_O))^2$$

или

$$AO^2 = \left(h_{рд} - R_{внеш} + R_O\right)^2 + 2h_{рд}R_{внеш} - {h_{рд}}^2. \tag{38}$$

Поэтому, учитывая выражение (37), выразим $\varepsilon_н$ из зависимости (36):

$$\varepsilon_н = \arccos\left(\frac{h_{рд} - R_{внеш}(1-\lambda)}{\sqrt{{R_{внеш}}^2 + {R_{внеш}}^2 \cdot \lambda^2 - 2 \cdot {R_{внеш}}^2 \cdot \lambda + 2 \cdot h_{рд} \cdot R_{внеш} \cdot \lambda}}\right) - \gamma_н. \tag{39}$$

Так как из условия резания со скольжением имеем $\varepsilon_н > \varphi$, то с учетом выражения (39), условие устойчивого процесса резания со скольжением примет вид:

$$\gamma_н < \arccos\left(\frac{h_{рд} - R_{внеш}(1-\lambda)}{\sqrt{{R_{внеш}}^2 + {R_{внеш}}^2 \cdot \lambda^2 - 2 \cdot {R_{внеш}}^2 \cdot \lambda + 2 \cdot h_{рд} \cdot R_{внеш} \cdot \lambda}}\right) - \varphi. \tag{40}$$

Выполнение данного условия при изготовлении ножа ножевого диска позволит дисковым батареям устойчиво осуществлять технологический процесс рыхления почвы на заданную глубину и измельчать стерневые остатки без их волочения и забивания ими батарей [116].

2.5. Анализ конструктивно-технологических параметров и тягового сопротивления плоскорежущих рабочих органов

Тяговое сопротивление лапы $P_л$ определяется суммой тяговых сопротивлений ее элементов (рис. 28):

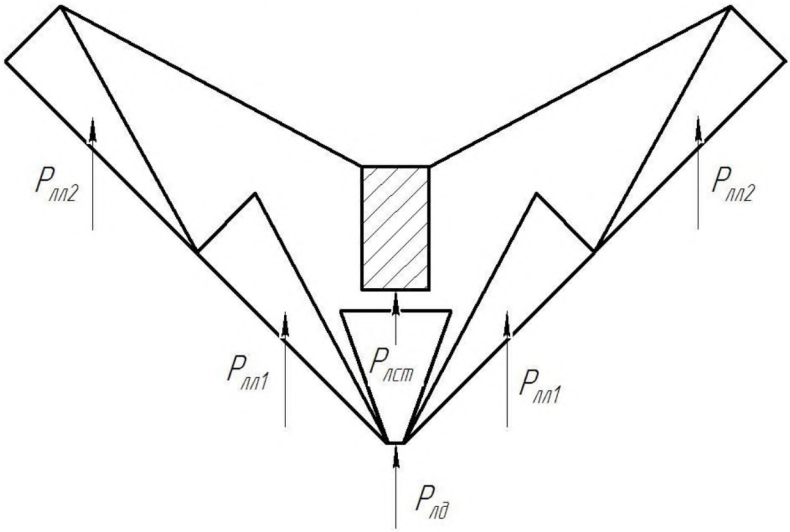


Рис. 28. Схема действия сил составляющих общее тяговое сопротивление плоскорежущей лапы

$$P_л = P_д + 2 \cdot P_{лл1} + 2 \cdot P_{лл2} + P_{ст}, Н, \quad (41)$$

где $P_д$ – сопротивление долота, *Н;*

$P_{лл1}$ – сопротивление переднего клинового элемента, *Н;*

$P_{лл2}$ – сопротивление заднего клинового элемента, *Н;*

$P_{ст}$ – сопротивление стойки, *Н.*

Тяговое сопротивление каждого элемента лапы на основании исследований Г. Н. Синеокова [117] можно представить суммой составляющих тягового сопротивления клина:

$$P_i = P_i^{лез} + P_i^{деф} + P_i^{вес} + P_i^{ин}, Н, \quad (42)$$

где $P_i^{лез}$ – сопротивление почвы на внедрение лезвия, *Н;*

$P_i^{деф}$ – сопротивление на деформацию почвы, *Н;*

$P_i^{вес}$ – сопротивление от веса пласта, *Н;*

$P_i^{ин}$ – сопротивление от инерции пласта, *Н.*

Сопротивление почвы на внедрение лезвия в общем виде (рис. 29) можно представить следующей зависимостью [42, 43, 62]:

$$P_i^{лез} = \delta \cdot S_i^{лез} \cdot \sin\gamma_i, H, \qquad (43)$$

где δ – твердость почвы, *Па;*

$S_i^{лез}$ – площадь режущей кромки лезвия, *м²;*

γ_i – угол в плане для трехгранного клина, *град.*

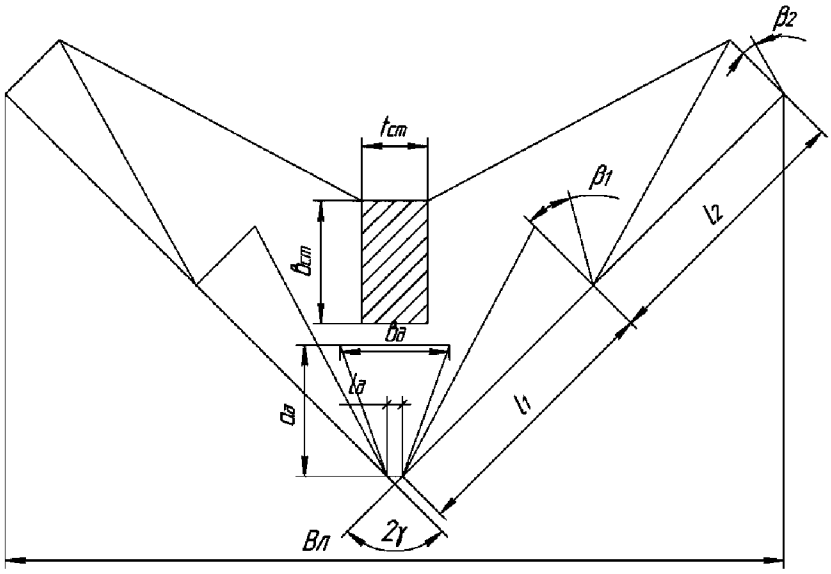


Рис. 29. Геометрические параметры основных рабочих элементов лапы

Сопротивление на деформацию почвы в общем виде также можно представить зависимостью:

$$P_i^{деф} = \tau \cdot K^{деф}(\alpha;\gamma;\varphi;\varphi') \cdot S_i^{деф}, H, \qquad (44)$$

где τ – величина предельных касательных напряжений (зависит от многих факторов и для заданных условий определялась экспериментально), *Па;*

$S^{деф}$ – площадь деформируемого пласта, *м²;*

$K^{деф}$ – коэффициент, учитывающий влияние углов крошения – α (в плане – γ); внешнего трения – φ и внутреннего трения – φ' на сопротивление деформации пласта.

Сопротивление от веса пласта аналогично в общем виде представим зависимостью:

$$P_i^{вес} = \rho \cdot V_i^{пласта} \cdot K^{под}(\alpha;\varphi;\gamma), H, \qquad (45)$$

где ρ – плотность почвы, *кг/м³;*

$V_i^{пласта}$ – объем поднимаемого пласта, *м³;*

$K^{под}$– коэффициент, учитывающий влияние α; γ; φ на сопротивление при подъеме пласта.

Сопротивление от инерции пласта также в общем виде с учетом [76] можно представить зависимостью:

$$P_i^{ин} = \rho \cdot S_i^{инерц} \cdot \frac{\upsilon^2}{g} \cdot K^{ин}(\alpha;\gamma;\varphi;\varphi'), H, \qquad (46)$$

где $S^{инерц}$ – площадь поднимаемого пласта, *м²;*

υ – скорость движения клина в почве, *м/с;*

g – ускорение свободного падения ($g = const = 9{,}8$ *м/с²*);

$K^{ин}$ – коэффициент, учитывающий влияние α; γ; φ; φ' на сопротивление от инерции пласта.

Долото лапы является наиболее нагруженным элементом, работающим как двугранный клин, выполненный в виде трапеции. Для обеспечения необходимого качества крошения почвы долото установлено под углом $\alpha_д$ к направлению движения υ, образуя угол крошения (рис. 30).

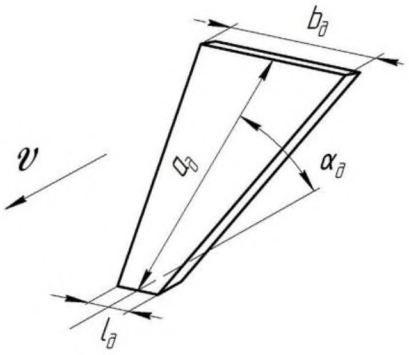


Рис. 30. Геометрические параметры долота лапы

Таким образом, учитывая геометрические параметры долота и деформируемого им пласта почвы (рис. 31), составляющие его тягового сопротивления определятся следующими зависимостями.

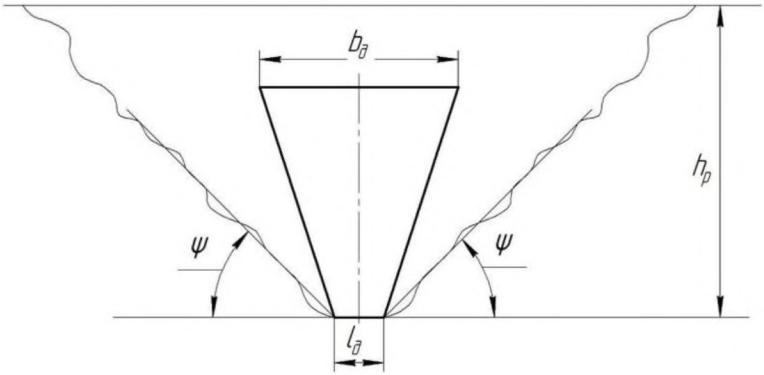


Рис. 31. Схема взаимодействия долота лапы с почвой

Используя зависимость (43) и учитывая, что площадь кромки лезвия

$$S_{лд}^{лез} = l_д \cdot t_д \text{, } м^2, \tag{47}$$

где $l_д$ и $t_д$ – длина и толщина режущей кромки, *м*,

угол в плане $\gamma_{лд} = 90°$, поэтому сопротивление почвы на внедрение лезвия долота определится зависимостью:

$$P_{лд}^{лез} = \delta \cdot l_д \cdot t_д \text{, } Н. \tag{48}$$

По зависимости (43), учитывая, что (рис. 31):

$$S_{лд}^{деф} = \frac{1}{2}(l_д + h_p \cdot tg\psi) \cdot h_p \text{, } м^2, \tag{49}$$

а также на основании исследований Г. Н. Синеокова [117]:

$$K_{лд}^{деф} = \frac{\cos\varphi \cdot \sin(\alpha_д + 2\varphi')}{\cos\varphi' \cdot \cos(\frac{\alpha_д + \varphi + \varphi'}{2})}, \tag{50}$$

где ψ и $\alpha_д$ – углы скола и крошения почвы долотом, *град;*

h_p – глубина хода долота лапы, *м*.

Тяговое сопротивление на деформацию почвы определится зависимостью:

$$P_i^{деф} = \tau \cdot \frac{\cos\varphi \cdot \sin(\alpha_д + 2\varphi')}{\cos\varphi' \cdot \cos(\frac{\alpha_д + \varphi + \varphi'}{2})} \cdot \frac{1}{2}(l_д + h_p \cdot tg\psi) \cdot h_p \quad ,Н. \quad (51)$$

На основе зависимости (44), учитывая объем опирающегося пласта:

$$V_{лд}^{пласта} = \frac{1}{2} a_д \cdot (l_д + b_д) \cdot h_p \quad , м^3, \quad (52)$$

где $a_д$ – длина долота лапы, *м;*

$b_д$ – ширина верхней кромки долота, *м.*

а также коэффициент [117]:

$$K^{под} = tg(\alpha_д + \varphi) \quad , \quad (53)$$

сопротивление от веса пласта определится выражением:

$$P_{лд}^{вес} = \rho \cdot \frac{1}{2} a_д \cdot (l_д + b_д) \cdot h_p \cdot tg(\alpha_д + \varphi) \quad , Н. \quad (54)$$

На основании зависимости (45), с учетом (рис. 30):

$$S_{лд}^{инерц} = \frac{1}{2}(l_д + b_д) \cdot a_д \cdot \sin\alpha_д \quad , м^2 \quad (55)$$

и коэффициента [117]:

$$K^{ин} = \sin\alpha_д \cdot tg(\alpha_д + \varphi) \quad (56)$$

сопротивление от инерции пласта определится выражением:

$$P_i^{ин} = \rho \cdot \frac{1}{2}(l_д + b_д) \cdot a_д \cdot \frac{\upsilon^2}{g} \cdot \sin^2\alpha_д \cdot tg(\alpha_д + \varphi) \quad , Н. \quad (57)$$

Передний и задний клиновые элементы лемехов лапы участвуют в полублокированном рыхлении пласта почвы [39, 54], двигаясь за долотом (рис. 32).

Учитывая геометрические параметры переднего (*i*=1) и заднего (*i*=2) клиновых элементов лемеха (рис. 33), составляющие тягового сопротивления определятся из зависимостей общего вида (43), (44), (45) и (46).

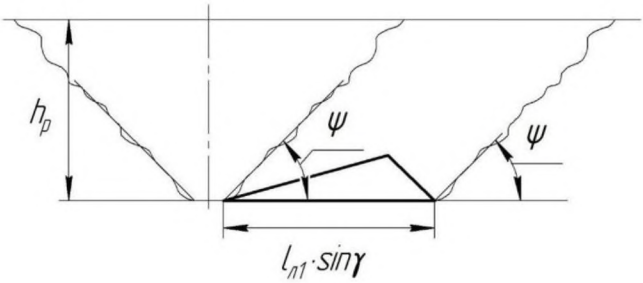


Рис. 32. Схема взаимодействия клинового элемента лапы с почвой

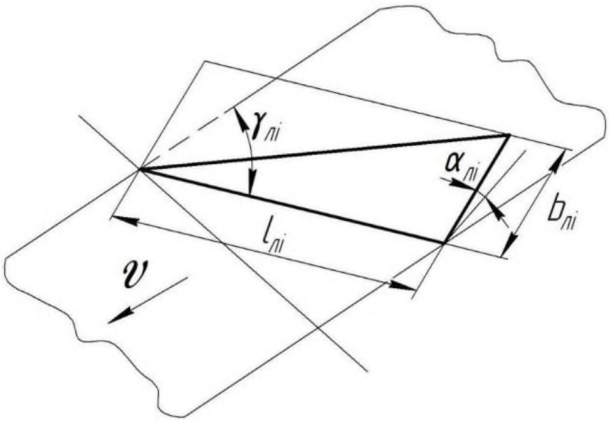


Рис. 33. Геометрические параметры клиновых элементов лемеха

Из зависимости (43) с учетом площади кромки лезвия:

$$S_{лл1;2}^{лез} = l_{л1;2} \cdot t_{л1;2}, \text{ м}^2 \tag{58}$$

сопротивление почвы на внедрение лезвия клинового элемента определится зависимостью:

$$P_{лл1;2}^{лез} = \delta \cdot l_{л1;2} \cdot t_{л1;2}, \text{ Н}, \tag{59}$$

где $l_{л1;2}$ и $t_{л1;2}$ – длина и толщина режущей кромки переднего (*л*1) и заднего (*л*2) клиновых элементов, *м*.

По зависимости (44), учитывая что (рис. 32):

$$S_{л1;2}^{деф} = h_p \cdot l_{л1;2} \cdot \sin\gamma, \text{ м}^2 \tag{60}$$

и коэффициент [117]:

$$K_{л1;2}^{деф} = \frac{\cos\varphi \cdot \sin(\alpha'_{л1;2} + 2\varphi')}{\cos\varphi' \cdot \cos(\frac{\alpha'_{л1;2} + \varphi + \varphi'}{2})}, \quad (61)$$

тяговое сопротивление на деформацию почвы определится зависимостью:

$$P_{л1;2}^{деф} = \tau \cdot \frac{\cos\varphi \cdot \sin(\alpha'_{л1;2} + 2\varphi')}{\cos\varphi' \cdot \cos(\frac{\alpha'_{л1;2} + \varphi + \varphi'}{2})} \cdot h_p \cdot l_{л1;2} \cdot \sin\gamma, H, \quad (62)$$

где $\alpha'_{л1;2} = arctg(tg\alpha_{л1;2} \cdot \sin\gamma)$ – трансформированный угол крошения почвы клиновым элементом [54], *град.*

По зависимости (45), учитывая объем опирающегося пласта на клиновой элемент:

$$V_{л1;2}^{пласта} = \frac{h_p \cdot l_{л1;2} \cdot b_{л1;2}}{2 \cdot \sin\gamma}, м^3 \quad (63)$$

и коэффициент, учитывающий углы крошения, внутреннего и внешнего трения, а также угол в плане [117],

$$K_{л1;2}^{под} = \frac{\sin\alpha_{л1;2} + tg\varphi \cdot (\cos\gamma \cdot ctg\gamma + \sin\gamma \cdot \cos\alpha_{л1;2})}{\cos\alpha_{л1;2} - tg\varphi \cdot \sin\gamma \cdot \cos\alpha_{л1;2}} \quad (64)$$

сопротивление от веса пласта определится выражением:

$$P_{ло}^{вес} = \rho \cdot \frac{h_p \cdot l_{л1;2} \cdot b_{л1;2}}{2 \cdot \sin\gamma} \cdot \frac{\sin\alpha_{л1;2} + tg\varphi \cdot (\cos\gamma \cdot ctg\gamma + \sin\gamma \cdot \cos\alpha_{л1;2})}{\cos\alpha_{л1;2} - tg\varphi \cdot \sin\gamma \cdot \cos\alpha_{л1;2}}, H. \quad (65)$$

Исходя из зависимости (46), принимая (рис. 33):

$$S_{л1;2}^{инерц} = \frac{1}{2} \cdot b_{л1;2} \cdot l_{л1;2} \cdot \sin\alpha_{л1;2} \cdot \sin\gamma, м^2 \quad (66)$$

и коэффициент, учитывающий влияние углов крошения, внутреннего и внешнего трения, а также угол в плане [117]

$$K_{л1;2}^{ин} = \frac{\sin^2\gamma \cdot (\sin\alpha_{л1;2} + tg\varphi \cdot \sin\gamma \cdot (ctg^2\varphi + \cos\alpha_{л1;2})}{(ctg\alpha_{л1;2} - tg\varphi \cdot \sin\gamma)} \quad (67)$$

сопротивление от инерции пласта определится выражением:

$$P_i^{\text{ин}} = \rho \cdot \frac{1}{2} \cdot b_{л1;2} \cdot l_{л1;2} \cdot \sin\alpha_{л1;2} \cdot \sin\gamma \cdot \frac{\vartheta^2}{g} \times$$
$$\times \frac{\sin^2\gamma \cdot \left(\sin\alpha_{л1;2} + \operatorname{tg}\varphi \cdot \sin\gamma \cdot \left(\operatorname{ctg}^2\varphi + \cos\alpha_{л1;2}\right)\right)}{\left(\operatorname{ctg}\alpha_{л1;2} - \operatorname{tg}\varphi \cdot \sin\gamma\right)}, \text{Н}, \quad (68)$$

где $b_л$ – максимальная длина рабочей поверхности клинового элемента, *м*.

Тяговое сопротивление от стойки лапы можно представить суммой тяговых сопротивлений ее составляющих:

$$P_{ст} = P_ф + 2 \cdot P_б, H, \quad (69)$$

где $P_Ф$ – тяговое сопротивление от деформации почвы фронтальной поверхностью стойки, *Н;*

$P_б$ – тяговое сопротивление от трения с почвой боковой поверхности стойки, *Н*.

Тяговое сопротивление от деформации почвы фронтальной поверхностью стойки, в зависимости от ее геометрических параметров (рис. 29) и удельного сопротивления разрыхленной почвы, определится зависимостью:

$$P_ф = t_{ст} \cdot h_р \cdot k'_{удi}, H, \quad (70)$$

где $t_{ст}$ – толщина стойки, *м;*

$k'_{удi}$ – коэффициент удельного сопротивления разрыхленного пласта для і-го ряда плоскорежущих лап, *Н/м*^{2}.

$$P_б = k_{бок} \cdot b_{ст} \cdot h_р^2 \cdot \rho' \cdot g \cdot tg\varphi, H, \quad (71)$$

где ρ' – плотность разрыхленной почвы, *кг/м*^{3};

$k_{бок}$ – коэффициент бокового давления;

$b_{ст}$ – ширина стойки, *м;*

φ – угол внешнего трения почвы о сталь, *град.*

Значения показателей, необходимых для расчета, брались из [64].

2.6. Исследования конструктивно-технологических параметров и тягового сопротивления катка с штифтовыми элементами

В процессе работы предлагаемого орудия для мелкой обработки почвы заключительное действие в формировании влагосберегающего слоя выполняет каток с штифтовыми элементами. В процессе его работы выполняются операции: крошение крупных почвенных комков, заделка в почву стерневых остатков, подповерхностное уплотнение и выравнивание поверхности почвы.

Крошение крупных почвенных комков осуществляется штифтами и гладкой поверхностью катка. Для обеспечения стабильности крошения без сгруживания почвы перед катком, радиус кривизны его гладкой рабочей поверхности должен обеспечивать стабильное защемление почвенных комков без их толкания вперед, т.е. должно выполняться условие [54]:

$$D_к \geq \frac{2h}{(1-\cos\chi)}, \text{ м}, \qquad (72)$$

где $D_к$ – диаметр катка, *м;*

h – величина уплотнения с высотой почвенного комка, *м*;

$\chi = \varphi_1 + \varphi_2$ – угол защемления почвы или почвенного комка, *град*;

φ_1 – угол трения почвы о почву, *град*;

φ_2 – угол трения почвы о материал катка, *град*.

В тоже время, стабилизации процесса защемления почвенных комков и их крошения гладкой поверхностью катка будут способствовать находящиеся на ней штифты. В случае выталкивания катком почвенного комка, штифты своим встречным движением, будут препятствовать дальнейшему продольному перемещению комка, и он будет подвержен взаимному крошащему действию штифтов и гладкой поверхности катка (рис. 34).

Заделка в почву стерневых остатков и подповерхностное уплотнение почвы осуществляется штифтами катка. Заделка стерневых остатков на необходимую глубину и подповерхностное уплотнение почвы обеспечивается требуемой длиной штифта и диаметром его торцевой части.

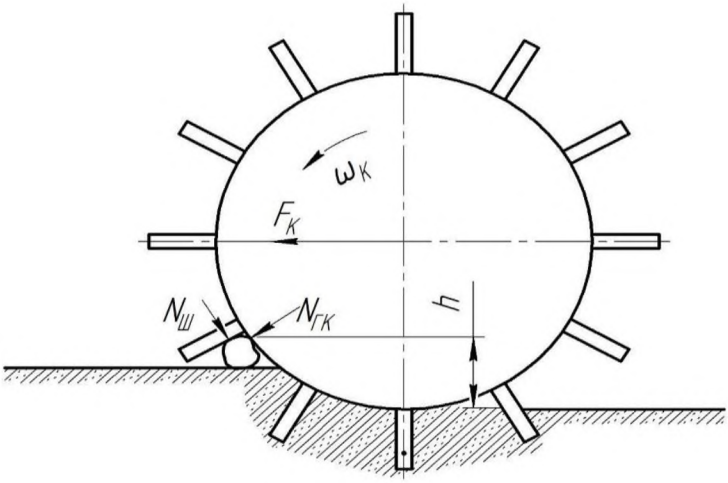


Рис. 34. Схема взаимодействия штифтов и гладкой поверхности катка с почвенным комком

Каждый штифт, внедряясь в почву, образует конус уплотнения с углом ψ между его образующей и вертикалью, равным углу внутреннего трения почвы. Таким образом, на глубине уплотнения h_y каждый штифт уплотняет участок площадью S_y:

$$S_y = \pi \cdot \frac{d_y^{\,2}}{4} = \pi \frac{(d_ш + 2 \cdot (h_y - l_ш) \cdot tg\psi)^2}{4}, \text{ м}^2, \qquad (73)$$

где d_y – диаметр уплотненной зоны на глубине h_y, *м;*

$d_ш$ – диаметр штифта, *м;*

$l_ш$ – длина штифта, *м.*

Для сплошного подповерхностного уплотнения почвы на глубине h_y необходимо, чтобы штифты располагались друг от друга на расстоянии $\Delta_ш$:

$$\Delta_ш = d_y = d_ш + 2 \cdot (h_y - l_ш) \cdot tg\psi, \text{ м.} \qquad (74)$$

Равномерное уплотнение подповерхностного слоя почвы возможно реализовать, разместив штифты на катке в шахматном порядке. Этого можно достичь, если штифты будут расположены рядами: с шагом внутри ряда $t_ш = \Delta_ш$ и шагом между рядами $t_{шр} = \frac{\Delta_ш}{\sqrt{2}}$.

Соответственно, количество $n_ш$ штифтов одного ряда (рис. 35) определится по зависимости:

$$n_ш = \frac{\pi \cdot (D_к + 2 \cdot l_ш)}{t_ш}$$

или

$$n_ш = \frac{\pi \cdot (D_к + 2 \cdot l_ш)}{d_ш + 2 \cdot (h_у - l_ш) \cdot tg\,\psi}, \; шт. \qquad (75)$$

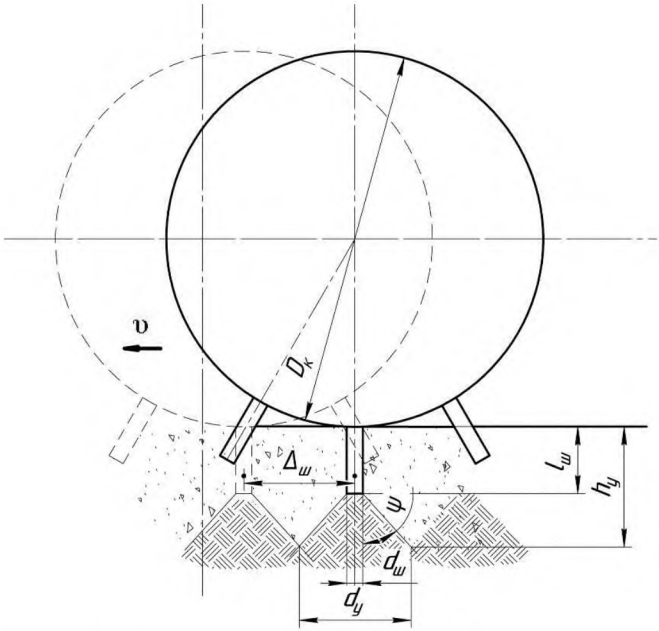


Рис. 35. Схема взаимодействия штифтов катка с почвой

В процессе работы штифтовый каток производит операцию подповерхностного уплотнения почвы и ее выравнивания, выполняя при этом работу $A_к$, которую можно представить известной зависимостью:

$$A_к = P_к \cdot L \text{, Дж,} \tag{76}$$

где $P_к$ – усилие, требуемое на перекатывание катка, *Н;*

L – путь, пройденный катком, *м.*

Для определения тягового сопротивления катка выразим из данной зависимости $P_к$:

$$P_к = \frac{A_к}{L} \text{, Н.} \tag{77}$$

Работа катка $A_к$ по деформации почвы определится суммой работы $A_{гк}$ гладкой поверхности и суммы работ $\sum A_{шк}$ штифтов катка:

$$A_к = A_{гк} + \sum A_{шк} \text{, Дж.} \tag{78}$$

Работу гладкой поверхности катка $A_{гк}$ можно выразить зависимостью:

$$A_{гк} = P_{гк} \cdot L \text{, Дж,} \tag{79}$$

где $P_{гк}$ – сопротивление перекатыванию гладкой поверхности катка, *Н.*

Сопротивление перекатыванию гладкой цилиндрической поверхности катка выражается известной формулой Горячкина-Грандвуане с учетом ее скольжения [28]:

$$P_{гк} = \left(1 + \frac{3}{4}\frac{\varepsilon}{f^2}\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{6 \cdot G_K^4}{64 \cdot q \cdot B_к \cdot R_к^2}} \text{, Н,} \tag{80}$$

где G_K – вертикальная сила давления катка на почву – суммарная сила веса катка и усилия догружателей (пружин), *Н*;

$B_к$ – ширина гладкой цилиндрической поверхности катка, *м*;

$R_к$ – радиус гладкой цилиндрической поверхности катка, *м*;

$\varepsilon = \frac{R_у - R_к}{R_к}$ – коэффициент скольжения гладкой цилиндрической поверхности катка;

R_y – условный радиус катка (определяемый положением мгновенного центра скоростей), *м*;

$f = \frac{P_{КК}}{G_К}$ – коэффициент сопротивления перекатыванию при качении без скольжения;

$P_{КК}$ – сопротивление перекатыванию при свободном качении гладкой цилиндрической поверхности катка, *Н;*

q – коэффициент объемного смятия почвы, *Н/м³*.

Тогда, работа гладкой поверхности катка выразится зависимостью:

$$A_{гк} = \left(1 + \frac{3}{4}\frac{\varepsilon}{f^2}\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{6 \cdot G_К^4}{64 \cdot q \cdot B_к \cdot R_к^2}} \cdot L \text{ , Дж.} \quad (81)$$

Суммарную работу штифтов катка $\sum A_{шк}$ можно выразить зависимостью:

$$\sum A_{шк} = A_{шк} \cdot z_ш \cdot L \text{ , Дж,} \quad (82)$$

где $A_{шк}$ – работа одного штифта по уплотнению почвы, *Дж;*

$z_ш$ – число штифтов на погонном метре окружности катка по всей его ширине, *шт./м.*

Работа $A_{шк}$ одного штифта по уплотнению почвы определится исходя из сминаемого им объема почвы $V_{см}$ и контактного давления штифта на почву $\sigma_ш$.

Для определения сминаемого штифтом объема почвы $V_{см}$ рассмотрим (рис. 36) траекторию движения штифта катка, представляющую собой циклоиду. В результате работы штифт сминает объем почвы, по форме напоминающий трапециевидную призму с криволинейными ребрами (дуги циклоиды). Сделав допущение, что ребра призмы прямолинейны, объем почвы, смятой штифтом катка, определится зависимостью:

$$V_{см} = \frac{d_ш + 2 \cdot d_ш}{2} \cdot l_ш \cdot d_ш \text{ , м}^3. \quad (83)$$

После упрощения получим:

$$V_{см} = \frac{3}{2} \cdot d_ш^2 \cdot l_ш \text{ , м}^3. \quad (84)$$

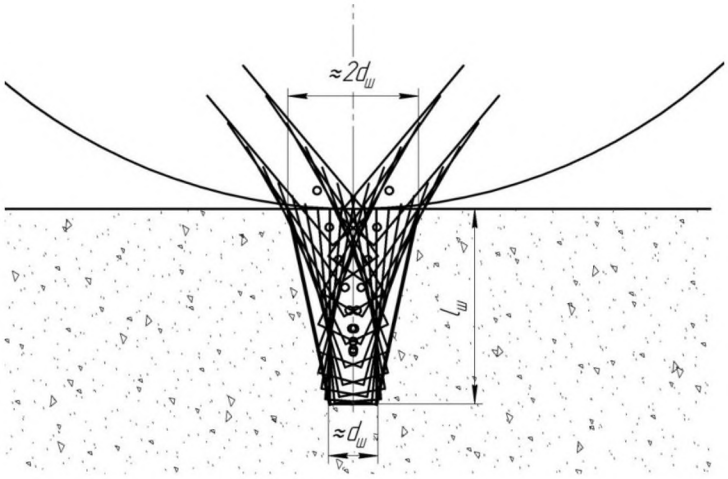


Рис. 36. Схема к определению объема уплотнения почвы штифтом катка

Таким образом, работу смятия почвы одним штифтом с достаточной точностью можно выразить зависимостью:

$$A_{шк} = \frac{3}{2} \cdot d_ш^2 \cdot l_ш \cdot \sigma_ш \text{, Дж.} \quad (85)$$

Число воздействий штифтами $z_ш$ на погонном метре обработанной поверхности катком по всей его ширине определится зависимостью:

$$z_ш = \frac{N_ш}{\pi \cdot D_к} \text{, шт.,} \quad (86)$$

где $N_ш$ – общее число штифтов, размещенных на катке, *шт.*

Учитывая количество штифтов $n_ш$, размещаемых в одном ряду, и количество рядов на катке $m_ш = \frac{B_к}{t_{шр}}$, общее количество штифтов определится как $N_ш = n_ш \cdot m_ш$.

Принимая во внимание эти предпосылки, выразим суммарную работу, выполняемую всеми штифтами катка:

$$\sum A_{шк} = \frac{3}{2} \cdot d_ш^2 \cdot l_ш \cdot \sigma_ш \cdot \frac{n_ш \cdot m_ш}{\pi \cdot D_к} \cdot L \quad ,Дж \qquad (87)$$

или можем записать

$$\sum A_{шк} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot d_ш^2 \cdot l_ш \cdot \sigma_ш \cdot \frac{(d_ш + l_ш) \cdot B_к}{D_к \cdot \Delta^2_ш} \cdot L \quad ,Дж. \qquad (88)$$

Таким образом, общее тяговое сопротивление катка $P_к$ выразится исходя из совершаемой им работы:

$$P_к = \frac{\left(1 + \frac{3}{4}\frac{\varepsilon}{f^2}\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{6 \cdot G_К^4}{64 \cdot q \cdot B_к \cdot R_к^2}} \cdot L + \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot d_ш^2 \cdot l_ш \cdot \sigma_ш \cdot \frac{(d_ш + l_ш) \cdot B_к}{D_к \cdot \Delta^2_ш} \cdot L}{L} \quad ,Н. \qquad (89)$$

Сократив в формуле перемещение катка L, получим:

$$P_к = \left(1 + \frac{3}{4}\frac{\varepsilon}{f^2}\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{6 \cdot G_К^4}{64 \cdot q \cdot B_к \cdot R_к^2}} + \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot d_ш^2 \cdot l_ш \cdot \sigma_ш \cdot \frac{(d_ш + l_ш) \cdot B_к}{D_к \cdot \Delta^2_ш} \quad ,Н. \qquad (90)$$

Полученная зависимость позволит спрогнозировать тяговое сопротивление катка в случае изменения его конструктивных и технологических параметров или почвенных условий.

Результаты расчета тягового сопротивления рабочих органов и общего сопротивления орудия при работе на обыкновенном среднесуглинистом черноземе приведены в таблице 3.

Таблица 3

Расчетные данные по тяговому сопротивлению рабочих органов при различных скоростях движения

Показатели	1,7 м/с	2,0 м/с	2,4 м/с	2,7 м/с
Тяговое сопротивление ножевого диска, Н (всех дисков)	36,5 (949)	36,9 (959)	37,3 (970)	37,7 (980)
Тяговое сопротивление плоскорежущей лапы, Н (всех лап)	1462 (10234)	1472 (10304)	1495 (10465)	1515 (10605)
Тяговое сопротивление катка, Н	735	735	735	735
Общее тяговое сопротивление орудия, Н	11918	11998	12170	12320

Для проверки теоретических предпосылок по обоснованию конструктивно-технологических и энергетических параметров рабочих органов комбинированного орудия проведены экспериментальные исследования.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛКОЙ ОСЕННЕЙ МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

3.1. Исследования физико-механических свойств почвы в послеуборочный период

В качестве измеряемых показателей, характеризующих состояние почвы, использовались:

- тип почвы и название по механическому составу;
- влажность почвы;
- плотность почвы;
- твердость почвы.

Исследования проведены на участке поля, имеющем типичные для региона Среднего Поволжья характеристики: тип почвы – чернозем обыкновенный среднесуглинистый, микрорельеф слабовыраженный. Высота стерни озимой пшеницы после уборки урожая прямым комбайнированием комбайнами ДОН-1500Б с измельчением соломистой части и разбрасыванием по полю всей незерновой части урожая составила в среднем 0,12 м, средняя твердость почвы в слое 0…0,20 м составила 1,7 МПа при влажности 16,2%.

Исследования динамики изменения влажности почвы в осенне-весенний период

Для получения зависимостей по накоплению и сбережению влаги в почве после осенней мелкой обработки различными почвообрабатывающими орудиями были заложены опыты, включающие в себя измерения накопления влаги по трем фонам и определение ее потерь на испарение:

- при мелкой обработке дискованием;
- при мелкой плоскорезной обработке;
- при мелкой мульчирующей обработке экспериментальным орудием.

При этом также исследовался стерневой фон без обработки.

Влажность определялась в соответствии с методиками [16, 31, 51, 78, 134] термостатно-весовым методом перед проведением экспериментальных исследований, а также в начале каждого

месяца до наступления устойчивых заморозков для определения динамики запасов влаги в метровом слое почвы и весной перед закрытием влаги.

Отбор проб (рис. 37 и 38) проводился по диагонали каждого опытного участка в пяти местах с глубины 0…0,05; 0,05…0,10 и 0,10…0,20 м перед проведением обработки и послойно через 0,1 м до глубины 1 м после обработки для определения запасов влаги в метровом слое почвы.



Рис. 37. Отбор образцов почвы для определения ее влажности

Отобранные навески массой 30…40 г помещались в алюминиевые стаканчики (бюксы) с герметичной крышкой, нумеровались и взвешивались с точностью до 0,01 г. Затем отобранные образцы помещались в сушильный шкаф и высушивались при температуре 105…110°С в течении 6 часов. После того как образцы охлаждались, проводилось их повторное взвешивание и по разнице в массе до сушки и после сушки определялось количество испарившейся воды.

Влажность почвы вычисляли по формуле:

$$W = \left[(g - g')/g'\right] \cdot 100 \text{ ,\%,} \qquad (91)$$

где g – масса образца влажной почвы, *г;*

g' – масса образца сухой почвы, *г.*

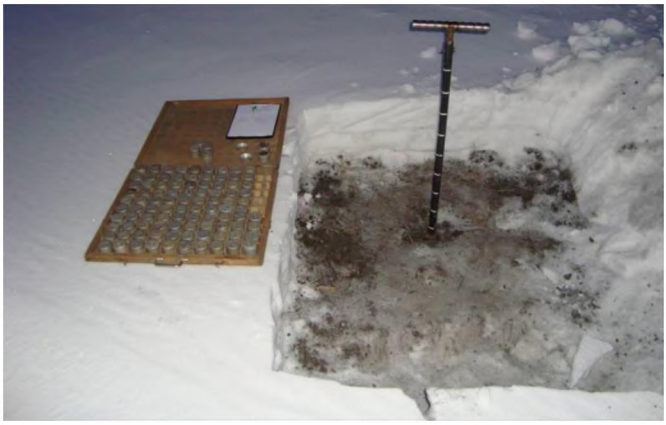


Рис. 38. Отбор образцов почвы для определения ее влажности при наступлении устойчивых заморозков

Для определения влажности почвы использовалось следующее оборудование: бюксы, бур пробоотборник, линейка, сушильный шкаф СШ-3, весы GM-612. Полученные данные, по которым строились графики изменения влажности почвы в зависимости от вида ее обработки, обрабатывались и вносились в журнал наблюдений. После статистической обработки построена графическая зависимость изменения влажности почвы в период осень 2009 – весна 2010 по глубине на различных агрофонах (рис. 39).

При исходной влажности почвы осенью в слоях 0…0,05; 0,05…0,10; 0,10…0,20; 0,20…0,30; 0,30…0,40 и 0,40…0,50 м – 14,2; 16,4; 15,8; 14,9; 14,1; 14% весной влажность почвы без обработки в соответствующих слоях составила 24,4; 25,2; 24,5; 22,6; 22,2; 21,7%. В сравнении с почвой по агрофону – без обработки, влажность почвы весной после осенней обработки дисковым мульчировщиком ДМ-5,2 увеличилась на рассматриваемых глубинах соответственно на 0,4; 1,2; 1,1; 0,6; 0,2 и 0,1%, после обработки культиватором-плоскорезом КПИР-3,6 на 0,8; 2,2; 2,0; 0,8; 0,4 и 0,1%, после обработки экспериментальным комбинированным орудием на 3,0; 3,5; 2,9; 1,2; 0,9 и 0,4%.

Причем в слое 0,05…0,10 м обработка почвы экспериментальным комбинированным орудием позволила обеспечить уровень влажности 28,7%, что на 1,3% больше, чем после осенней обработки культиватором-плоскорезом КПИР-3,6.

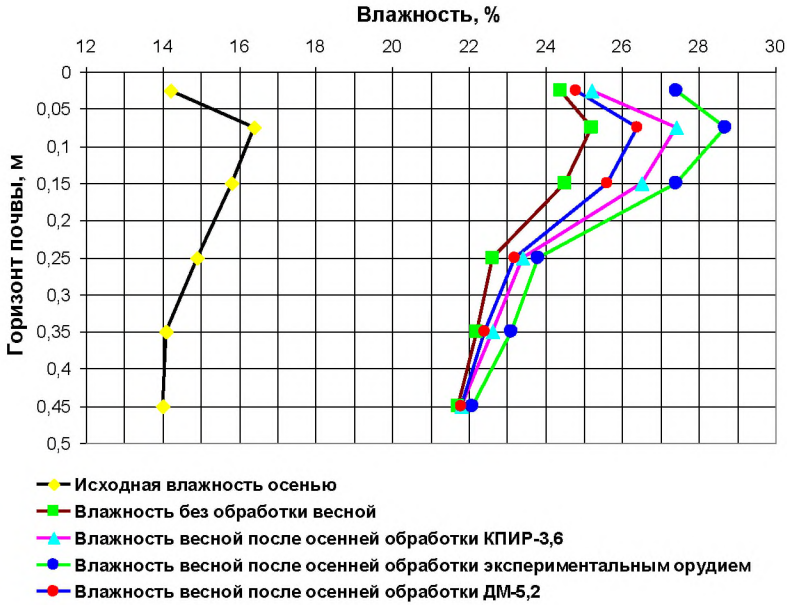


Рис. 39. Изменение влажности почвы по глубине
на различных агрофонах

На каждом обработанном фоне, а также на стерневом фоне без обработки (контроль), начиная с закладки опыта и заканчивая проведением первой весенней обработки (закрытие влаги), определялись запасы влаги в метровом слое почвы. Для этого послойно определяли влажность в каждом 0,10 м слое и в самом верхнем 0…0,05 м [17, 58, 104]. Сравнение проводилось с агрофонами: без обработки, дискование дисковым мульчировщиком ДМ-5,2 на глубину 0,12 м, мелкая плоскорезная обработка культиватором-плоскорезом игольчато-роторным КПИР-3,6 на глубину 0,16 м. Количество оставшихся на поверхности поля стерневых остатков после уборки урожая составляло 4,5 т/га.

До наступления устойчивых заморозков запасы влаги измеряли электронным влагомером HH2 (DELTA-T DEVICES LTD, Англия) с датчиком Theta Probe ML2x (рис. 40), который замеряет объемную влажность почвы и отображает результат измерения на экране. Используемый датчик может применяться на всех видах органических и минеральных почв.



Рис. 40. Измерение влажности почвы электронным влагомером HH2

Прибор фиксирует изменения диэлектрической постоянной, трансформирует данные в милливольтный сигнал, пропорциональный содержанию влаги в почве. Датчик состоит из прочного водонепроницаемого корпуса с сенсорами из нержавеющей стали (длина игл 60 мм, диаметр 3 мм) и подключается к влагомеру кабелем длиной до 5 м. Диапазон измерения влажности 5…85%, точность измерения ±1%, дискретность 0,1%.

В зимний период влажность почвы определялась термостатно-весовым методом. Расчет запасов влаги в метровом слое вычислялся по формуле [135]:

$$ЗВ = \sum \frac{W \cdot \rho \cdot h}{10}, мм, \quad (92)$$

где W – влажность весовая, *%;*

h – толщина слоя, *см;*

ρ – плотность почвы, *г/см*^{3}.

Динамика изменения запасов влаги (рис. 41) показывает, что предлагаемая обработка имеет постоянное преимущество до периода проведения весенне-полевых работ в апреле перед сравниваемыми агрофонами соответственно на 31,8; 25,8 и 16,8 мм.

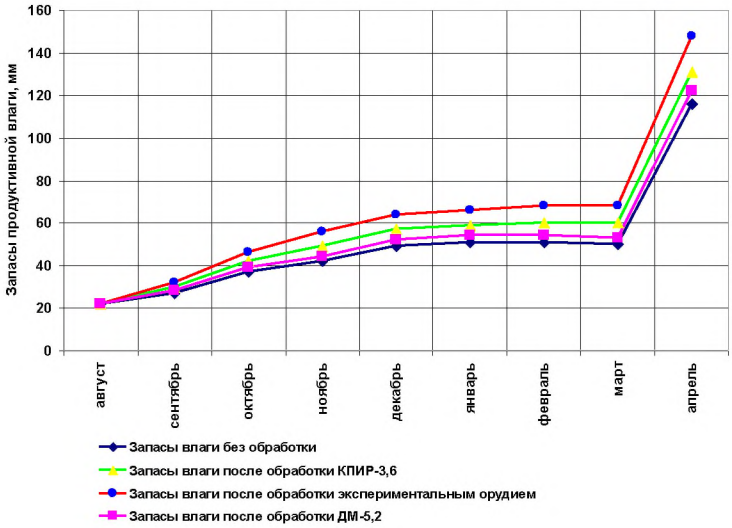


Рис. 41.Запасы продуктивной влаги в 1 м слое почвы на различных агрофонах (осень 2009 – весна 2010 года)

После закрытия влаги на опытных участках был проведен посев ярового ячменя сорта Волгарь посевным агрегатом АУП-18,05 с нормой высева 230 кг/га. Уборка урожая проводилась селекционным комбайном Сампо. Урожайность на участке, обработанном экспериментальным орудием, составила 22,4 ц/га, на контроле – участке, обработанном КПИР-3,6 – 21,2 ц/га, ДМ-5,2 – 20,2 ц/га, без обработки – 14,6 ц/га.

Таким образом, применение комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы в сравнении с мелкой плоскорезной обработкой культиватором-плоскозезом игольчато-роторным КПИР-3,6 позволяет получить прибавку урожайности ярового ячменя Волгарь на 5,7% (1,2 ц/га).

Исследования потерь влаги на испарение пахотным горизонтом

Основные потери почвенной влаги приходятся на непродуктивное испарение. Поэтому для определения наиболее эффективного вида осенней мелкой обработки были проведены

эксперименты по определению потерь влаги на испарение из слоя 0…0,30 м в зависимости от вида и качества обработки почвы. На скорость испарения влияют следующие основные параметры: влажность и плотность почвы, температура, влажность и скорость приземного слоя воздуха, величина полученной от солнца радиации и альбедо почвы, зависящее от типа почвы и наличия на поверхности мульчи, а также другие менее значимые параметры.

Испарение влаги зависит, прежде всего, от температуры почвы, которая в свою очередь во многом определяется свойствами мульчирующего слоя. Определение скорости испарения проводилось в период ее максимума – весной перед закрытием влаги. При этом в течение 10 дней круглосуточно через каждые 3 часа измерялась температура почвы и приземного слоя воздуха, скорость ветра, величина солнечного излучения и влажность почвы. Для измерения температуры почвы на каждом участке были заложены температурные датчики на глубине 0,05 м; 0,15 м; 0,25 м и на поверхности почвы (рис. 42), которые подсоединялись к электротермометру ЭТ-10.



Рис. 42. Закладка температурных датчиков в пахотный горизонт

Скорость ветра в приземном слое измеряли ручным анемометром, величину солнечного излучения и альбедо почвы с помощью люскметра Ю-116, влажность почвы по слоям – электронным влагомером HH2 (DELTA-T DEVICES LTD, Англия) с датчиком Theta Probe ML2x, имеющим погрешность измерения ±1%. Для проведения измерений по разным обработкам был оборудован переносной наблюдательный пост, на котором размещалось используемое оборудование (рис. 43).

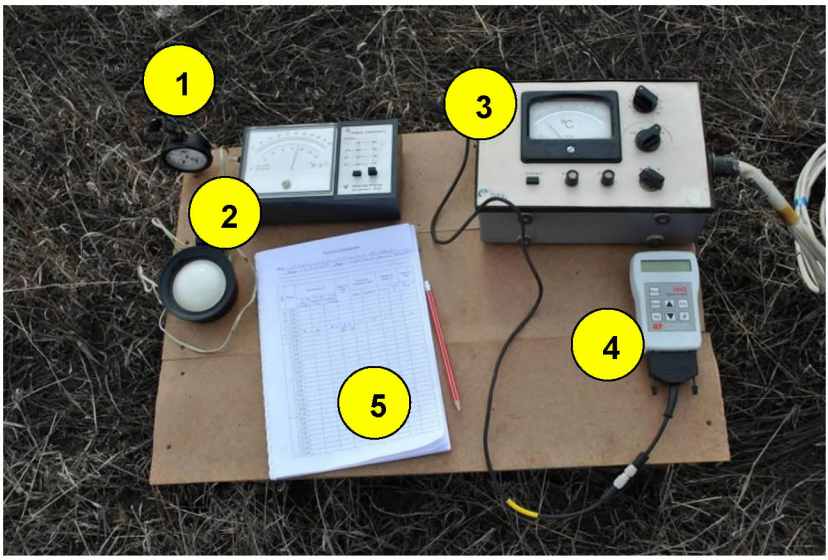


Рис. 43. Наблюдательный пост с приборным оборудованием:
1 – ручной анемометр; 2 – люксметр Ю-116; 3 – электротермометр ЭТ-10;
4 – электронный влагомер HH2; 5 – журнал наблюдений.

Суммарное испарение рассчитывалось по формуле [73]:

$$E_c = r + (W_н - W_к), \text{ мм}, \qquad (93)$$

где r – количество осадков, *мм;*

$W_н$, $W_к$ – начальные и конечные запасы влаги в слое 0…0,30 м, *мм.*

По результатам исследований (рис. 44) определено, что наблюдается существенное преимущество безотвальной мульчирующей обработки почвы в сбережении почвенной влаги.

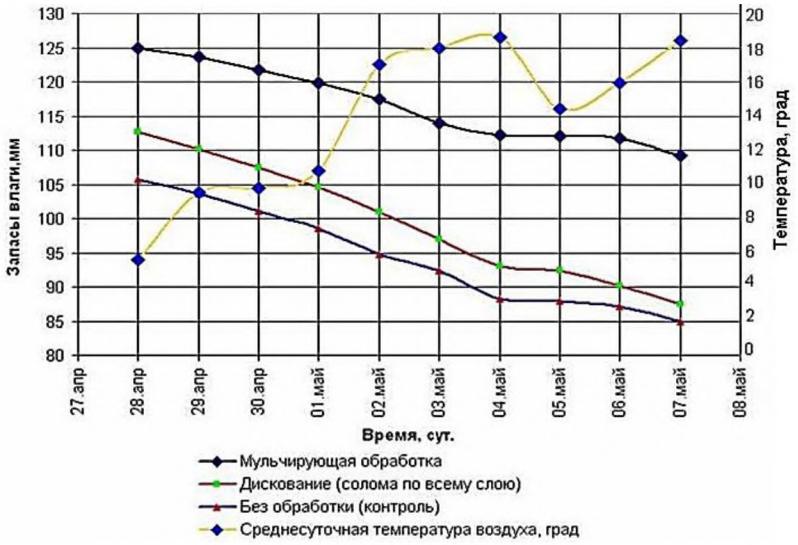


Рис. 44. Изменение общих запасов влаги в пахотном слое в зависимости от видов обработки и среднесуточной температуры воздуха

За девятидневный период наблюдений почва, имеющая агрофон с мульчирующей обработкой, уменьшила общие запасы почвенной влаги на 15,6 мм; почва, имеющая агрофон после дискования и на контроле (без обработки), уменьшила запасы общей почвенной влаги соответственно на 24,5 и 19,8 мм. Среднесуточная температура приземного воздуха колебалась в пределах 5,9…18,5°С.

Преимущество по общим запасам влаги почвы, имеющей агрофон с мелкой плоскорезной мульчирующей обработкой, можно объяснить наличием мульчирующего поверхностного слоя, обладающего более низкой теплопроводностью, обеспечивающего снижение непродуктивных потерь влаги на испарение.

Результаты исследования динамики запасов влаги в пахотном слое почвы (рис. 45) в зависимости от варианта обработки почвы в сравнении с теоретическими предпосылками показали, что теоретическая модель скорости испарения влаги в зависимости от почвенно-климатических условий и состояния поверхности почвы хорошо согласуется с опытными данными после применения экспериментального орудия КОМО-2,0.

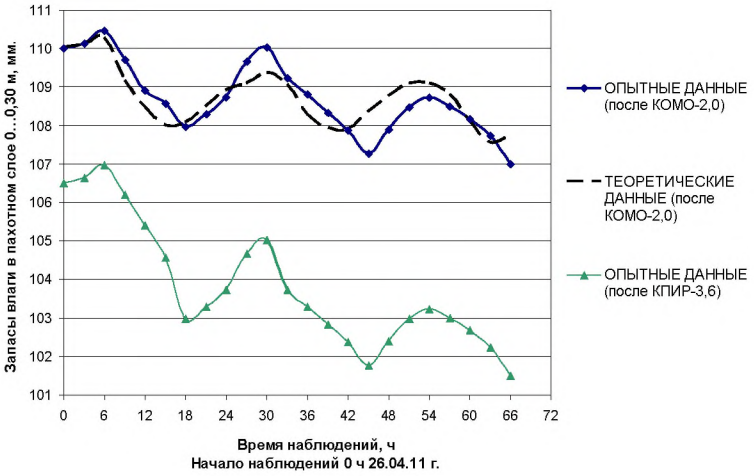


Рис. 45. Динамика запасов влаги в пахотном горизонте почвы при различных обработках

Причем при равных почвенных условиях, за 66 часов наблюдений, поверхность, обработанная культиватором КПИР-3,6, потеряла 5 мм запаса влаги, а поверхность, обработанная предлагаемым орудием КОМО-2,0, за тот же период потеряла 3 мм запаса влаги, что позволяет сделать вывод о лучших влагосберегающих свойствах замульчированной поверхности почвы, обработанной экспериментальным орудием КОМО-2,0. В результате наблюдений динамики запасов влаги в пахотном слое зафиксированы суточные колебания, связанные с суточными колебаниями температуры воздуха и почвы (рис. 46).

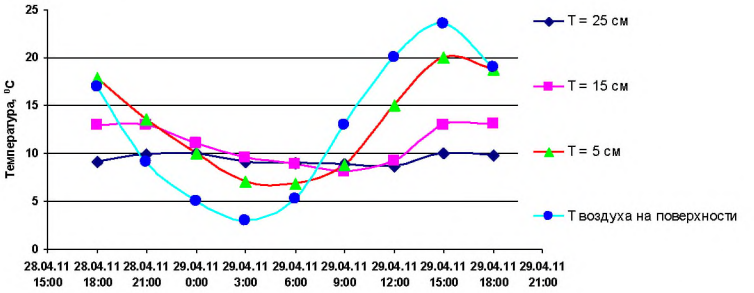


Рис. 46. Динамика суточной температуры слоев почвы в пахотном горизонте

В темное время суток, при охлаждении поверхности почвы, ее пахотный слой насыщается влагой из нижележащих слоев и приземного воздуха, повышая запас влаги на 2 мм. В светлое время суток происходит нагревание почвы, что влечет за собой испарение влаги из пахотного горизонта в атмосферу и вытеснение в более холодные нижележащие слои почвы. При этом в светлое время суток теряется до 4 мм влаги.

Исследования изменений плотности почвы

Одним из основных показателей, влияющих на эффективность процесса крошения почвы экспериментальными рабочими органами, является ее плотность.

Определение плотности почвы проводилось буровым методом (метод врезания кольца) в пятикратной повторности по диагонали участка (одновременно с определением влажности) по всей глубине обрабатываемого слоя почвы [27, 30, 124]. Образцы почвы герметично упаковывались в полиэтиленовые мешки и взвешивались, результаты обрабатывались по стандартной методике [29, 134, 135]. Для определения плотности почвы использовалось следующее оборудование (рис. 47): бур Н. А. Качинского (почвенный цилиндр), молоток, линейка, подрезная лопатка, лопата, полиэтиленовые мешки, весы GM-612.



Рис. 47. Оборудование для определения плотности почвы

Расчет плотности почвы производился по формуле:

$$\rho = \frac{m_1 \cdot 100}{(100 + W) \cdot V_ц}, \; г/см^3, \qquad (94)$$

где m_1 – масса почвы из цилиндра, *г;*

W – влажность почвы, *%;*

$V_ц$ – объем почвенного цилиндра, $см^3$.

Данные взвешивания с точностью до 0,01 г записывались в журнал наблюдений и после статистической обработки по ним строились графики изменения плотности почвы по горизонтам.

Величина исходной осенней плотности почвы в слоях 0…0,05; 0,05…0,10; 0,10…015 м составляла 1,06; 1,16; 1,18 г/см^3 (рис. 48).

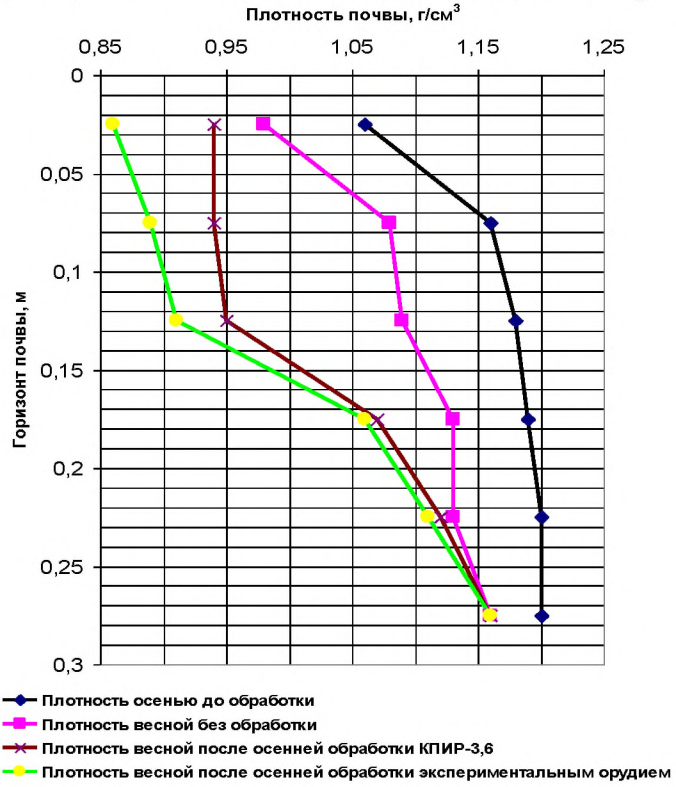


Рис. 48. Изменение плотности почвы по глубине

Весной величина плотности почвы в слоях 0…0,05; 0,05…0,10; 0,10…015 м уменьшилась на необработанном участке до 0,98; 1,08; 1,09 г/см^3 соответственно, на участке, обработанном культиватором-плоскорезом КПИР-3,6, до 0,94; 0,94; 0,95 г/см^3 и на участке после экспериментального комбинированного орудия до 0,86; 0,89; 0,91 г/см^3.

Приведенные данные показывают преимущественное положительное влияние созданного мульчирующего слоя почвы с измельченными стерневыми остатками, обеспечившими существенное уменьшение плотности в обработанном слое почвы и в большей степени в слое 0…0,10 м.

Исследования изменений твердости почвы в осенний и весенний периоды

Показателем, характеризующим сопротивление почвы механической обработке и влияющим на ее качество, является твердость почвы. Измерение твердости почвы проводилось одновременно с определением ее влажности почвенным твердомером согласно существующим стандартам [124]. Твердость почвы определялась в период проведения экспериментальных исследований осенью, а также весной до закрытия влаги на глубину до 0,30 м в пятикратной повторности. Для измерения твердости почвы использовался полевой твердомер Ю. Ю. Ревякина № 208 (рис. 49).



Рис. 49. Твердомер Ю. Ю. Ревякина для определения твердости почвы

Твердограммы на миллиметровой бумаге обрабатывались с помощью полярного планиметра ПП-2к (рис. 50).

Расчет твердости почвы выполнялся по формуле:

$$P = \frac{h \cdot g}{S_n}, \; H/см^2, \qquad (95)$$

где h – величина средней ординаты твердограммы, *см;*

g – жесткость пружины, *Н/см;*

S_n – площадь плунжера твердомера, *см*^{2}.

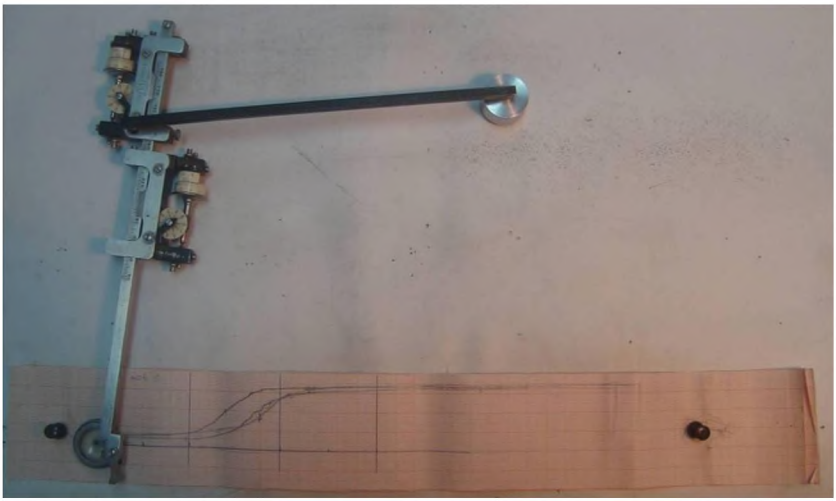


Рис. 50. Обработка твердограмм полярным планиметром ПП-2к

По полученным данным твердости после статистической обработки строили графические зависимости изменения твердости почвы по горизонтам в программе Microsoft Office Excel (рис. 51).

При осенней обработке на глубину 0,16 м и исходной осенней твердости почвы на глубине 0,05; 0,10; 015 м – 1,4; 1,6; 1,9 МПа, ее величина весной уменьшилась на необработанном участке до 0,5; 0,9; 1,5 МПа соответственно, на участке, обработанном культиватором-плоскорезом КПИР-3,6, до 0,2; 0,6; 0,8 МПа, а на участке обработанном экспериментальным комбинированным орудием, до 0,1; 0,3; 0,5 МПа.

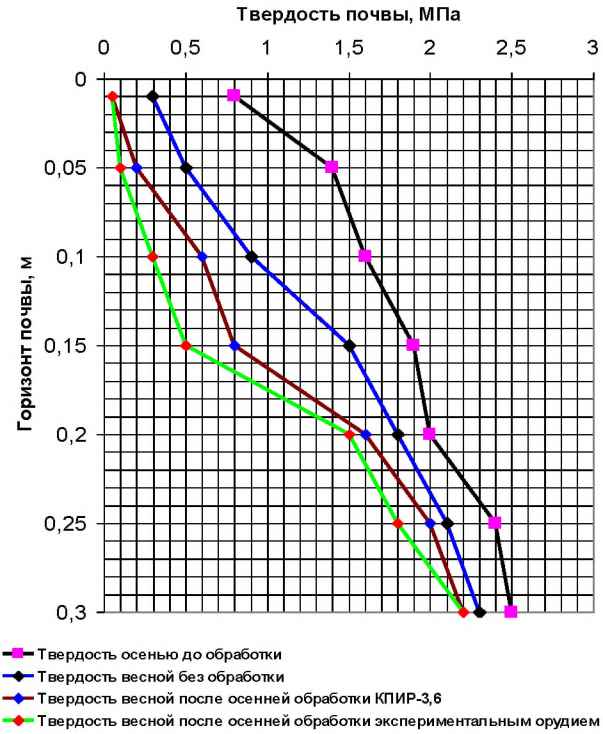


Рис. 51. Изменение твердости почвы по глубине

Применение экспериментального комбинированного орудия при выполнении осенней мелкой мульчирующей обработки почвы рабочими органами с обоснованными параметрами выявило преимущество в качестве работы и эффективности влагосбережения в сравнении с осенней мелкой плоскорезной обработкой почвы культиватором-плоскорезом КПИР-3,6.

3.2. Рациональные параметры комбинированного орудия для мелкой осенней мульчирующей обработки почвы

Исследования параметров комбинированного орудия для мелкой осенней мульчирующей обработки почвы проводились с целью определения их рациональных значений, обеспечивающих

наиболее высокое качество работы при осенней мелкой мульчирующей обработке почвы.

В качестве основных оценочных показателей работы экспериментального комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки использовали качество крошения почвы, степень измельчения и заделки в почву стерневых остатков и выравнивание поверхности.

По результатам изучения существующих исследований аналогичных типов рабочих органов [95, 99] и на основании данных предварительных исследований были определены факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на оценочные показатели. Для определения оптимальных параметров этих факторов применяли теорию многофакторного планирования экспериментов [83, 101, 102].

Исследования влияния конструктивных и технологических параметров экспериментальных рабочих органов на качественные показатели работы проводились экспериментальной установкой с новыми рабочими органами для обработки почвы в полевых условиях.

Серии опытов реализовывались по симметричному некомпозиционному квази-D-оптимальному плану Л. Л. Песочинского. Результаты реализации многофакторных экспериментов обрабатывались по методике, изложенной в работах [1, 22, 36, 38, 60, 65, 71, 77, 83].

Для аналитического описания влияния факторов на критерии оптимизации использовалась квадратичная модель уравнения регрессии:

$$y = b_0 + \sum_{1 \le i \le k} b_i x_i + \sum_{1 \le i \le j \le k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \le i \le k} b_{ii} x_i^2 , \qquad (96)$$

где y – функция отклика;

b_0 – свободный член, равный выходу при $x_i = 0$;

b_i – коэффициенты регрессии соответствующих факторов;

b_{ij} – коэффициенты регрессии двойного взаимодействия факторов;

x_i и x_j – кодированные значения факторов.

Поскольку факторы процесса неоднородны и имеют различные единицы измерения, они были приведены к единой системе исчисления путем перехода от действительных значений факторов к кодированным по формуле:

$$X_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \qquad (97)$$

где X_i – натуральное значение фактора;

X_{i0} – натуральное значение фактора на основном уровне;

ΔX_i – натуральное значение интервала варьирования фактора.

Проверку однородности дисперсии и воспроизводимости результатов эксперимента выполняли по G-критерию Кохрена. Если расчетное значение критерия $G_{расч}$ оказывалось меньше критического $G_{кр}$, найденного по таблице для данных условий проведения эксперимента, то гипотеза об однородности дисперсии и воспроизводимости результатов принималась. Значимость коэффициентов уравнения регрессии определялась по критерию Стьюдента (t_i) для 5% уровня значимости и числу степеней свободы 26: $t_{кр} = 2{,}06$. Если расчетное значение t_i оказывалось больше значения $t_{кр}$, то коэффициент b_i признавался значимым.

В математическую модель технологического процесса работы комбинированного орудия включались только значимые коэффициенты. Адекватность полученной модели определяли по критерию Фишера при уровне значимости 95% и числе степеней свободы $f = 2$. Гипотеза адекватности модели принималась, если расчетное значение критерия $F_{расч}$, оказывалось меньше значения $F_{кр}$ и, следовательно, полученное аналитическое выражение достаточно точно описывало характер влияния выбранных факторов на параметр оптимизации.

Для построения математической модели в натуральных переменных величинах использовали формулу кодирования (97). После подстановки натуральных значений факторов в уравнение (96) получали уравнение регрессии в раскодированном виде. Используя такое уравнение, строили поверхности откликов и по характеру поверхностей оценивали влияние факторов на технологический процесс работы рабочих органов и выбирали оптимальные их параметры.

Результаты исследования рациональных параметров батарей ножевых дисков

Установлено, что в процессе работы комбинированного орудия на качество крошения верхнего слоя почвы, а также на степень измельчения и заделки стерневых остатков наиболее существенное

влияние оказывают количество ножей на диске, угол атаки батарей ножевых дисков и расстояние между дисками в батарее.

Для проведения многофакторных экспериментов была изготовлена экспериментальная установка с двумя батареями ножевых дисков, имеющих на раме регулировочный сектор с рядом отверстий, позволяющих устанавливать батареи ножевых дисков под противоположными углами к направлению движения $\beta_{нд} = 10…30°$ с интервалом 5° (рис. 52). Расстояние между дисками $l_{нд}$ изменялось бесступенчато путем перемещения дисков по несущей оси. Количество ножей $n_{нд}$ на каждом диске устанавливалось 6, 8 и 10 штук. Глубина обработки почвы ножевыми дисками составляла 0,065 м, что необходимо для мульчирования измельченными стерневыми остатками ее поверхностного слоя. Рабочая скорость движения агрегата составляла 2,1 м/с.

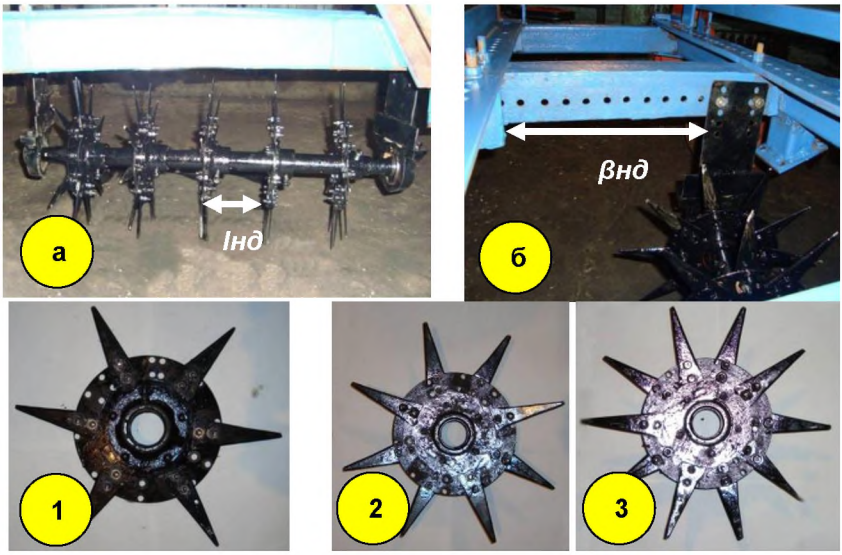


Рис. 52. Изменение рабочих параметров батарей ножевых дисков:
а – изменение расстояния между ножевыми дисками в батарее;
б – регулировка угла атаки батарей ножевых дисков; 1 – ножевой диск с 6 ножами; 2 – ножевой диск с 8 ножами; 3 – ножевой диск с 10 ножами

Лабораторно-полевые исследования проводились в следующем порядке. Экспериментальная установка агрегатировалась с трактором МТЗ-82. Подготовленный агрегат проходил отрезок

гона, равный 50 м, с которого по обработанному участку в трехкратной повторности брались пробы по определению качества крошения почвы, степени измельчения и заделки стерневых остатков. Затем в соответствии с планом многофакторного эксперимента изменяли уровни варьирования факторов и опыты повторялись.

Исходя из почвенно-климатических условий и базируясь на данных [54, 108, 131] для обработки обыкновенного среднесуглинистого чернозема, были выбраны возможные диапазоны значений параметров: угол атаки батарей ножевых дисков от 10 до 30 градусов и расстояние между дисками в батарее от 0,12 до 0, 18 м. При этом на каждом ножевом диске было установлено по 8 ножей. Так как на качество крошения почвы в большей степени влияет угол атаки батарей ножевых дисков, то для определения рационального диапазона значений угла атаки были проведены предварительные эксперименты [110], и по полученным экспериментальным данным построена зависимость изменения качества крошения почвы ножевыми дисками от их угла атаки (рис. 53).

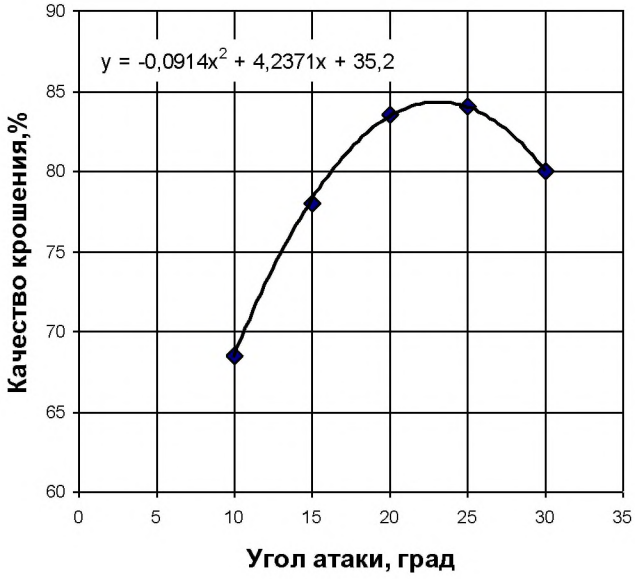


Рис. 53. Зависимость качества крошения почвы ножевыми дисками от угла атаки

Из полученной зависимости видно, что с увеличением угла атаки до значения в 20° крошение почвы увеличивается наиболее интенсивно, а затем стабилизируется на уровне значений 83…84% и при угле атаке больше 25° начинает также интенсивно снижаться. Таким образом, рациональным диапазоном значений угла атаки батарей ножевых дисков, обеспечивающих лучшее качество крошения почвы, являются углы атаки батарей ножевых дисков от 20 до 25°. После определения рационального диапазона значений угла атаки батарей ножевых дисков было оценено влияние расстояния между дисками в батарее на качество крошения почвы. С выбранным диапазоном значений, находящимся в определенном ранее рациональном диапазоне значений угла атаки батарей ножевых дисков, расстоянием между дисками от 0,12 до 0,18 м и угле атаки 23^0, были проведены эксперименты. Полученная зависимость (рис. 54) показала, что при работе ножевых дисков в обозначенном интервале качество крошения почвы аппроксимируется квадратичной функцией и достигает максимальных значений при расстоянии между дисками в батарее $l_{нд} = 0{,}13…0{,}15$ м.

Второй важной задачей ножевых дисков является измельчение стерневых остатков на требуемую длину [119] и их заделка в обрабатываемый при этом поверхностный слой почвы. На эти показатели также в большой степени непосредственное влияние оказывает их угол атаки. Полученные в результате аппроксимации зависимости качества измельчения и заделки стерневых остатков в зависимости от угла атаки ножевых дисков (рис. 55) имеют различный рациональный интервал. При угле атаки в пределах 15…20° находится рациональный интервал оптимума для показателя качества измельчения стерневых остатков, а при угле атаки 22…27° наблюдается их более интенсивная заделка в почву. При таких значениях угла атаки степень измельчения стерневых остатков достигает наибольшего значения в 35…37%, а степень заделки их в поверхностный 5-сантиметровый слой – 50…52%.

В процессе оптимизации конструктивных и технологических параметров комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы были проведены лабораторно-полевые исследования по методике многофакторного планирования эксперимента. С целью обоснования параметров ножевых дисков был реализован симметричный квази-D-оптимальный план Песочинского (прил. 2).



Рис. 54. Зависимость качества крошения почвы от расстояния между ножевыми дисками в батарее

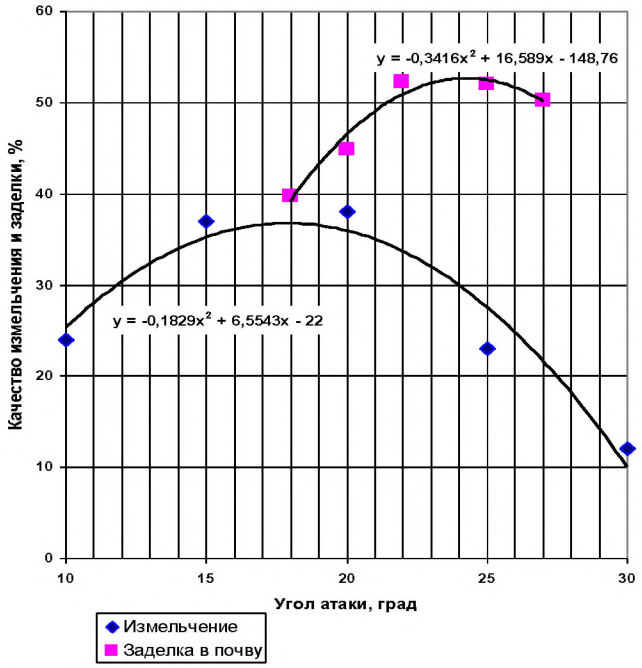


Рис. 55. Зависимости качества измельчения и заделки стерневых остатков в зависимости от угла атаки ножевых дисков

В таблице 4 представлены факторы, влияющие на качество крошения почвы и уровни их варьирования, которые были выбраны на основании предварительных экспериментов.

Таблица 4

Уровни и интервалы варьирования основных факторов при регрессионном анализе

Уровни варьирования факторов	Факторы			Факторы в кодированном виде		
	$n_{нд}$, шт	$\beta_{нд}$, град	$l_{нд}$, м	X_1	X_2	X_3
Верхний	10	30	0,18	+1	+1	+1
Нижний	6	10	0,12	-1	-1	-1
Основной	8	20	0,15	0	0	0
Интервал варьирования	2	10	0,03	1	1	1

Примечание: $n_{нд}$ – количество ножей на диске, *шт.*; $\beta_{нд}$ – угол атаки ножевых дисков, *град;* $l_{нд}$ – расстояние между дисками в батарее, *м.*

Результаты реализации многофакторных экспериментов обрабатывались по методике, изложенной в работах [36, 38, 71, 102].

Возможность проведения регрессионного анализа обоснована по критерию Кохрена при уровне значимости 0,05, числе степеней свободы f=n-1=2 и числе опытов N = 13; получен $G_{расч}$ = 0,13, который не превысил табличное значение G' = 0,373 и поэтому гипотеза однородности параллельных опытов принимается. Значимость коэффициентов уравнения регрессии определялась по критерию Стьюдента для 5% уровня значимости и числа степеней свободы 26: $t_{кр}$ = 2,06. Коэффициенты уравнения регрессии b_{12}, b_{13}, b_{23} оказались незначимыми, и так как $t_{расч} < t_{кр}$, их можно исключить без пересчета остальных. При этом уравнение регрессии приняло вид:

$$y = 84{,}3 + 2{,}342x_1 + 5{,}058x_2 - 2{,}125x_3 - 1{,}442x_1^2 - 10{,}308x_2^2 - 3{,}075x_3^2. \quad (98)$$

Заменив в уравнении регрессии кодовые значения факторов на натуральные, получили уравнение регрессии в натуральном раскодированном виде:

$$K = -65{,}738 + 954{,}17l_{нд} + 6{,}939n_{нд} + 4{,}629\beta_{нд} - 34{,}167 \cdot 10^2 l_{нд}^2 - \\ - 36{,}05 \cdot 10^{-2} n_{нд}^2 - 103{,}08 \cdot 10^{-3} \beta_{нд}^2 \quad (99)$$

Адекватность полученной модели определялась по критерию Фишера при уровне значимости 5% и числе степеней свободы $f_{ад}$=2, f_y=26; $F_{расч}$ = 0,36, который не превысил табличного значения $F_{табл}$ = 3,388.

Используя уравнение регрессии в раскодированном виде после подстановки соответствующих значений основных факторов, в компьютерной программе Mathcad [35] графически строилась поверхность отклика (рис. 56) и по ней оценивалось влияние факторов на крошение почвы, что позволило определить рациональные конструктивные и технологические параметры ножевых дисков.

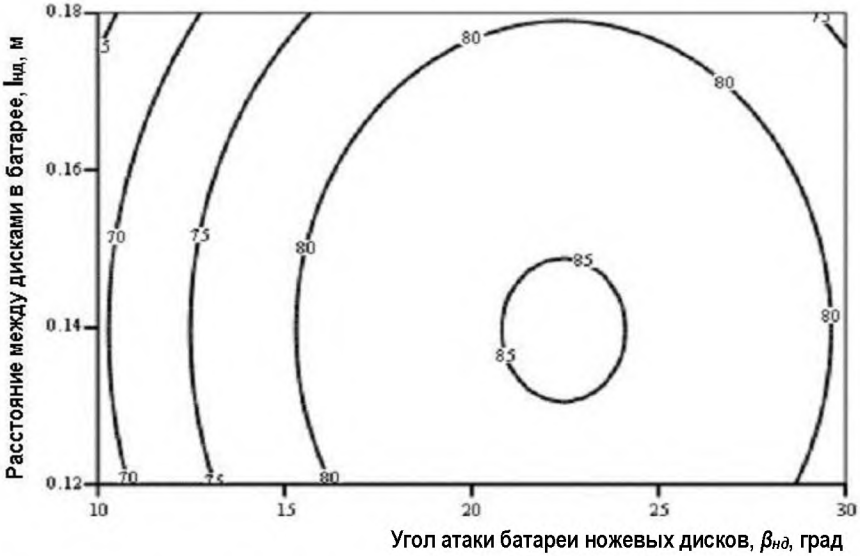


Рис. 56. Зависимость качества крошения почвы от угла атаки батареи ножевых дисков $\beta_{нд}$ и расстояния между дисками в батарее $l_{нд}$ при количестве ножей на диске $n_{нд} = 8$

Установлено, что качество крошения почвы 83…85% обеспечивают следующие параметры ножевых дисков: количество ножей на диске $n_{нд}$ = 8 шт., угол атаки батареи ножевых дисков $\beta_{нд} = 22…25°$ и расстояние между дисками в батарее $l_{нд} = 0{,}14$ м.

Результаты исследования рациональных параметров плоскорежущих лап с рыхлительными элементами лемехов

Для обеспечения необходимого качества крошения почвы при осенней мелкой мульчирующей обработке экспериментальным комбинированным орудием на глубину до 0,16 м после прохода ножевых дисков, рыхлящих верхний слой почвы на глубину до

0,065 м, применялись плоскорежущие лапы с рыхлительными элементами лемехов, рыхлящие слой почвы 0,065…0,16 м, у которых конструктивные и технологические параметры обусловливают качество крошения обрабатываемого ими слоя почвы.

Для проведения исследований с использованием теории многофакторного планирования экспериментов применялась экспериментальная установка, содержащая батареи ножевых дисков, установленных в два ряда друг за другом с противоположными углами атаки для рыхления верхней части обрабатываемого слоя почвы на глубину до 0,065 м. Далее на раме установливались в два ряда в шахматном порядке плоскорежущие лапы, содержащие рыхлительные элементы лемехов с изменяемыми бесступенчато углами крошения первого рыхлительного элемента $\beta_1 = 15…35°$ и второго рыхлительного элемента $\beta_2 = 10…30°$ для рыхления нижней части обрабатываемого слоя почвы (рис. 57).

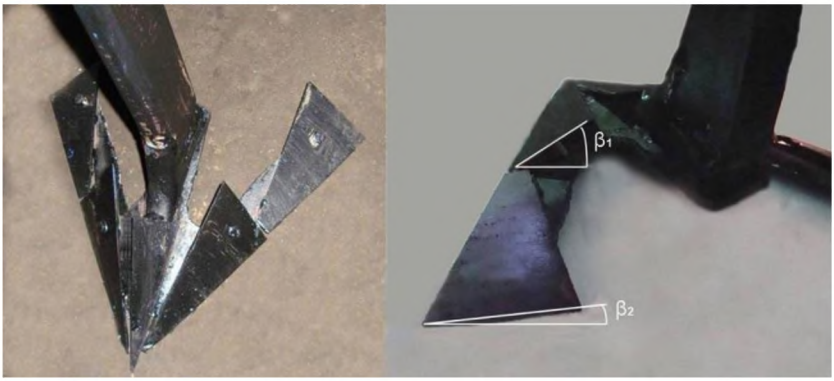


Рис. 57. Экспериментальная плоскорежущая лапа
с рыхлительными элементами лемехов

Лабораторно-полевые исследования проводились в следующем порядке. Экспериментальная установка агрегатировалась с трактором МТЗ-82, при этом батареи ножевых дисков устанавливали фиксировано с оптимизированным углом атаки. Подготовленный агрегат проходил отрезок гона, равный 50 м, с которого в трехкратной повторности отбирались пробы по определению качества крошения почвы. Затем в соответствии с планом

многофакторного эксперимента изменяли уровни варьирования исследуемых факторов и опыты повторялись.

Для определения рациональных диапазонов углов крошения рыхлительных элементов лемехов плоскорежущих лап были проведены предварительные экспериментальные исследования по определению их влияния на качество крошения почвы при глубине обработки 0,16 м, с рабочими скоростями 1,5; 2 и 2,5 м/с. Средняя твердость почвы при исследованиях в слое 0,05…0,16 м составляла 1,9 МПа при влажности 15,8%. Углы крошения рыхлительных элементов изменялись от 10 до 35°.

По данным предварительных экспериментов (рис. 58) отмечено, что качество крошения почвы первым рыхлительным элементом при значениях более 85% наблюдается при углах крошения от 12,5 до 35° с максимумом при 30°, а вторым рыхлительным элементом – от 10 до 35° с максимумом при 24°. При этом для определения оптимального диапазона значений данных углов при различных рабочих скоростях движения целесообразно выделить меньшие интервалы с большей эффективностью, а именно: для первого рыхлительного элемента от 15 до 35°, для второго рыхлительного элемента – от 10 до 30°.

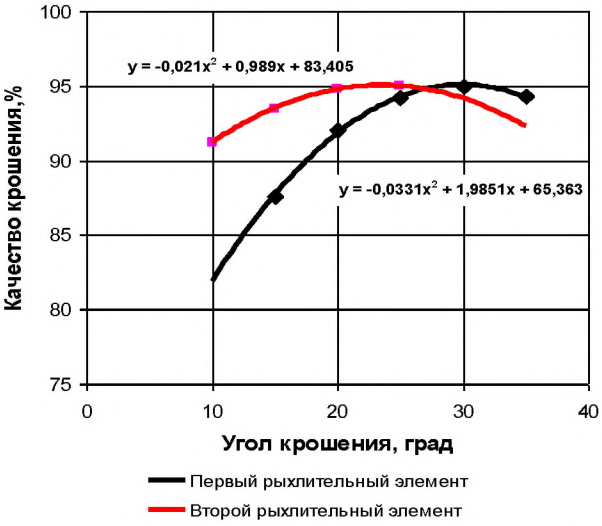


Рис. 58. Зависимость качества крошения почвы плоскорежущими лапами от угла крошения рыхлительных элементов

После предварительных экспериментов для получения более точных значений конструктивных и технологических параметров плоскорежущих лап был проведен второй многофакторный эксперимент (прил. 3). Уровни и интервалы варьирования основных факторов представлены в таблице 5.

Таблица 5

Уровни и интервалы варьирования основных факторов при регрессионном анализе

Уровни варьирования факторов	Факторы*			Факторы в кодированном виде		
	β_1, град	β_2, град	υ, м/с	X_1	X_2	X_3
Верхний	35	30	2,5	+1	+1	+1
Нижний	15	10	1,5	-1	-1	-1
Основной	25	20	2	0	0	0
Интервал варьирования	10	10	0,5	1	1	1

Примечание: β_1 – угол крошения первого рыхлительного элемента лемеха, *град;* β_2 – угол крошения второго рыхлительного элемента лемеха, *град;* υ – скорость движения, *м/с.*

Поверхность отклика изображена на рисунке 59.



Рис. 59. Зависимость изменения качества крошения почвы от углов крошения рыхлительными элементами лемехов β_1 и β_2 при скорости движения υ = 2 м/с

Установлено, что оптимальными параметрами плоскорежущих лап с рыхлительными элементами лемехов при рыхлении почвы на глубину 0,16 м совместно с предварительным рыхлением батареями ножевых дисков на глубину до 0,065 м являются: угол крошения первого рыхлительного элемента лемеха $\beta_1 = 27…32°$, угол крошения второго рыхлительного элемента лемеха $\beta_2 = 20…25°$ при рабочей скорости $\upsilon = 2…2{,}2$ м/с, что обеспечивает качество крошения почвы до 95% при осенней мелкой мульчирующей обработке [112].

Исследования рациональных параметров катка с штифтовыми элементами

Каток с штифтовыми элементами применяется с целью дополнительного крошения комков почвы, заделки в поверхностный слой стерневых остатков с одновременным подповерхностным уплотнением и выравниванием поверхности поля. Данная цель в основном определяется конструктивными и технологическими параметрами катка.

Каток монтировался на экспериментальное орудие (рис. 60).



Рис. 60. Каток с штифтовыми элементами в составе экспериментального орудия

В ходе предварительных экспериментов были определены параметры, которые оказывали наиболее существенное влияние на подповерхностное уплотнение почвы. Кроме того, была обоснована схема размещения штифтовых элементов по гладкой поверхности катка и определено их требуемое количество.

В качестве основных конструктивных и технологических параметров были приняты следующие:

- длина штифтовых элементов $l_ш$ = 20, 30 и 40 мм, которая изменялась путем вворачивания штифтов с указанной длиной в рабочую поверхность катка (рис. 61);

- сила давления катка на почву $G_к$ = 800…1600 Н, регулируемая сжатием пружин механизма догружения катка (рис. 62).

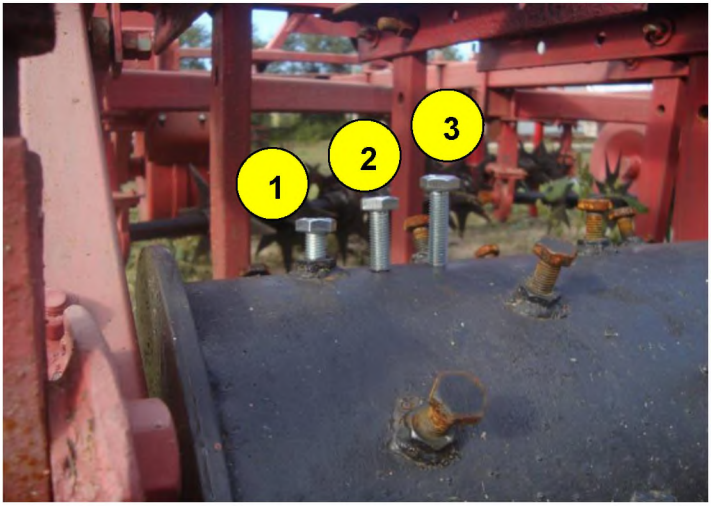


Рис. 61. Каток с штифтами различной длины:
1 – штифт длиной 20 мм; 2 – штифт длиной 30 мм; 3 – штифт длиной 40 мм

С целью обоснования рациональной длины штифтов катка для создания уплотненного подповерхностного слоя почвы на глубине 0,04…0,06 м, повышающего сохранность почвенной влаги, проведены исследования по определению влияния длины штифтов катка на характер уплотнения почвы по глубине. Для исследований использовались штифты с длиной рабочей части 20, 30 и 40 мм, диаметром фронтальной поверхности 17 мм. Сила давления катка на почву составляла 1400 Н.



Рис. 62. Регулировка силы давления катка на почву

С увеличением длины штифтов наблюдается увеличение интенсивности уплотнения по величине плотности и интервалу глубины горизонта почвы: штифт длиной 20 мм уплотняет слой 38…50 мм, штифт длиной 30 мм уплотняет слой 43…66 мм, штифт длиной 40 мм уплотняет слой 58…90 мм, то есть наблюдается изменение диапазона расположения наиболее уплотненного слоя почвы (рис. 63). Для обеспечения необходимого расположения формируемого уплотненного слоя почвы на глубине 0,04…0,06 м можно использовать штифты длиной 30 мм. Штифт позволяет уплотнить слой почвы в интервале глубины почвенного слоя 0,04…0,06 м до требуемой для сбережения влаги плотности 1,07…1,08 кг/см^3. После прохода орудия с катком гребнистость обработанной поверхности составляла ±0,02 м, а степень заделки стерневых остатков в поверхностный слой возрастала до 66,4%.

Результаты энергооценки комбинированного орудия для мелкой осенней мульчирующей обработки почвы

Основными энергетическими показателями комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы являются:

- тяговое сопротивление;
- потребляемая мощность;
- удельные энергозатраты;
- удельное тяговое сопротивление;
- удельный расход топлива.

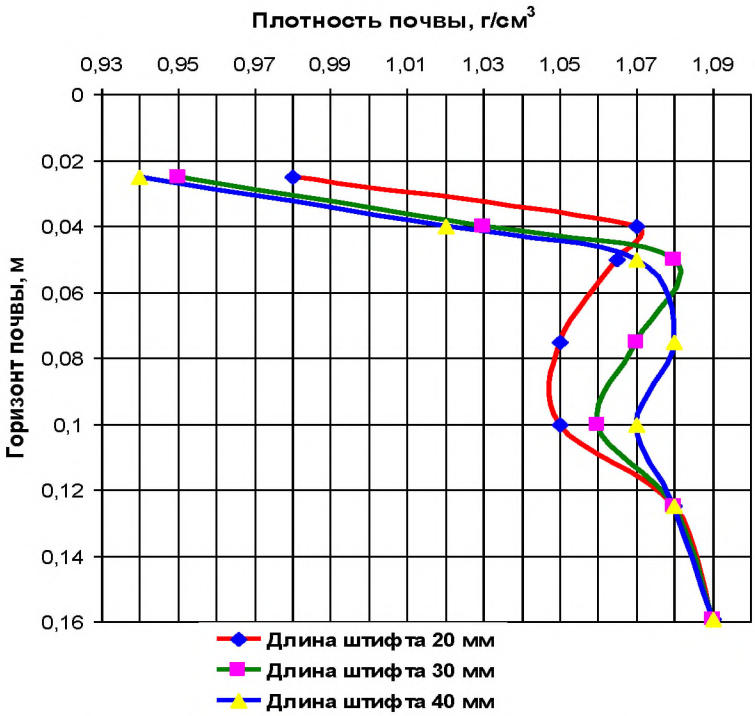


Рис. 63. Плотность почвы после катка в зависимости от длины его штифтов

Данные показатели зависят от скорости движения, угла атаки батарей ножевых дисков, глубины обработки и силы давления катка на почву.

При проведении испытаний, руководствуясь рекомендациями [32], данные показатели определялись при последовательной комплектации орудия следующими рабочими органами:

1) батареями ножевых дисков;

2) батареями ножевых дисков и плоскорежущими лапами;

3) батареями ножевых дисков, плоскорежущими лапами и штифтовым катком.

Показатели определялись на четырёх скоростных режимах работы от 1,7 до 2,7 м/с.

При проведении энергетической оценки экспериментальное орудие агрегатировалось с трактором МТЗ-82, оснащенным следующими измерительными приборами ФГБУ «Поволжская МИС»: информационно-измерительной системой ИП-238 Виса, измерителем линейных размеров поля ИП-229, тензодатчиками и токосъёмниками на валах полуосей задних ведущих колес трактора (рис. 64).



Рис. 64. Измерительное оборудование для проведения энергетической оценки:
1 – измеритель линейных размеров поля ИП-229; 2 – информационно-измерительная система ИП-238 Виса; 3 – токосъёмник.

На поле размечались участки длиной по 50 м, при прохождении которых агрегатом регистрировались такие показатели, как время прохождения участка и показания информационно-измерительной системы ИП-238 Виса (скорость движения, тяговое усилие, буксование и расход топлива).

Малогабаритная переносная информационно-измерительная система ИП-238 Виса предназначена для измерения, анализа, запоминания и отображения, как в реальном времени, так и по окончании опыта, в удобной форме параметров, определяющих эксплуатационно-технологические качества тракторов и сельскохозяйственных машин.

Аппаратура состоит из измерительного блока, портативного компьютера (ноутбука), коммутационного блока, кабеля питания. Оборудование устанавливается в кабине трактора на специальном кронштейне. Соединительный блок для подключения первичных преобразователей находится на специальной подставке. Первичные преобразователи подключены к соединительному блоку с помощью кабелей. Соединительный блок подключается к аппаратуре с помощью специального изолированного многожильного кабеля. Кабель питания подключается к соответствующему разъему аппаратуры и бортовой сети трактора. Основные технические данные системы приведены в таблице 6.

Расчет энергетических показателей производился по формулам [106]:

а) Мгновенная скорость:

$$\upsilon_м = I_{пс} \cdot K_п \cdot 3{,}6 \text{ ,км/ч,} \qquad (100)$$

где $I_{пс}$ – количество импульсов датчика пути за одну секунду;

$K_п$ – калибровочный коэффициент датчика пути, *м/имп.*

б) Средняя скорость:

$$\upsilon_{ср} = \frac{I_п \cdot K_п}{T} \cdot 3{,}6 \text{ , км/ч,} \qquad (101)$$

где $I_п$ – количество импульсов датчика пути за опыт;

T – длительность опыта, *с.*

в) Мгновенное тяговое усилие:

$$P_м = S_{тс} \cdot K_т \text{ , кН,} \qquad (102)$$

где $S_{тс}$ – среднее значение канала датчика усилия, *В;*

$K_т$ – калибровочный коэффициент датчика усилия, *кН/В.*

г) Среднее тяговое усилие:

$$P_{ср} = S_т \cdot K_т \text{ , кН,} \qquad (103)$$

где $S_т$ – среднее значение канала датчика усилия за опыт, *В.*

д) Средняя мощность:

$$N_{ср} = P_{ср} \cdot \upsilon_{ср}, \text{ кВт.} \quad (104)$$

е) Мгновенное буксование:

$$\sigma_{м} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(1 - K_{бi} \cdot \frac{I_{пс}}{I_{ксi}} \right) \cdot 100 \text{ , \%,} \quad (105)$$

где n – количество ведущих колёс, *шт.;*

$K_{бi}$ – калибровочный коэффициент буксования *i*-го ведущего колеса;

$I_{ксi}$ – количество импульсов, полученных с *i*-го ведущего колеса за одну секунду, *имп.*

Таблица 6

Основные технические данные информационно измерительной системы ИП-238 Виса

Наименование показателей	Единица измерения	Значение
Количество измерительных каналов: аналоговых дискретных (цифровых)	 шт. шт.	 4 8
Количество масштабных ступеней	шт.	2
Пределы измерения аналоговых сигналов: 1-я ступень усиления АЦП 2-я ступень … 3-я ступень …	 В В В	 0 ÷ +10 0 ÷ +5 0 ÷ +2,5
Разрешение: 1-я ступень усиления АЦП 2-я ступень … 3-я ступень …	мВ	 2,44 1,22 0,61
Рабочий диапазон частот измерения дискретных каналов	Гц	1 ÷ 300
Погрешность измерения дискретных сигналов в рабочих диапазонах влияющих величин	ед.	± 1
Диапазон задания длительности опыта	с	1÷900
Шаг задания длительности опыта	с	0,1
Мощность, потребляемая аппаратурой	Вт	Не более 50
Питание аппаратуры	В	12±2
Оперативная память процессора	МБ	16
Длительность работы съемной батареи	мин.	90
Рабочий диапазон температур	^{0}С	0…+50
Масса	кг	Не более 5

ж) Среднее буксование:

$$\sigma_{ср} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(1 - K_{бi} \cdot \frac{I_n}{I_{кi}} \right) \cdot 100 \quad , \%, \qquad (106)$$

где $I_{кi}$ – количество импульсов, полученных с *i*-го ведущего колеса за опыт, *имп.*

з) Средняя частота вращения вала МОМ:

$$n_{МОМср} = I_{МОМ} \cdot K_{МОМ} \cdot \frac{60}{T} \quad , мин^{-1}, \qquad (107)$$

где $I_{МОМ}$ – количество импульсов, полученных с датчика оборотов вала МОМ за опыт, *имп.;*

$K_{МОМ}$ – коэффициент датчика оборотов вала МОМ, $имп^{-1}$.

и) Средняя частота вращения коленчатого вала двигателя:

$$n_{двср} = n_{МОМср} \cdot K_{дв} \quad , мин^{-1}, \qquad (108)$$

где $K_{дв}$ – передаточное число от вала двигателя к валу МОМ.

к) Часовой расход топлива:

$$G = \frac{I_т \cdot K_т \cdot \rho}{T} \cdot 3{,}6 \quad , кг/ч, \qquad (109)$$

где $I_т$ – количество импульсов расходомера топлива, *имп.;*

$K_т$ – калибровочный коэффициент расходомера топлива, $см^3/имп.;$

ρ – удельный вес топлива, $г/см^3;$

T – длительность опыта, *с.*

л) Удельный расход топлива:

$$g = \frac{G}{N_{ср}} \cdot 1000 \quad , г/(кВт \cdot ч). \qquad (110)$$

Для обеспечения взаимосвязи электронных компонентов информационно-измерительной системы между собой, а также для обработки, сохранения и представления информации использовалась компьютерная программа «Испытания». Рабочее окно программы представлено на рисунке 65.

По результатам исследований (рис. 66) отмечено, что тяговое сопротивление рабочих органов комбинированного орудия при увеличении рабочей скорости возрастает нелинейно.

При этом наибольшая часть энергозатрат приходится на работу плоскорежущих рабочих органов – 85,4…85,9%.

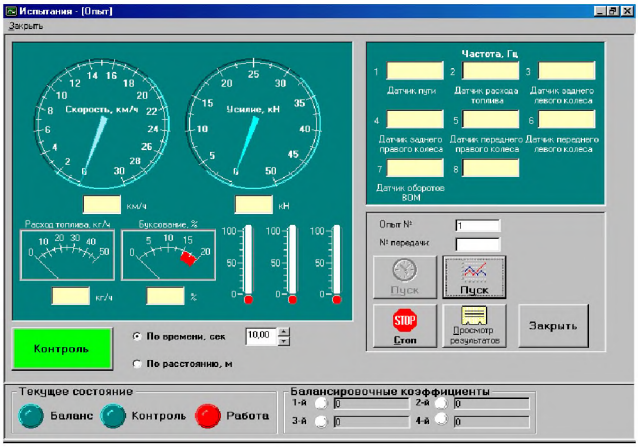


Рис. 65. Рабочее окно программы

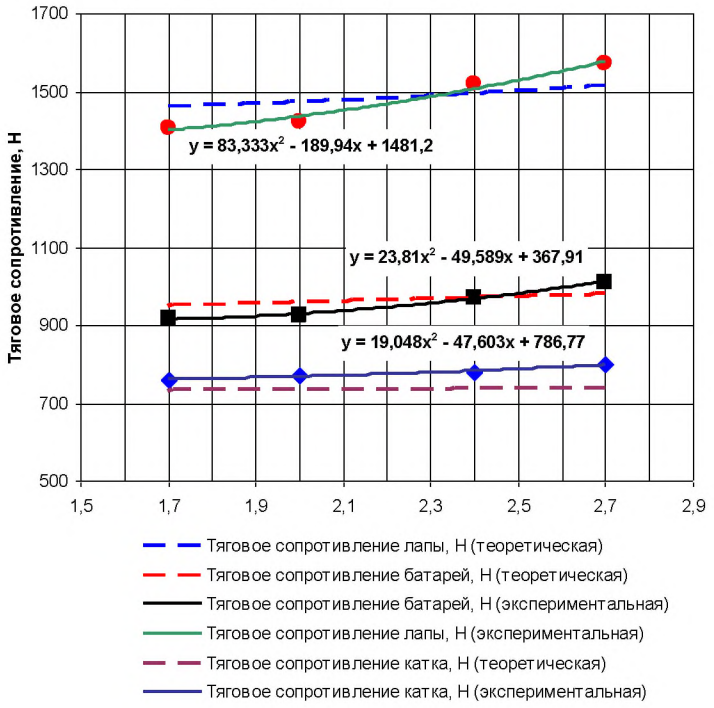


Рис. 66. Зависимость тягового сопротивления рабочих органов комбинированного орудия от скорости движения

На основном диапазоне рабочих скоростей (1,7…2,4 м/с) при работе экспериментального комбинированного орудия на глубину 0,16 м тяговое сопротивление всех семи плоскорежущих лап, с шириной захвата по 0,3 м каждая, составляет 9835…10640 Н (1405…1520 Н на каждую лапу). Тяговое сопротивление 4-х батарей ножевых дисков (по 2 батареи в ряду, ширина ряда 2 м) на данном диапазоне рабочей скорости (глубина обработки 0,065 м, угол атаки батарей 23°) составляет 915…970 Н, а катка с штифтовыми элементами шириной захвата 2 м составляет 760…780 Н при силе давления его на почву 1400 Н. Приведенные экспериментальные данные тягового сопротивления новых рабочих органов комбинированного орудия подтверждают соответствующие теоретические зависимости на 5% уровне значимости.

После обработки почвы ножевыми дисками и плоскорежущими лапами, необходимая величина воздействия на поверхность почвы с целью дополнительного крошения комков почвы, выравнивания поверхности и уплотнения почвы до необходимого уровня катком с штифтовыми элементами зависит от давления его рабочей поверхности на почву, что в свою очередь в значительной мере определяет его тяговое сопротивление. Приведенные экспериментальные данные показывают прямую пропорциональную зависимость тягового сопротивления катка от величины давления его рабочей поверхности на почву (рис. 67).

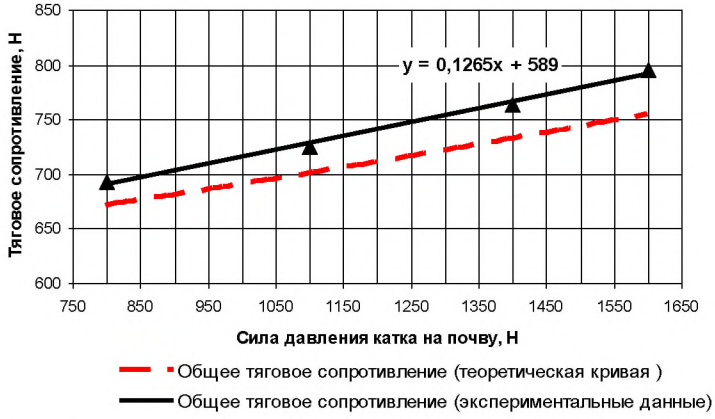


Рис. 67. Зависимость тягового сопротивления катка от силы давления на почву

При изменении силы давления катка на почву от 800 до 1600 Н при скорости движения 2 м/с сопротивление увеличилось от 693 до 795 Н, что согласуется с теоретической зависимостью. При требуемом для создания оптимальной плотности подповерхностного слоя почвы давлении катка на почву 1400 Н его тяговое сопротивление составляет 770 Н.

Общее тяговое сопротивление экспериментального комбинированного орудия (рис. 68) так же, как и его составляющие, имеет нелинейную зависимость от рабочей скорости. При рабочих скоростях движения 1,7…2,4 м/с тяговое сопротивление комбинированного агрегата составляет 11510…12390 Н.

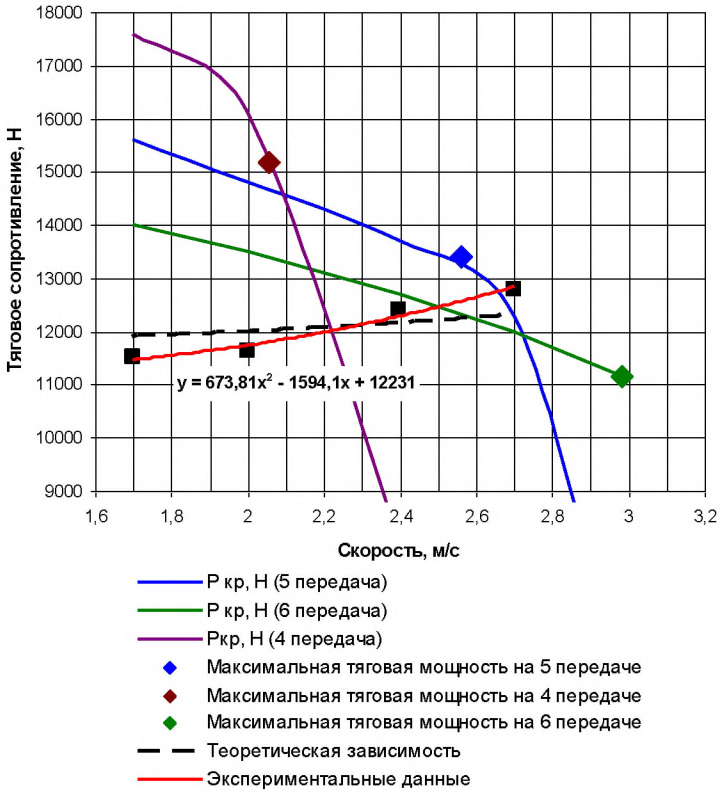


Рис. 68. Зависимости общего тягового сопротивления комбинированного орудия и тягового усилия трактора МТЗ-82 на передачах 4, 5, 6 от скорости движения

При этом работа экспериментального комбинированного орудия возможна на 4 передаче на скоростях до 2,2 м/с, на 5 передаче до 2,67 м/с – на всем диапазоне тягового сопротивления комбинированного агрегата, на 6 передаче до 2,5 м/с – на 95% диапазоне тягового сопротивления комбинированного агрегата.

Сопоставление тяговых характеристик трактора МТЗ-82 на различных передачах [2, 126] с тяговым сопротивлением экспериментального комбинированного орудия позволяет оценить целесообразность работы на выбранной передаче (рис. 68). Тяговые возможности трактора МТЗ-82 позволяют ему работать с экспериментальным комбинированным орудием на 4, 5 и 6 передачах. При этом для передачи 6 точка максимальной тяговой мощности трактора располагается ниже линии тягового сопротивления орудия, что приведет к перегрузке трактора. Наиболее рациональной является работа агрегата на 5 передаче, имеющей точку максимальной тяговой мощности расположенной наиболее близко к линии тягового сопротивления орудия. Однако оптимальной передачей для работы орудия со скоростью, обеспечивающей наилучшее качество работы (2 м/с), является 4 передача, на которой запас тягового усилия трактора составляет 34%.

Исследования качественных показателей работы экспериментального комбинированного орудия

В качестве основных измеряемых показателей, оценивающих качественные показатели работы экспериментального комбинированного орудия с новыми рабочими органами использовались:

- крошение почвы;
- гребнистость поверхности почвы;
- измельчение и заделка стерневых остатков;
- глубина обработки.

Качество крошения почвы экспериментальным комбинированным орудием с новыми рабочими органами определяет размер почвенных агрегатов, непосредственно оказывающих влияние на накопление влаги в почве. Качество крошения почвы определялось методом сухого просеивания по стандартной методике [122, 124].

Для этого использовалось следующее оборудование: рамка размером 0,5×0,5 м, лопата, набор почвенных решет, полиэтиленовые пакеты для сбора фракций почвы, весы ВМ-20 (рис. 69).



Рис. 69. Определение качества крошения почвы

В соответствии с СТО АИСТ 4.2-2004 пробы почвы отбирались в четырех точках опытного участка (две по ходу движения агрегата, две – в обратном направлении) с площадок 0,25 м^2 на глубину обработки 0,16 м [124].

Отобранные пробы весом не менее 2 кг разделялись на фракции, затем каждая фракция взвешивалась с погрешностью не более ±50 г. По результатам взвешивания подсчитывалась массовая доля *i*-й фракции комков *($П_{кi}$)* в процентах по формуле [124]:

$$П_{кi} = \frac{m_i \cdot 100}{m}, \%, \qquad (111)$$

где m_i – масса *i*-й фракции в пробе, *кг;*

m – общая масса пробы, *кг.*

Оценка качества крошения определялась исходя из процентного содержания по весу почвенных агрегатов размером от 1 до 50 мм. При рабочей скорости υ = 2…2,2 м/с обеспечивается качество крошения почвы до 95%.

Гребнистость поверхности поля определялась по результатам измерений высоты гребней. Высота гребней определялась с помощью рейки и линейки. После прохода агрегата по ширине захвата

накладывалась рейка на вершины гребней в 15 местах по диагонали участка [30].

Измерения проводились от дна борозды между гребнями до нижней плоскости рейки. Погрешность измерений не более ±5 мм. Всего измерений не менее 40. По результатам данных, обработанных методами математической статистики, после прохода орудия с катком гребнистость обработанной поверхности составляла ±0,02 м.

Глубина обработки (взрыхленного слоя) определялась путем погружения металлической линейки в почву до необработанного слоя. Для этого на поверхность поля накладывалась рейка длиной 1 м и линейкой измерялась глубина обработанного слоя почвы от необработанного слоя до рейки. На каждом участке производилось 25 измерений через равные расстояния по диагонали участка. Погрешность измерения глубины не более ±5 мм [30, 124].

Данные измерений обрабатывались методами математической статистики с получением среднего значения глубины и среднего квадратического отклонения. Средняя глубина обработки составила 0,16 м.

Важнейшей задачей при осенней мелкой мульчирующей обработке является измельчение стерневых остатков и их заделка в верхний 50 мм слой почвы, что повышает его влагоемкость и снижает испарение влаги. Перед проходом орудия определялось количество стерневых остатков на поверхности. Для этого с участка 0,5×0,5 м срезались и собирались все стерневые остатки, измерялась линейкой их длина, после чего взвешивались с точностью до ±1 г. После обработки определялась глубина, количество и степень измельчения заделанных в почву стерневых остатков (рис. 70 и 71). Дополнительно определялась степень измельчения стерневых остатков на поверхности почвы. Отбор проб производился по диагонали обработанной полосы в 4-х кратной повторности.

Равномерность распределения соломы по ширине орудия и оценка глубины ее заделки определялись по методике, разработанной в Германии Федеральным научно-исследовательским институтом сельского хозяйства (г. Брауншвейг) [10]. Для этого после прохода по всей ширине захвата выполнялся вертикальный срез обработанного слоя. На данный профиль среза в 4-х местах поочередно накладывалась металлическая сетка с размером ячейки 25×25 мм и оценивалось распределение стерневых остатков по поперечному профилю и глубине почвенного разреза.



Рис. 70. Определение распределения и глубины заделки стерневых остатков



Рис. 71. Определение степени измельчения стерневых остатков

Для определения степени измельчения стерневых остатков, находящихся на поверхности поля, проводилось измерение их длины и выполнялось взвешивание каждой размерной фракции.

Определение степени заделки и измельчения стерневых остатков в почве проводилось на участках размером 0,5×0,5 м. Для этого обработанный слой почвы просеивался через почвенные решета, а собранные соломистые частицы измерялись и взвешивались с точностью до ±1 г. Все измерения выполнялись в 4-х кратной повторности.

Учет незаделанных стерневых остатков на каждом опытном участке проводился по диагонали обработки по 4-м учетным площадкам с площадью каждой 0,25 м^2. Незаделанные стерневые остатки срезались, собирались и взвешивались с погрешностью ±1 г. Полученные данные подсчитывались по всем пробам. Массовая доля не заделанных в почву остатков ***a*** вычислялась по формуле [123]:

$$a = \left[(g_1 - g_2)/g_1\right] \cdot 100 \text{, \%,} \qquad (112)$$

где g_1 – масса стерневых остатков до прохода машины, переведенная на учетную площадь ($4 \times S_o$), *г;*

g_2 – масса стерневых остатков после прохода машины, *г;*

S_o – площадь учетной площадки до прохода машины, *м*^{2}.

По полученным данным оценивалась степень заделки стерневых остатков в поверхностный слой при осенней мелкой мульчирующей обработки почвы, которая после прохода орудия с катком составила 66,4%.

3.3. Результаты проведения исследований в хозяйственных условиях

Результаты теоретических и экспериментальных исследований позволили разработать экспериментальное орудие для мелкой осенней мульчирующей обработки почвы, которое использовалось в агрегате с трактором МТЗ-82 с целью проверки его работоспособности и соответствия действительного эффекта влагосбережения ожидаемому. Разработанное орудие для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы (рис. 72) содержит раму с опорно-регулировочными колесами, навесное устройство, батареи ножевых дисков,

установленные в два ряда друг за другом с противоположными углами атаки на передней части рамы, механизмы регулирования глубины обработки и угла атаки ножевых дисков, плоскорежущие лапы, установленные в шахматном порядке на задней части рамы иимеющие рыхлительные элементы лемехов, каток с установленными по его рабочей поверхности штифтовыми элементами и механизмом догружения.

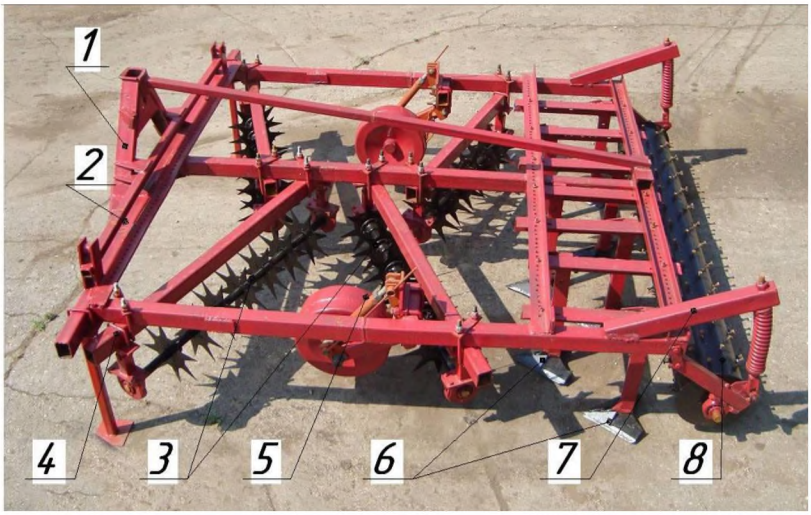


Рис. 72. Комбинированное орудие для осенней мелкой мульчирующей обработки:
1 – навесное устройство; 2 – рама; 3 – батареи ножевых дисков; 4 – механизмы регулировки глубины обработки и угла атаки батарей; 5 – опорно-регулировочные колеса; 6 –плоскорежущие лапы с рыхлительными элементами лемехов; 7 – механизм догружения; 8 – каток с штифтовыми элементами

Батареи ножевых дисков, установленные с противоположными углами атаки, имеют по периферии ножи, заточенные с двух сторон и выполняющие условие устойчивого резания со скольжением. Плоскорежущие лапы содержат стойку и лемеха с рыхлительными элементами, установленными друг за другом, причем рыхлительный элемент, расположенный первым по отношению к стойке, имеет больший угол крошения, чем второй. Рыхлительные элементы выполнены в форме прямоугольных неравносторонних

треугольников, длинные катеты которых заострены и образуют переднюю кромку лемехов, а вершины, образованные гипотенузой и длинным катетом, обращены к стойке. Каток с установленными по его рабочей поверхности штифтовыми элементами имеет возможность регулирования силы давления его рабочей поверхности на почву изменением рабочей длины пружин механизма догружения. Технологический процесс работы комбинированного орудия осуществляется следующим образом.

При движении орудия в агрегате с трактором МТЗ-82 (рис. 73) оно переводится в рабочее положение с помощью гидронавесного устройства трактора.



Рис. 73. Общий вид комбинированного орудия
для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы
в агрегате с трактором МТЗ-82 в процессе работы

При этом наибольшая часть энергозатрат приходится на работу плоскорежущих рабочих органов – 85,4…85,9%.

Каток рабочей поверхностью и штифтовыми элементами дополнительно крошит комки почвы, заделывает в поверхностный слой стерневые остатки с одновременным его уплотнением и выравниванием [91].

Таким образом создается качественно разрыхленный слой с замульчированной поверхностью, который в силу своей увеличенной водопроницаемости и влагоемкости повышает проникновение атмосферных осадков в почву и снижает потери влаги на испарение по сравнению с традиционной технологией обработки.

Основные технические характеристики экспериментального комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки приведены в таблице 7.

Таблица 7

Основные технические характеристики экспериментального комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы

Технические характеристики	Тип / значение
Тип машины	навесная
Агрегатируется	Тракторы класса 1,4
Ширина захвата, м	2,0
Масса, кг	650
Глубина обработки ножевыми дисками, м	До 0,065
Глубина обработки плоскорежущими лапами, м	До 0,16
Гребнистость поверхности почвы, м	До 0,02
Качество крошения почвы, %	не менее 95
Тяговое сопротивление, кН	до 14
Рабочая скорость, м/с	1,8…2,2

Исследования проводились на полях Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова в 2009…2011 году. Экспериментальное орудие агрегатировалось с трактором МТЗ-82. Условия работы и характеристика участка определялась по ГОСТ 20915-75 «Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний» [29].

Опыты проводились в соответствии с требованиями отраслевых стандартов СТО АИСТ 4.2-2004 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей» и СТО АИСТ 10 4.6-2003 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования» [122, 124].

В соответствии с ГОСТ Р 52778-2007 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки» определялись технико-экономические показатели –

производительность за час основного и сменного времени и удельный расход топлива [33]. Для проведения исследований использовались приборы и оборудование ФГБУ «Поволжская МИС».

Программой полевых исследований предусматривалось определение влияния осенней мелкой мульчирующей обработки экспериментальным комбинированным орудием на урожайность ярового ячменя сорта Волгарь. Контролем служила осенняя мелкая плоскорезная обработка серийным орудием КПИР-3,6. Все последующие операции по возделыванию ячменя проводились в соответствии с технологией, принятой в Поволжском НИИ селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова.

Уборка урожая на опытных участках площадью по 1,4 га каждый производилась селекционным комбайном Сампо. Собранное комбайном зерно затаривалось в мешки и взвешивалось на прошедших государственную поверку весах, с погрешностью измерений ±0,1 кг. Полученные результаты использовались в дальнейшем при экономической оценке экспериментального комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы.

Анализ данных урожайности показывает, что применение комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы в сравнении с мелкой плоскорезной обработкой культиватором-плоскозезом игольчато-роторным КПИР-3,6 позволяет получить прибавку урожайности ярового ячменя Волгарь на 5,7% (1,2 ц/га).

По результатам экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы.

Выявлено существенное преимущество безотвальной мульчирующей обработки почвы в накоплении и сбережении почвенной влаги: за девять весенних дней, в период максимального испарения влаги, слой почвы 0…0,30 м с мульчирующей обработкой потерял 15,6 мм общей почвенной влаги, а агрофон с дискованием и без обработки потеряли соответственно 24,5 и 19,8 мм.

Рациональные конструктивные и технологические параметры экспериментальных батарей ножевых дисков (количество ножей на диске $n_{нд}$ = 8 шт., угол атаки ножевых дисков $\beta_{нд}$ = 22…25°, расстояние между дисками в батарее $l_{нд}$ = 0,14 м) обеспечивают качество крошения почвы 83…85%, степень измельчения стерневых остатков 35…37%, степень заделки их в поверхностный 5-сантиметровый слой – 50…52%. При этом тяговое сопротивление

4-х батарей ножевых дисков при глубине рыхления 0,065 м на основной рабочей скорости (2 м/с) составляет 925 Н.

При рациональных конструктивных и технологических параметрах экспериментальной плоскорежущей лапы с рыхлительными элементами лемехов (угол крошения первого рыхлительного элемента лемеха $\beta_1 = 27…32°$, угол крошения второго рыхлительного элемента лемеха $\beta_2 = 20…25°$) и рабочей скорости $\upsilon = 2…2{,}2$ м/с обеспечивается качество крошения почвы до 95%. Тяговое сопротивление одной лапы на основной рабочей скорости $\upsilon = 2$ м/с при глубине рыхления 0,16 м составило 1420 Н.

Рациональные конструктивные и технологические параметры катка с штифтовыми элементами: длина штифта 30 мм; диаметр штифта 17 мм; сила давления катка на почву $G = 1400$ Н; тяговое сопротивление – 770 Н. Общее тяговое сопротивление экспериментального орудия составило 11,6 кН. При данных параметрах обеспечивается требуемое уплотнение 0,04…0,06 м слоя почвы до плотности 1,07…1,08 кг/см^3 для сбережения влаги.

Проведенные полевые исследования экспериментального комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы с обоснованными параметрами рабочих органов обеспечивают качественное рыхление, мульчирование верхнего 0,05 м слоя и выравнивание поверхности поля в соответствии с агротребованиями: качество крошения почвы не менее 95%; гребнистость обработанной поверхности не более ±0,02 м; заделка стерневых остатков в поверхностный слой до 66,4%. К началу весенне-полевых работ средняя твердость почвы в слое 0…0,16 м составляет 0,4 МПа; средняя плотность почвы в слое 0…0,16 м составляет 0,90 г/см^3, что обеспечивает увеличение запасов почвенной влаги на 12,8%.

Прибавка урожайности ярового ячменя Волгарь на участке обработанном экспериментальным орудием составила 1,2 ц/га по сравнению с урожайностью участка, обработанного культиватором-плоскорезом КПИР-3,6.

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ОРУДИЯ ДЛЯ МЕЛКОЙ ОСЕННЕЙ МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Экономическая эффективность применения комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы определяется затратами энергии на рыхление почвы с одновременным мульчированием стерневыми остатками и производительной способностью более влажной почвы, влияющей на урожайность возделываемой культуры.

Расчет технико-экономических показателей комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы проведен по результатам эксплуатационно-технологической оценки в производственных условиях (прил. 4). Экономическая эффективность определялась в сравнении с культиватором-плоскорезом игольчато-роторным для безотвальной мелкой обработки почвы КПИР-3,6 в агрегате с трактором Т-150К, исходя из величин затрат труда и прямых затрат денежных средств на 1 га обрабатываемой площади [34]. Нормативные данные и расценки использовались по данным источников [19, 20, 72, 74, 84, 92, 125, 126].

Сопоставимость исходных и конечных условий производственных испытаний в двух вариантах (существующая и проектируемая технологии) обеспечена тем, что работа в обоих случаях происходила на одном поле в одно и то же время, имела одни и те же сопряженные операции при возделывании ярового ячменя сорта Волгарь. Кроме того, применение комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы не изменило предыдущих и последующих операций технологического процесса возделывания ярового ячменя Волгарь.

Расчет балансовой стоимости экспериментального комбинированного орудия для мелкой осенней мульчирующей обработки почвы

Для определения балансовой цены экспериментального комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы воспользовались методикой определения стоимости изготовления научно-исследовательской разработки, согласно которой балансовая цена разработки определяется по формуле:

$$Ц_н = C_{кд} + C_{од} + C_{пд} + C_{сб.к} + C_{вм} + C_{оп}, \text{ руб.}, \quad (113)$$

где $C_{кд}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, рам, каркасов, *руб.;*

$C_{од}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, *руб.;*

$C_{пд}$ – цена покупных деталей, изделий, узлов или агрегатов, *руб.;*

$C_{сб.к}$ – полная заработная плата с отчислениями на единый социальный налог (20%) и взнос в фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (1,7%) производственных рабочих, занятых на сборке конструкции, *руб.;*

$C_{вм}$ – стоимость вспомогательных материалов (2…4% от затрат на основные), *руб.;*

$C_{оп}$ – общепроизводственные (цеховые) накладные расходы на изготовление или модернизацию конструкции, *руб.*

Затраты на изготовление оригинальных деталей:

$$C_{од} = C_{пр.н} + C_м, \text{ руб.}, \quad (114)$$

где $C_{пр.н}$ – оплата труда (с начислениями) производственных рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей, *руб.;*

$C_м$ – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, *руб.*

Всего оплата труда:

$$C_{пр.н} = C_{осн} + C_{доп} + C_{отп} + C_{есн+ст}, \text{ руб.}, \quad (115)$$

где $C_{осн}$ – основная зарплата производственных рабочих, руб.

$$C_{осн} = t_{ср} \cdot C_t \cdot K_д, \text{ руб.}, \quad (116)$$

где $t_{ср}$ – средняя трудоемкость изготовления корпусных и оригинальных деталей, *чел.-ч;*

C_t – часовая ставка рабочих, исчисляемая по среднему разряду, *руб.;*

$K_д$ – отраслевой коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, $K_д$ = 1,3.

$C_{доп}$ – дополнительная оплата основному работнику за качество и срок, 25% от тарифной ставки, *руб.;*

$C_{отп}$ – резерв на отпуска, 8,43% от суммы тарифной ставки и доплаты, *руб.;*

$C_{есн+ст}$ – единый социальный налог (20%) и взнос в фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (1,7%) от суммы тарифной ставки, доплат, резерв на отпуска.

Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей:

$$C_{мз} = C_з \cdot Q_з \text{, руб.,} \quad (117)$$

где $C_з$ – цена килограмма заготовки, *руб.;*

$Q_з$ – масса заготовки, *кг.*

Цена покупных деталей, изделий, агрегатов $C_{пд}$ берется по рыночным ценам, действующим в данный момент.

Стоимость вспомогательных материалов определится зависимостью:

$$C_{вм} = \frac{4 \cdot \left(Q \cdot C_{кд} + C_{пд}\right)}{100} \text{, руб.} \quad (118)$$

Основную заработную плату производственных рабочих, занятых на сборке конструкции, рассчитывают по формуле:

$$C_{оснсб} = T_{сб} \cdot C_t \cdot K_д \text{, руб.,} \quad (119)$$

где $T_{сб}$ – нормативная трудоемкость сборки конструкции, *чел.-ч.*

Трудоемкость сборки находят по выражению:

$$T_{сб} = K_c \cdot E_{tсб} \text{, руб.,} \quad (120)$$

где K_c – коэффициент, учитывающий соотношение между полным и оперативным временем сборки, равный 1,08;

$E_{tсб}$ – суммарная трудоемкость сборки составных частей конструкции, *чел.-ч.*

Дополнительная заработная плата и начисления на нее рассчитываются по вышеизложенной методике.

Общепроизводственные (цеховые) накладные расходы на изготовление или модернизацию конструкции:

$$C_{оп} = \frac{C'_{пр} \cdot R_{оп}}{100}, руб., \quad (121)$$

где $C'_{пр}$ – фонд оплаты труда производственных рабочих, участвующих в изготовлении или модернизации, *руб.;*

$$C'_{пр} = C_{пр.н} + C_{сб}, руб., \quad (122)$$

$R_{оп}$ – процент общепроизводственных расходов ($R_{оп}$=25%).

Данные необходимые для расчета балансовой цены экспериментальной машины приведены в таблице 8.

Таблица 8

Данные для расчета балансовой цены экспериментального комбинированного орудия для мелкой мульчирующей обработки почвы

Показатели	Значение
Трудоемкость изготовления оригинальных деталей, чел.-ч	220
Трудоемкость операций по сборке конструкции, чел.-ч	16
Стоимость покупаемых деталей и узлов, руб.	38000
Часовая тарифная ставка рабочего, занятого на изготовлении и сборке конструкции, руб.	46,75

Балансовая цена разработки согласно формуле (113) составит:

$$Ц_н = 38500 + 66000 + 38000 + 1500 + 3500 + 5000 = 152500 руб.$$

Прямые эксплуатационные затраты

В основу экономических расчетов положены технико-экономические характеристики культиватора-плоскореза игольчато-роторного для безотвальной мелкой обработки почвы КПИР-3,6 в агрегате с трактором Т-150К и экспериментального комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы КОМО-2,0 в агрегате с трактором МТЗ-82 (табл. 9).

Оценку экономической эффективности предлагаемой машины проводили по следующим основным показателям [20]:

- экономия эксплуатационных издержек на единицу выполненной работы или полученной продукции и снижение ее себестоимости;

- размеры дополнительных капиталовложений на внедрение средств механизации и срок их окупаемости.

Таблица 9

Технико-экономические характеристики КПИР-3,6 и экспериментального комбинированного орудия КОМО-2,0 для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы

Технико-экономические показатели	Числовые значения показателей	
	КПИР-3,6	КОМО-2,0
Рабочая ширина захвата, м	3,5	1,9
Глубина обработки, м	0,161	0,159
Рабочая скорость, км/ч	7,0	6,7
Годовая фактическая загрузка, ч	180	180
Производительность за 1 ч, га: - основного времени - сменного времени	 2,45 1,84	 1,27 0,95
Удельный расход топлива за время сменной работы, кг/га	9,3	8,6
Балансовая стоимость машины, руб.	361700	152500
Срок службы, лет	8	8
Годовая норма амортизационных отчислений, %	12,5	12,5
Годовая норма отчислений на ремонт и ТО, %	11,0	11,0

Перечисленные показатели вычислялись по общепринятой методике [20].

Прямые эксплуатационные затраты, приходящиеся на единицу работы, определяют по формуле:

$$З_э = З_п + З_а + З_р + З_т + З_м, \text{ руб./га}, \quad (123)$$

где $З_п$ – оплата труда рабочих, обслуживающих агрегат, *руб./га;*

$З_а$ – амортизационные отчисления, *руб./га;*

$З_р$ – отчисления на ремонт и техническое обслуживание, *руб./га;*

$З_т$ – стоимость топлива, *руб./га;*

$З_м$ – стоимость вспомогательных материалов, *руб./га.*

Оплата труда рабочих, обслуживающих агрегат, производится по тарифным ставкам с учетом доплат:

$$З_п = З_{п1} + З_{п2}, \text{ руб./га}, \quad (124)$$

где $З_{п1}$ – оплата труда основных рабочих, *руб./га;*

$З_{п2}$ – оплата труда подсобных рабочих, *руб./га.*

$$З_{п1} = \frac{N_1 \cdot \left(C_{тар1} + C_{доп} + C_{отп} + C_{есн+ст}\right)}{W_{час}}, \text{ руб./га,} \quad (125)$$

где N_1 – количество основных работников, *чел.;*

$C_{тар1}$ – часовая тарифная ставка основного рабочего с учетом отраслевого коэффициента, *руб.;*

$C_{доп}$ – дополнительная оплата основному работнику за качество и срок, 25% от тарифной ставки (берется из положения по оплате труда), *руб.;*

$$C_{доп} = 0{,}25 \cdot C_{тар1}, \text{ руб.,} \quad (126)$$

$C_{отп}$ – резерв на отпуска, 8,43% от суммы тарифной ставки и доплаты, *руб.;*

$$C_{отп} = \frac{8{,}43 \cdot (C_{тар1} + C_{доп})}{100}, \text{ руб.,} \quad (127)$$

$E_{есн+ст}$ – единый социальный налог (20%) и взнос в фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (1,7%) 21,7% от суммы тарифной ставки, доплат, резерв на отпуска (при уплате ЕСХН ЕСН составляет 10,3%), *руб.;*

$$C_{есн+ст.} = \frac{21{,}7 \cdot (C_{тар1} + C_{доп} + C_{отп})}{100}, \text{ руб.,} \quad (128)$$

$W_{час}$ – производительность агрегата за час сменного времени, *га/ч.*

Оплата труда подсобных рабочих:

$$З_{п2} = \frac{N_2 \cdot \left(C_{тар2} + C_{доп} + C_{отп} + C_{есн+ст}\right)}{W_{час}}, \text{ руб./га,} \quad (129)$$

где N_2 – количество подсобных рабочих, *чел.;*

$C_{тар2}$ – часовая тарифная ставка подсобных рабочих с учетом отраслевого коэффициента, *руб.;*

$С_{доп}$, $С_{отп}$, $С_{есн+ст}$ – рассчитываются аналогично, как и для основных работников.

Амортизационные отчисления:

$$З_а = \frac{Б_{тр} \cdot А_{тр}}{100 \cdot Д_{сез.тр} \cdot W_{час}} + \frac{Б_м \cdot А_м}{100 \cdot Д_{сез.м} \cdot W_{час}}, \text{руб./га}, \quad (130)$$

где $Б_{тр}$, $Б_м$ – балансовая стоимость трактора, машины, *руб.;*

$А_{тр}$, $А_м$ – норма амортизационных отчислений от балансовой стоимости трактора, машины, *%;*

$Д_{сез.тр}$, $Д_{сез.м}$ – время работы трактора, машины за сезон (сезонную загрузку принимаем в размере установленного норматива для региона), *ч;*

$W_{час}$ – производительность агрегата за час сменного времени, *га/ч.*

Отчисления на ремонт и техническое обслуживание определяются по формуле:

$$З_Р = \frac{Б_{тр} \cdot Р_{тр}}{100 \cdot Д_{сез} \cdot W_{час}} + \frac{Б_м \cdot Р_м}{100 \cdot Д_{сез} \cdot W_{час}}, \text{руб./га}, \quad (131)$$

где $Б_{тр}$, $Б_м$ – балансовые стоимости трактора и машины, *руб.;*

$Р_{тр}$, $Р_м$ – норма отчисления от балансовой стоимости трактора, машины на ремонт и техническое обслуживание, *%;*

$Д_{сез.тр}$, $Д_{сез.м}$ – время работы трактора, машины за сезон, *ч;*

$W_{час}$ – производительность агрегата за час сменного времени, *га/ч.*

Стоимость топлива исчисляется по формуле:

$$З_т = Н_т \cdot Ц_т, \text{руб./га}, \quad (132)$$

где $Н_т$ – удельный расход топлива на 1 га, *кг;*

$Ц_т$ – комплексная цена топлива за 1 кг, *руб.*

Стоимость вспомогательных материалов определяется по формуле:

$$З_м = Н_м \cdot Ц_м, \text{руб./га}, \quad (133)$$

где $Н_м$ – удельный расход материалов на 1 га, *кг, м, шт.;*

$Ц_м$ – цена единицы расходуемого материала, *руб.*

Все перечисленные составляющие и показатели эксплуатационных расходов в рублях на единицу продукции приведены в таблице 10.

Таблица 10

Показатели эксплуатационных затрат

Элементы затрат	Т-150К+ КПИР-3,6	МТЗ-82+ КОМО-2,0
Фонд оплаты труда, руб./га	39	76
Амортизационные отчисления, руб./га	251	194
Затраты на ТО и ремонт, руб./га	272	174
Затраты на топливо, руб./га	214	198
Прямые эксплуатационные затраты, руб./га	776	642

Годовой экономический эффект от внедрения комбинированного орудия для мелкой осенней мульчирующей обработки почвы

Годовой экономический эффект от внедрения комбинированного орудия для мелкой осенней обработки почвы вычисляется по формуле:

$$Г_{эф} = (ПЗ_{уд.с} - ПЗ_{уд.н}) \cdot Q_н + Д \text{, руб.,} \qquad (134)$$

где $Q_н$ – объем работ при проектируемом варианте, *га;*

$Д$ – денежная оценка дополнительно полученной продукции, *руб.*

В свою очередь денежная оценка $Д$:

$$Д = \Delta H_у \cdot Ц \cdot Q_н \text{, руб.,} \qquad (135)$$

где $\Delta H_у$ – дополнительная урожайность возделываемой культуры, *т/га;*

$Ц$ – цена 1 т продукции, *руб.*

Удельные приведенные затраты $ПЗ_{уд.с(н)}$ определяются из выражения:

$$ПЗ_{уд.с(н)} = И_{уд.с(н)} + E_н \cdot К_{уд.с(н)} \text{, руб./га,} \qquad (136)$$

где $И_{уд.с(н)}$ – удельные эксплуатационные затраты при существующей и новой технологии, *руб./га;*

$E_н$ – норматив приведения разновременных затрат и результатов, равен 0,1;

$K_{уд.с(н)}$ – удельные капитальные вложения при существующей и новой технологии, *руб./га.*

Удельные капитальные вложения $K_{уд.с(н)}$ определяются по формуле:

$$K_{уд.с(н)} = \frac{Б}{W_{час} \cdot T_г}, \text{ руб./га}, \quad (137)$$

где $Б$ – балансовая стоимость машины, *руб.;*

$T_г$ – годовая наработка машины, *ч.*

Результаты расчета экономической эффективности применения экспериментального комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы представлены в таблице 11.

Таблица 11

Результаты расчета экономической эффективности применения экспериментального комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы

Показатели	Т-150К+ КПИР-3,6	МТЗ-82+ КОМО-2,0
Объем работ в проектируемом варианте при фактической годовой загрузке 180 ч, га	331	171
Прибавка урожайности, ц/га	-	1,2
Стоимость дополнительной продукции, руб./га	-	540
Экономия эксплуатационных затрат, руб./га	-	134
Годовой экономический эффект, руб.	-	118648
Основные капитальные вложения, руб.	361700	152500

Экономические расчеты подтверждают, что применение экспериментального комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы экономически целесообразно. Снижение эксплуатационных затрат при проведении осенней обработки на 17,2% (134 руб./га) обеспечивается за счет снижения затрат на амортизацию, ремонт и техническое обслуживание агрегата, а также за счет экономии ТСМ. Прибавка урожайности ярового ячменя Волгарь на 5,7% (1,2 ц/га) получена за счет дополнительно накопленной почвенной влаги. Годовой экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат и повышения количества продукции составил 118648 руб. или 694 руб./га.

Заключение

Исследованиями установлено, что лучшие условия накопления и сбережения почвенной влаги обеспечиваются при мелкой мульчирующей обработке с качеством крошения обрабатываемого слоя почвы 85-95% и равномерным распределением измельченных стерневых остатков в поверхностном слое почвы.

Предложен технологический процесс мелкой мульчирующей (влагосберегающей) обработки почвы с целью повышения накопления и сбережения осенне-зимней влаги. Для его осуществления разработано и запатентовано комбинированное орудие с рабочими органами, выполняющими рыхление поверхностного слоя почвы, измельчение стерневых остатков, их равномерное перемешивание, а также разрыхление ниже расположенного слоя и последующее поверхностное выравнивание с подповерхностным уплотнением.

Теоретически обоснована зависимость интенсивности испарения почвенной влаги от физических параметров, характеризующих состояние замульчированной почвы, получены теоретические зависимости для определения тягового сопротивления рабочих органов, входящих в состав комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы (батарей ножевых дисков, плоскорежущих лап с рыхлительными элементами лемехов и катка с штифтовыми элементами).

Рациональными конструктивными и технологическими параметрами батарей ножевых дисков являются количество ножей на диске $n_{нд} = 8шт.$, расстояние между дисками в батарее $l_{нд} = 0,14$ *м* и угол атаки батарей $\beta_{нд}=22...25^{o}$. Рациональными параметрами плоскорежущих лап с рыхлительными элементами лемехов являются угол крошения первого рыхлительного элемента лемеха $\beta_1 = 27...32°$, угол крошения второго рыхлительного элемента лемеха $\beta_2 = 20...25°$при рабочей скорости $\upsilon = 2...2,2$ *м/с*. Рациональные параметры катка: длина штифта $l_ш = 30$ *мм*, сила давления катка на почву $G_к = 1400$ Н. При данных параметрах общее тяговое сопротивление орудия при работе на обыкновенном среднесуглинистом черноземе составляет до 12,4 кН.

Полевые исследования экспериментального комбинированного орудия показали, что качество крошения слоя почвы 0…0,16 м составляет до 95%; заделка измельченных стерневых остатков

в поверхностный слой 0…0,06 м до 66,4%; гребнистость поверхности не более ±0,02 м; плотность слоя почвы 0,04…0,06 м, уплотняемого штифтовым катком – 1,07…1,08 г/см^3.

Применение предлагаемого комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей (влагосберегающей) обработки почвы в сравнении с мелкой плоскорезной обработкой орудием КПИР-3,6 позволило снизить эксплуатационные затраты при проведении осенней обработки на 17,2% и увеличить запасы продуктивной влаги на 12,8% (16,8 мм), что обеспечило прибавку урожайности ярового ячменя Волгарь на 5,7% (1,2 ц/га). Годовой экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат и повышения количества продукции составил 118648 руб. или 694 руб./га.

Приложения

Приложение 1

Комбинированное почвообрабатывающее орудие



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2421961

КОМБИНИРОВАННОЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ОРУДИЕ

Патентообладатель(ли): *Федеральное Государственное образовательное учреждение Высшего профессионального образования Самарская государственная сельскохозяйственная академия (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № **2010106871**

Приоритет изобретения **24 февраля 2010 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации ***27 июня 2011 г.***

Срок действия патента истекает **24 февраля 2030 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 421 961** (13) **C1**

(51) МПК
A01B 49/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2010106871/21, 24.02.2010**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.02.2010

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **24.02.2010**

(45) Опубликовано: **27.06.2011** Бюл. № **18**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2222127 C1, 27.01.2004. RU 2320108 C1, 27.03.2008. RU 2259698 C1, 10.09.2005. SU 1192653 A, 23.11.1985. RU 2129351 C1, 27.04.1999. DE 10147595 A1, 10.04.2003.**

Адрес для переписки:
446442, Самарская обл., Кинельский р-н, п. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, Самарская государственная сельскохозяйственная академия, Ю.А. Савельеву

(72) Автор(ы):
Савельев Юрий Александрович (RU),
Милюткин Владимир Александрович (RU),
Добрынин Юрий Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное Государственное образовательное учреждение Высшего профессионального образования Самарская государственная сельскохозяйственная академия (RU)

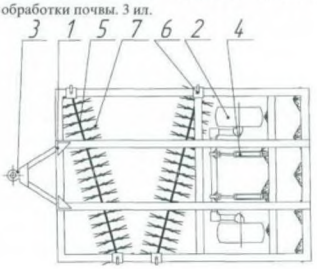
RU 2421961 C1

RU 2421961 C1

(54) КОМБИНИРОВАННОЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ОРУДИЕ

(57) Реферат:

Орудие содержит раму с опорными колесами, батареи дисков и плоскорежущие лапы. Батареи дисков смонтированы на передней части рамы под острым углом атаки в два ряда. Плоскорежущие лапы установлены в шахматном порядке на задней части рамы. На дисках установлены радиальные остроконечные обоюдоострые ножи, расположенные в плоскости диска и отогнутые под острым углом поочередно в разные стороны. Плоскорежущие лапы содержат стойку и расположенные с обеих сторон ее нижней части два лемеха. Лемеха выполнены двухступенчатыми и включают установленные друг за другом два плоских клина. Первый клин лемеха установлен под большим углом к горизонтальной плоскости, чем второй. Клинья выполнены в форме прямоугольных треугольников, длинные катеты которых заострены и образуют переднюю кромку лемеха. Вершины клиньев, образованные гипотенузой и длинным катетом, обращены к стойке. Верхние кромки лемехов лежат на одном уровне с острыми концами ножей батарей дисков. Такое конструктивное выполнение позволит повысить качество обработки почвы. 3 ил.



Фиг.2

Стр.: 1

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и может быть использовано для обработки почвы.

Известно комбинированное почвообрабатывающее орудие, содержащее опорные колеса, батареи сферических и игольчатых дисков, плоскорежущие лапы. Орудие содержит передний и задний модули, каждый из которых имеет шарнирную трехсекционную раму. На раме первого модуля смонтированы попарно установленные в продольном направлении батареи сферических дисков и установленные за ними в три ряда в шахматном порядке плоскорежущие лапы. Минимальное расстояние между батареей сферических дисков и плоскорежущим рабочим органом определяется по уравнению:

$$L_{min} \geq \frac{2V_м^2}{g \cdot f_п \cdot \cos\alpha}\left[\sin^4\frac{\alpha}{2} + \sin^2\frac{\alpha}{2} + \frac{a - a_1}{tg\varphi \cdot \cos\alpha}\right],$$

где $V_м$ - скорость движения агрегата;

g=9,81 м/с^2;

$f_п$ - коэффициент трения почвы;

α - угол атаки дисков батареи;

φ - угол сдвига почвы;

a_1 - глубина хода дисковой батареи;

a - глубина хода плоскорежущих лап.

Батареи игольчатых дисков установлены попарно на заднем модуле, а соединение рам модулей выполнено в виде регулируемого по высоте шарового шарнира. Задний модуль снабжен регулируемыми по высоте опорными колесами, размещенными между батареями дисков [1].

Недостатками известного орудия являются недостаточное качество крошения обрабатываемого слоя почвы сферическими дисками и плоскими плоскорежущими лапами.

Цель изобретения - повышение качества обработки почвы.

Поставленная цель достигается тем, что на дисках устанавливают радиальные остроконечные обоюдоострые ножи, расположенные в плоскости диска и отогнутые под острым углом поочередно в разные стороны. Плоскорежущие лапы содержат стойку и расположенные с обеих сторон ее нижней части два лемеха. Лемеха выполняют двухступенчатыми, включающими установленные друг за другом плоские клинья, первый из которых устанавливают под большим углом к горизонтальной плоскости, чем второй. Клинья выполняют в форме прямоугольных неравносторонних треугольников, длинные катеты которых заострены и образуют переднюю кромку лемеха, а вершины, образованные гипотенузой и длинным катетом, обращают к стойке, причем верхние кромки лемехов лежат на одном уровне с острыми концами ножей батарей дисков.

На фиг.1 изображен общий вид комбинированного почвообрабатывающего орудия, на фиг.2 - то же, вид сверху, на фиг.3 - плоскорежущая лапа.

Комбинированное почвообрабатывающее орудие содержит раму 1 с опорными колесами 2, прицепное устройство 3, гидроцилиндры 4, батареи дисков 5, смонтированные на передней части рамы 1 под острым углом атаки в два ряда, механизмы 6 регулирования глубины обработки и угла атаки дисков 5 и плоскорежущие лапы, установленные в шахматном порядке на задней части рамы 1. На дисках 5 установлены радиальные остроконечные обоюдоострые ножи 7, расположенные в плоскости диска 5 и отогнутые под острым углом поочередно в разные стороны.

Плоскорежущие лапы содержат стойку 8 и расположенные с обеих сторон ее нижней части два лемеха 9 и 10. Лемеха 9 и 10 выполнены двухступенчатыми, включающими установленные друг за другом плоские клинья. Расположенный первым по отношению к стойке 8 плоский клин установлен под большим углом к горизонтальной плоскости (β_1), чем второй. Плоские клинья выполнены в форме прямоугольных неравносторонних треугольников, длинные катеты которых заострены и образуют переднюю кромку лемехов 9 и 10, а вершины, образованные гипотенузой и длинным катетом, обращены к стойке 8. Верхние кромки лемехов 9 и 10 лежат на одном уровне с острыми концами ножей 6 батарей дисков 5.

Комбинированное почвообрабатывающее орудие работает следующим образом.

Переводят орудие в рабочее положение с помощью гидроцилиндров 4. Предварительно, используя механизмы 6 регулирования глубины обработки и угла атаки дисков, в зависимости от вида и свойств почвы регулируют угол атаки дисков 5 и глубину обработки почвы.

При проходе орудия по полю батареи дисков 5, смонтированные на передней части рамы 1, измельчают, перемешивают и заделывают в почву стерню, а также рыхлят верхний слой почвы. Плоскорежущие лапы, установленные за батареями ножевых дисков, подрезают пласт почвы и эффективно крошат его.

Качество крошения почвы батареями дисков повышается вследствие обоюдоострости ножей, которые рыхлят почву одной кромкой на входе в нее и другой кромкой - при выходе из нее. Отогнутость ножей в паре обеспечивает лучший захват и разрезание почвенных агрегатов косым клиновым воздействием, боковое же расположение ножевого диска при движении агрегата исключает набивание растительных остатков между ножами.

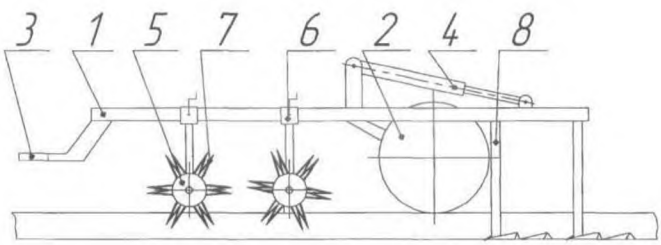
Качество крошения почвы плоскорежущими лапами повышается благодаря клиновидной ступенчатой форме лемехов и разным углам крошения ступеней, причем расположение верхних кромок лемехов на одном уровне с острыми концами ножей батарей дисков обеспечивает улучшение качества обработки на всю заданную глубину работы орудия.

Источник информации

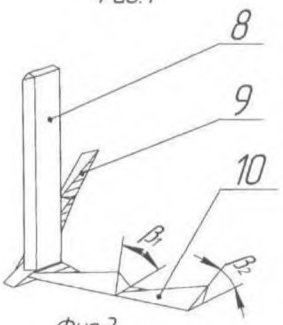
1. Комбинированное почвообрабатывающее орудие. Патент RU №2259698. Опубл. 10.09.2005, Бюл. №25.

Формула изобретения

Комбинированное почвообрабатывающее орудие, содержащее раму с опорными колесами, батареи дисков, смонтированных на передней части рамы под острым углом атаки в два ряда, и плоскорежущие лапы, установленные в шахматном порядке на задней части рамы, отличающееся тем, что на дисках установлены радиальные остроконечные обоюдоострые ножи, расположенные в плоскости диска и отогнутые под острым углом поочередно в разные стороны, плоскорежущие лапы содержат стойку и расположенные с обеих сторон ее нижней части два лемеха, при этом лемеха выполнены двухступенчатыми, включающими установленные друг за другом два плоских клина, первый из которых установлен под большим углом к горизонтальной плоскости, чем второй, причем клинья выполнены в форме прямоугольных неравносторонних треугольников, длинные катеты которых заострены и образуют переднюю кромку лемеха, а вершины, образованные гипотенузой и длинным катетом, обращены к стойке, причем верхние кромки лемехов лежат на одном уровне с острыми концами ножей батарей дисков.



Фиг.1



Фиг.3

Оптимизация геометрических и технологических параметров ножевых дисков

Симметричный квази - *D* - оптимальный план Песочинского для трёх факторов

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2
1	+	0	+	+	0	0	+	0	+	+
2	+	0	-	+	0	0	-	0	+	+
3	+	0	+	-	0	0	-	0	+	+
4	+	0	-	-	0	0	+	0	+	+
5	+	+	0	+	0	+	0	+	0	+
6	+	-	0	+	0	-	0	+	0	+
7	+	+	0	-	0	-	0	+	0	+
8	+	-	0	-	0	+	0	+	0	+
9	+	+	+	0	+	0	0	+	+	0
10	+	-	+	0	-	0	0	+	+	0
11	+	+	-	0	-	0	0	+	+	0
12	+	-	-	0	+	0	0	+	+	0
13	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Уровни и интервалы варьирования факторов при регрессионном анализе

Уровни варьирования факторов	Факторы			Факторы в кодированном виде		
	$n_{нд}$	$\beta_{нд}$	$l_{нд}$	x_1	x_2	x_3
Верхний	10	30	0,18	1	1	1
Нижний	6	10	0,12	-1	-1	-1
Основной	8	20	0,15	0	0	0
Интервал варьирования	2	10	0,03	1	1	1

Степень крошения, % Дисперсия

№	*У1*	*У2*	*У3*	$\overline{Y}$	*S2*	*S*
1	73,3	74,2	73,5	73,7	0,22	0,47
2	63,7	64,4	63,7	63,9	0,16	0,40
3	78,3	77,8	78,2	78,1	0,07	0,26
4	68,2	68	67,7	68,0	0,06	0,25
5	79,6	80,1	80	79,9	0,07	0,26
6	74,9	75,8	75,5	75,4	0,21	0,46
7	83,9	84,2	84,7	84,3	0,16	0,40
8	79,2	79,4	80,1	79,6	0,22	0,47
9	79,7	80,3	80,5	80,2	0,17	0,42
10	75,2	75,6	74,9	75,2	0,12	0,35
11	69,7	70,1	69,3	69,7	0,16	0,40
12	65,3	65,1	64,9	65,1	0,04	0,20
13	84,1	84,5	84,3	84,3	0,04	0,20
Сумма				977,30	1,72	4,56
Средняя дисперсия опыта					0,13	0,36
Максимальное значение дисперсии					0,223	
Критерий Кохрена расчётный Gрасч.						0,130
Критерий Кохрена табличный Gтабл, f=2; N=13						0,373

Вспомогательные константы при 3 факторах

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
1	0,5	0,125	0,25	0,25	0,188	1	0,354	0,5	0,661

Коэффициенты регрессии

b0	b1	b2	b3	b12	b13	b23	b11	b22	b33
84,300	2,342	5,058	-2,125	0,083	-0,050	-0,100	-1,442	-10,308	-3,075

Дисперсии, среднеквадратические ошибки и ковариации определения коэффициентов регрессии

$S^2_{b_0}$	S_{b_0}	$S^2_{b_i}$	S_{b_i}	$S^2_{b_{ij}}$	$S_{b_{ij}}$	$S^2_{b_{ii}}$	$S_{b_{ii}}$	$\mathrm{cov}_{b_0 b_{ii}}$	$\mathrm{cov}_{b_{ii} b_{jj}}$
0,133	0,3641	0,017	0,129	0,033	0,182	0,058	0,241	-0,066	0,025

Доверительные интервалы при f1=N(n-1)=26

$t_{0,05;26}$	Δ_{b_0}	Δ_{b_i}	$\Delta_{b_{ij}}$	$\Delta_{b_{ii}}$
2,06	0,75	0,27	0,38	0,20

Значимые коэффициенты регрессии

b0	b1	b2	b3	b12	b13	b23	b11	b22	b33
84,300	2,342	5,058	-2,125	ЛОЖЬ	ЛОЖЬ	ЛОЖЬ	-1,442	-10,308	-3,075

Уравнение регрессии в раскодированном виде

$$K = -65,738 + 954,17 l_{нд} + 6,939\, n_{нд} + 4,629\, \beta_{нд} - 34,167 \cdot 10^{2} l^2_{нд} -$$
$$- 36,05 \cdot 10^{-2} n^2_{нд} - 103,08 \cdot 10^{-3} \beta^2_{нд}$$

Расчёт критерия Фишера Fрасч

№	$n_{нд}$	$\beta_{нд}$	$l_{нд}$	Yрасч	$\overline{Y}$	$(Y_{расч} - \overline{Y})^2$
1	8	30	0,18	73,850	73,7	0,03
2	8	10	0,18	63,733	63,9	0,04
3	8	30	0,12	78,100	78,1	0,00
4	8	10	0,12	67,983	68,0	0,00
5	10	20	0,18	80,000	79,9	0,01
6	6	20	0,18	75,317	75,4	0,01
7	10	20	0,12	84,250	84,3	0,00
8	6	20	0,12	79,567	79,6	0,00
9	10	30	0,15	79,950	80,2	0,05
10	6	30	0,15	75,267	75,2	0,00
11	10	10	0,15	69,833	69,7	0,02
12	6	10	0,15	65,150	65,1	0,00
13	8	20	0,15	84,300	84,3	0,00
$SS_{нескл}$						0,48
$S^2_{неад}$ при f=N-k=10						0,05
Fрасч						9,36

Оптимизация геометрических и технологических параметров плоскорежущих лап

Симметричный квази - *D* - оптимальный план Песочинского для трёх факторов

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2
1	+	0	+	+	0	0	+	0	+	+
2	+	0	-	+	0	0	-	0	+	+
3	+	0	+	-	0	0	-	0	+	+
4	+	0	-	-	0	0	+	0	+	+
5	+	+	0	+	0	+	0	+	0	+
6	+	-	0	+	0	-	0	+	0	+
7	+	+	0	-	0	-	0	+	0	+
8	+	-	0	-	0	+	0	+	0	+
9	+	+	+	0	+	0	0	+	+	0
10	+	-	+	0	-	0	0	+	+	0
11	+	+	-	0	-	0	0	+	+	0
12	+	-	-	0	+	0	0	+	+	0
13	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Уровни и интервалы варьирования факторов при регрессионном анализе

Уровни варьирования факторов	Факторы			Факторы в кодированном виде		
	β1	β2	D	x_1	x_2	x_3
Верхний	35	30	2,5	1	1	1
Нижний	15	10	1,5	-1	-1	-1
Основной	25	20	2	0	0	0
Интервал варьирования	10	10	0,5	1	1	1

	Степень крошения, %				Дисперсия	
№	*Y1*	*Y2*	*Y3*	$\overline{Y}$	*S2*	*S*
1	93	92,7	91,8	92,5	0,39	0,62
2	88,7	89,4	89,7	89,3	0,26	0,51
3	88,8	88,3	88	88,4	0,16	0,40
4	84,2	85	84,7	84,6	0,16	0,40
5	92,6	93,8	93	93,1	0,37	0,61
6	86,9	87,1	87,5	87,2	0,09	0,31
7	88,8	89,7	90,3	89,6	0,57	0,75
8	83	83,4	82,1	82,8	0,44	0,67
9	92,2	93	91,8	92,3	0,37	0,61
10	86,1	86,7	87,2	86,7	0,30	0,55
11	91,7	90,4	89	90,4	1,82	1,35
12	84,8	84,6	85,8	85,1	0,41	0,64
13	94,1	94,5	94,3	94,3	0,04	0,20
Сумма				1156,23	5,41	7,64
Средняя дисперсия опыта					0,42	0,65
Максимальное значение дисперсии					1,823	
Критерий Кохрена расчётный Gрасч.						0,337
Критерий Кохрена табличный Gтабл, f=2; N=13						0,373

Вспомогательные константы при 3 факторах

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
1	0,5	0,125	0,25	0,25	0,188	1	0,354	0,5	0,661

Коэффициенты регрессии

b0	b1	b2	b3	b12	b13	b23	b11	b22	b33
94,300	2,963	1,317	2,079	0,092	-0,200	-0,125	-3,100	-2,592	-3,017

Дисперсии, среднеквадратические ошибки и ковариации определения коэффициентов регрессии

$S^2_{b_0}$	S_{b_0}	$S^2_{b_i}$	S_{b_i}	$S^2_{b_{ij}}$	$S_{b_{ij}}$	$S^2_{b_{ii}}$	$S_{b_{ii}}$	$\mathrm{cov}_{b_0 b_{ii}}$	$\mathrm{cov}_{b_{ii} b_{jj}}$
0,416	0,6453	0,052	0,228	0,104	0,323	0,182	0,427	-0,208	0,078

Доверительные интервалы при f1=N(n-1)=26

$t_{табл;\alpha}$	Δ_{b_0}	Δ_{b_i}	$\Delta_{b_{ij}}$	$\Delta_{b_{ii}}$
2,06	1,33	0,47	0,66	0,20

Значимые коэффициенты регрессии

b0	b1	b2	b3	b12	b13	b23	b11	b22	b33
94,300	2,963	1,317	2,079	ЛОЖЬ	ЛОЖЬ	ЛОЖЬ	-3,100	-2,592	-3,017

Уравнение регрессии в раскодированном виде

$$K = 52,43\upsilon + 1,8463\,\beta_1 + 1,1685\,\beta_2 - 12,068\,\upsilon^2 - 0,031\,\beta_1^2 - 2,592\cdot 10^{-2}\beta_2 - 2,0725$$

Расчёт критерия Фишера Fрасч

№	β1	β2	υ	Yрасч	$\overline{Y}$	$(\overline{Y}_{расч} - \overline{Y})^2$
1	25	30	2,5	92,088	92,5	0,17
2	25	10	2,5	89,454	89,3	0,04
3	25	30	1,5	87,929	88,4	0,19
4	25	10	1,5	85,296	84,6	0,44
5	35	20	2,5	93,225	93,1	0,01
6	15	20	2,5	87,300	87,2	0,02
7	35	20	1,5	89,067	89,6	0,28
8	15	20	1,5	83,142	82,8	0,10
9	35	30	2	92,888	92,3	0,31
10	15	30	2	86,963	86,7	0,09
11	35	10	2	90,254	90,4	0,01
12	15	10	2	84,329	85,1	0,54
13	25	20	2	94,300	94,3	0,00
$SS_{ваад}$						6,58
$S^2_{ваад}$ при f=N-k=10						0,66
Fрасч						1,58

Приложение 4

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор академии
Милюткин В.А.
«23» августа 2011 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель предприятия
Румянцев А.В.
«23» августа 2011 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся представители *Самарской государственной сельскохозяйственной академии* Савельев Ю.А., Добрынин Ю.М. с одной стороны и представители *ГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова»* Санин А.А., Косых Л.А., с другой стороны составили настоящий акт в том, что в период с *« 5 » августа 2010 г. по « 18 » августа 2011 г.* сотрудниками ФГБОУ ВПО «Самарская ГСХА» т.т. *Савельевым Ю.А., Добрыниным Ю.М.* внедрена на полях *Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова* следующая научно-техническая разработка: *комбинированное орудие для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы.*

1. В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1. *Изготовлено комбинированное орудие для осенней мелкой мульчирующей обработки почвы.*
2. *Осуществлена осенняя обработка почвы комбинированным орудием для осенней мелкой мульчирующей обработки в агрегате с трактором МТЗ-82.*
3. *Контрольная осенняя мелкая обработка проводилась культиватором-плоскорезом игольчато-роторным КПИР-3,6 в агрегате с трактором Т-150К.*
4. *Определены качественные показатели работы комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки: качество крошения почвы, степень заделки измельченных стерневых остатков, гребнистость поверхности поля и плотность подповерхностного слоя почвы.*
5. *В осенний и весенний периоды определены влажность, твердость и плотность по горизонтам почвы опытных и контрольных обработанных делянок общей площадью 2,8 га.*

2. Технико-экономические показатели внедрения разработки по сравнению с базовым, исходным вариантом: *Результаты испытаний экспериментального комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки в агрегате с трактором МТЗ-82 показали, что применение предлагаемой разработки обеспечивает качественное рыхление почвы на глубину до 0,16 м, мульчирование измельченными стерневыми остатками верхнего слоя до 0,06 м и подповерхностное уплотнение 0,04…0,06 м слоя почвы, что обеспечивает создание условий для эффективного накопления и сохранения влаги. Качественные показатели работы экспериментального комбинированного орудия составили: качество крошения почвы на глубину 0,16 м достигало 95%, гребнистость поверхности поля ±0,02 м, степень заделки измельченных стерневых остатков составила 66,4%, плотность слоя почвы 0,04…0,06 м, уплотняемого штифтовым катком – 1,08 г/см^3. Определено, что в весенний период за счет накопления и сохранения осенне-зимних осадков запасы продуктивной влаги в 1 м слое почвы составили 131 мм на участке обработанным КПИР-3,6 и 147,8 мм на участке обработанным экспериментальным комбинированным орудием. Урожайность ярового ячменя «Волгарь» на участке обработанным экспериментальным комбинированным орудием составила 22,4 ц/га, а на участке обработанным орудием КПИР-3,6 для мелкой плоскорезной обработки 21,2 ц/га.*

3. Предложение о дальнейшем внедрении работы и другие замечания:____

По результатам внедрения комбинированного орудия для осенней мелкой мульчирующей обработки в агрегате с трактором МТЗ-82 на полях Поволжского НИИСС рекомендовано использовать предлагаемое орудие для осенней мелкой обработки почвы с целью более эффективного накопления и сохранения влаги.

Акт составлен в 5 экземплярах.

Представители академии:

Представители предприятия:

Литература

1. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер. – М. : Наука, 1976. – 279 с.

2. Антонов, А. П. Тяговые характеристики сельскохозяйственных тракторов : альбом-справочник / А. П. Антонов, Н. М. Антышев, А. П. Банник [и др.]. – М. : Россельхозиздат, 1979. – 240 с.

3. Байко, В. П. Осенняя и предпосевная обработка почвы / В. П. Байко. – М. : Россельхозиздат, 1966. – 64 с.

4. Бойков, В. М. Новые способы и технические средства основной обработки почвы. – Саратов : Изд-во Саратовского ун-та, 1998. – 56 с.

5. Бараев, А. И. Почвозащитное земледелие / Под общ. ред. А. И. Бараева. – М. : Колос, 1975. – 304 с.

6. Безбородов, Ю. Г. Теоретическое обоснование и практическая реализация полива пропашных культур по экранированным бороздам : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 06.01.02 / Безбородов Юрий Германович. – М., 2010. – 43 с.

7. Битюков, К. К. Приемы накопления и сохранения влаги в почве / К. К. Битюков, М. Н. Михайлов, В. Я. Попова ; под ред. С. В. Астахова. – М. : Сельхозгиз, 1953. – 120 с.

8. Боженова, А. П. Значение осмотических сил в процессе миграции влаги. Материалы по лабораторным исследованиям. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – №3. – С. 129-141.

9. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М. : Наука, 1986. – 544 с.

10. Брунотте, Й. Архитектура современного растениеводства / Й. Брунотте, К. Зоммер. – Amazonen-Werke, Wentker Druck. – 2008. – 87 с.

11. Буров, Д. И. Научные основы обработки почв Заволжья / Д. И. Буров. – Куйбышев, 1970. – 294 с.

12. Васильев, В. П. Влияние приемов обработки почвы на водный режим почвы обыкновенного чернозема Среднего Заволжья / В. П. Васильев // Прогрессивные системы обработки почвы : сб. ст. ; под ред. И. А. Чуданова. – Куйбышев : Кн. изд-во, 1988. – С. 69-78.

13. Васин, В. Г. Продуктивность зернового сорго в условиях засухи 2010 года / В. Г. Васин, Н. В. Рухлевич, Н. А. Казутина // Самарские известия. – 2011. – №86 (6034). – 19 мая. – С. 4.

14. Веденяпин, Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. В. Веденяпин. – М. : Колос, 1967. – 159 с.

15. Вериго, С. А. Динамика запасов почвенной влаги на территории СССР // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1948. – Т. 26. – С. 111-138.

16. Вериго, С. А. Инструкция по определению влажности почвы. – М. : ЦУ ЕГМС, 1935. – 26 с.

17. Вериго, С. А. Почвенная влага (применительно к запросам сельского хозяйства) / С. А. Вериго, Л. А. Разумова. – Л. : Гидрометеоиздат, 1973. – 328 с.

18. Вилде, А. А. Почвощадящие технологии и машины / А. А. Вилде, У. Э. Пиннис // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1989. – №5. – С.15-17.

19. Власов, Н. С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники / Н. С. Власов. – М. : Колос, 1979. – 396 с.

20. Волкова, Н. А. Экономическое обоснование инженерно-технических решений в дипломных проектах : учебное пособие – Пенза : РИО ПГСХА, 2000. – 167 с.

21. Вольтерс, И. А. Влияние предшественников озимой пшеницы и способов основной обработки почвы на агрофизические свойства чернозёма выщелоченного : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Вольтерс Ирина Альвиановна. – Ставрополь, 2007. – 25 с.

22. Вольф, В. Г. Статистическая обработка опытных данных / В. Г. Вольф. – М. : Колос, 1966. – 134 с.

23. Воронин, А. И. Влияние плотности сложения орошаемых каштановых почв Заволжья на их питательный режим и урожай сельскохозяйственных культур / А. И. Воронин // Влияние сельскохозяйственной техники на почву : сб. науч. тр. – М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 1981. – С. 55-61.

24. Воронов, Ю. И. Сельскохозяйственные машины : учебник для сред. проф.-техн. училищ / Ю. И. Воронов, Л. Н. Ковалёв, А. Н. Устинов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. Школа, 1978. – 295 с.

25. Высоцкий, Г. Н. Избранные труды. – М. : Сельхозгиз, 1960. – 435 с.

26. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение / Н. Ф. Ганжара. – М. : Агроконсалт, 2001. – 392 с.
27. Ганжара, Н. Ф. Практикум по почвоведению / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов, Р. Ф. Байбеков. – М. : Агроконсалт, 2002. – 280 с.
28. Горячкин, В. П. Собрание сочинений : в 3 т. / В. П. Горячкин – М. : Колос, 1965. – Т. 3. – 755 с.
29. ГОСТ 20915-75 Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. – Введ. 01.01.1977. – М. : Издательство стандартов, 1975. – 119 с.
30. ГОСТ 26244-84 Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения. – Введ. 01.01.1986. – М. : Издательство стандартов, 1984. – 7 с.
31. ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. – Введ. 01.01.1989. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 24 с.
32. ГОСТ Р 52777-2007 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы энергетической оценки. – Введ. 01.07.2008. – М. : Стандартнформ, 2008. – 12 с.
33. ГОСТ Р 52778-2007 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – Введ. 01.07.2008. – М. : Стандартинформ, 2008. – 27 с.
34. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – Введ. 01.01.2009. – М. : Стандартинформ, 2009. – 24 с.
35. Гурский, Д. А. Вычисления в Mathcad / Д. А. Гурский. – М. : Новое знание, 2003. – 814 с.
36. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 343 с.
37. Доспехов, Б. А. Минимализация обработки почвы: направления исследований и перспективы внедрения в производство / Б. А. Доспехов // Земледелие. – 1978. – №9. – С. 26-31.
38. Доспехов, Б. А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка данных. – М. : Колос, 1972. – 204 с.
39. Дьяков, В. П. Сопротивление почвы деформации клином / В. П. Дьяков // Техника в сельском хозяйстве. – 1988. – №3. – С. 26-28.

40. Есипов, В. И. Современные ресурсо- и влагосберегающие технологии возделывания зерновых культур : учебное пособие / В. И. Есипов, А. М. Петров. – Самара, 2006. – 282 с.
41. Жук, А. Ф. Развитие машин для минимальной и нулевой обработки почвы / А. Ф. Жук, Е. Л. Ревякин. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 156 с.
42. Зеленин, А. Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. – М. : Машиностроение, 1968. – 375 с.
43. Зеленин, А. Н. Разработка мерзлого грунта механическими способами / А. Н. Зеленин, М. И. Гальперин, В. Д. Абезгауз. – М. : Институт технико-экономической информации АН СССР, 1955. – 26 с.
44. Иванов, Н. Н. Обработка почвы и применение удобрений / Н. Н. Иванов, В. П. Байко, А. Ф. Витер. – М. : Россельхозиздат, 1971. – 126 с.
45. Кабардин, О. Ф. Физика. Справочные материалы. – 3-е изд., – М. : Просвещение, 1991. – 367 с.
46. Казаков, Г. И. Обработка почвы в Среднем Поволжье / Г. И. Казаков. – Самара, 1997. – 200 с.
47. Казаков, Г. И. Системы земледелия и агротехнологии возделывания полевых культур в Среднем Поволжье : научно-методическое пособие / Г. И. Казаков, В. А. Милюткин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – 222 с.
48. Канарев, Ф. М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия / Ф. М. Канарёв. – М. : Машиностроение, 1983. – 142 с.
49. Кацыгин, В. В. К вопросу исследования процессов обработки почв / В. В. Кацыгин // Вопросы земледельческой механики. – Минск, 1961. – Т. VII. – С. 28-59.
50. Качинский, Н. А. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках. – М. : Сельхозгиз, 1927. – 168 с.
51. Качинский, Н. А. О влажности почвы и методах ее изучения / Н. А. Качинский. – Л., 1930. – 77 с.
52. Качинский, Н. А. Физика почвы. – М., 1965. – Ч. 1. – 324 с.
53. Каштанов, А. Н. Почвоводоохранное земледелие / А. Н. Каштанов, М. Н. Заславский. – М. : Россельхозиздат, 1984. – 462 с.

54. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – М. : Колос, 1994. – 751 с.

55. Ковалев, Н. Г. Сельскохозяйственные материалы: учеб. пособие / Н. Г. Ковалев, Г. А. Хайлис, М. М. Ковалев. – М. : Родник, 1998. – 208 с.

56. Ковриго, В. П. Почвоведение с основами геологии : учебник для студентов вузов / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – М. : Колос, 2000. – 416 с.

57. Ковриков, И. Т. Выбор числа игл на диске бороны / И. Т. Ковриков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1974. – №8. – С. 44-45.

58. Козлова, А. А. Учебная практика по физике почв : учеб.-метод. пособие / А. А. Козлова. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. – 81 с.

59. Козырев, Б. М. Почвообрабатывающие машины с коноидальными ротационными рабочими органами / Б. М. Козырев. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2001. – 328 с.

60. Константинов, П. Н. Методика полевых опытов (с элементами теории ошибок). – М. : Сельхозгиз, 1939. – 392 с.

61. Корчагин, В. А. Влаго- и ресурсосберегающие системы обработки почвы в степных районах Среднего Заволжья / В. А. Корчагин, Н. И. Золотарев. – Самара, 1997. – 98 с.

62. Кострицын, А. К. О сопротивлении почв рабочим органам почвообрабатывающих орудий / А. К. Кострицын // Сб. науч. тр. ВИМ. – М., 1965. – Т. 35. – С. 5-100.

63. Круг, Г. К. Статистические методы в инженерных исследованиях / Г. К. Круг. – М. : Высшая школа, 1983. – 216 с.

64. Ксеневич, И. П. Машиностроение. Энциклопедия. Сельскохозяйственные машины и оборудование / И. П. Ксеневич, Г. П. Варламов. – М. : Машиностроение, 1998. – Т. 16. – 720 с.

65. Кудрявцева, А. А. Методика и техника постановки полевого опыта на стационарных участках. – М. : Сельхозгиз, 1959. – 319 с.

66. Ларюшин, Н. П. Краткий справочник по регулировкам сельскохозяйственных машин / Н. П. Ларюшин, А. В. Мачнев. – Пенза : РИО ПГСХА, 2003. – 180 с.

67. Латария, Д. Б. Почвозащитная и агроэкологическая эффективность способов основной обработки темно-каштановых почв в звене зернопарового севооборота: дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01. / Латария Даниел Бичикович. – Рассвет, 2004. – 135 с.

68. Лепешкин, Н. Д. Агрегаты комбинированные для минимальной обработки почвы [Электронный ресурс] / Н. Д. Лепешкин, А. А. Точицкий, Н. Н. Дягель // РУП «Научно-практического центра НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [сайт]. – https://belagromech.by/. – Режим доступ:https://belagromech.by/-news/agregaty-kombinirovannye-dlya-minimalnoj-obrabotki-pochvy/

69. Макаров, И. П. Эффективность приемов минимализации обработки почв / И. П. Макаров // Актуальные проблемы земледелия. – М. : Колос, 1984. – С. 86-89.

70. Маслов, В. А. Уплотняющее воздействие ходовых систем машин на почвы Среднего Поволжья / В. А. Маслов, А. В. Климанов. – Куйбышев, 1989. – 38 с.

71. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Колос, 1980. – 168 с.

72. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М. : Колос, 1982. – 115 с.

73. Методические указания по изучению дисциплины «Агрометеорология». – М. : Изд-во Мичуринского ГАУ, 2005. – 19 с.

74. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / А. В. Шпилько. – М. : ВНИИЭСХ, 1998. – 219 с.

75. Милащенко, Н. З. Перспективы минимальной обработки / Н. З. Милащенко // Земледелие. – 1977. – №1. – С. 45-49.

76. Милюткин, В. А. Влияние скорости на сопротивление деформации почвы и другие составляющие тягового усилия клина / В. А. Милюткин // Тракторы и сельхозмашины. – 1979. – № 4. – С. 19-20.

77. Молостов, А. С. Методика полевого опыта. – М. : Колос, 1966. – 239 с.

78. Мушкин, И. Г. Влагообеспеченность сельскохозяйственных полей / И. Г. Мушкин. – Л. : Гидрометеорологическое изд-во, 1971. – 256 с.

79. Нарциссов, В. П. Дискование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.diclib.com/cgibin/d1.cgi?l=ru&base=bse&page-=showid&id=21825

80. Натансон, Н. П. Краткий курс высшей математики / Н. П. Натансон. – М. : Наука, 1968. – 721 с.

81. Наумов, С. А. Развивать теорию обработки почвы / С. А. Наумов // Земледелие. – 1981. – №2. – С. 28-30.

82. Нерпин, С. В. Физика почвы / С. В. Нерпин, А. Ф. Чудновский. – М. : Наука, 1967. – 584 с.

83. Новик, Ф. С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф. С. Новик, Я. Б. Арсов. – М. : Машиностроение ; София : Техника, 1980. – 304 с.

84. Нормативно-справочный материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники. – М. : ЦНИИТЭИ, 1988. – 251 с.

85. Нугис, Э. Ю. Обеспечение оптимального физического состояния почв путем рационального использования технических средств разноглубинной почвообработки (на примере Эстонской ССР) : автореф. дис. … д-ра техн. наук : 05.20.01 / Нугис Эдвин Юганович. – Минск, 1988. – 32 с.

86. Орлова, Л. В. Научно-практическое руководство по освоению и применению технологий сберегающего земледелия / Л. В. Орлова, О. В. Терентьев, А. П. Цирулев [и др.]. – изд. 3-е доп. и дораб. – Самара, 2007. – 162 с.

87. Пат. 2160519 Российская Федерация, МПК A01B79/00. Способ безотвальной обработки тяжелых суглинистых почв / Котельников В. Я., Руцкой А. В. ; заявитель и патентообладатель Курский гос. Техн. университет. – № 99114663/13 ; заявл. 06.07.1999 ; опубл. 20.12.2000, Бюл. № 11. – 5 с.

88. Пат. 2179382 Российская Федерация, МПК A01B79/00, A01B49/02. Способ формирования влагосберегающего, влагонакопительного слоя почвы и комбинированный почвообрабатывающий агрегат для его осуществления / Рыков В. Б., Липкович Э. И., Таранин В. И. ; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технолог. институт мех. и эл. с.-х. – № 2000112288/13 ; заявл. 15.05.2000 ; опубл. 20.02.2002, Бюл. № 36. – 6 с.

89. Пат. 2274984 Российская Федерация, МПК A01B79/00, A01B7/00. Способ обработки почвы дисковыми орудиями / Максимов А. А., Трофимов П. Ф. ; заявитель и патентообладатель

Максимов А. А., Трофимов П. Ф. – № 2004113798/12 ; заявл. 05.05.2004 ; опубл. 27.10.2005, Бюл. № 12. – 5 с.

90. Пат. 2284092 Российская Федерация, МПК A01B79/00. Способ полосной безотвально-нулевой зяблевой обработки на черноземных почвах в зонах с недостаточным увлажнением / Власенко А. Н., Слесарев В. Н., Синещёков В. Е. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ГНУ НИИ земледелия и химизации с.-х. СО РАСХН. – № 2004104563/12 ; заявл. 05.02.2004 ; опубл. 20.07.2005, Бюл. № 29. – 3 с.

91. Пат. № 2421961 Российская Федерация, МПК A01B 49/02. Комбинированное почвообрабатывающее орудие / Савельев Ю. А., Милюткин В. А., Добрынин Ю. М. ; заявитель и патентообладатель Самарская гос. с.-х. академия. – № 2010106871/21 ; заявл. 24.02.2010 ; опубл. 27.06.2011, Бюл. № 18. – 5 с.

92. Петренко, И. Я. Экономика сельского хозяйства / И. Я. Петренко, П. И. Чужинов. – Алма-Ата : Кайнар, 1988. – 416 с.

93. Попов, И. И. Влияние щелевания на повышение эффективности поверхностных обработок почвы / И. И. Попов, Л. Ф. Лигастаева // Прогрессивные системы обработки почвы / Под ред. И. А. Чуданова. – Куйбышев : Кн. изд-во, 1988. – С. 97-101.

94. Почвоведение / Под ред. И. С. Кауричева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1982. – 496 с.

95. Пронин, В. В. Механико-технологическое обоснование комбинированного рабочего органа для мелкой обработки почвы : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.20.01 / Пронин Владимир Вячеславович. – Пенза, 2007. – 20 с.

96. Протокол № 08-49-2004 (4020672) государственных типовых испытаний культиватора-плоскореза игольчато-роторного КПИР-3,6. – Кинель : Поволжская МИС, 2004. – 48 с.

97. Протокол № 08-75-2006 (4020682) государственных приемочных испытаний бороны дисковой тяжелой БДТ 5/810 ЭТМ. – Кинель : Поволжская МИС, 2006. – 42 с.

98. Пупонин, А. И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны / А. И. Пупонин. – М.: Колос, 1984. – 184 с.

99. Путрин, А. С. Основы проектирования рабочих органов для рыхления почв, находящихся за пределами физически спелого состояния : автореф. дис. … д-ра техн. наук : 05.20.01 / Путрин Александр Сергеевич. – Оренбург, 2003. – 44 с.

100. Рабочев, И. С. Минимальная обработка почвы и борьба с ее переуплотнением / И. С. Рабочев, П. У. Бахтин, В. Д. Аксененко, И. В. Гавалов. – М. : Знание, 1980. – 62 с.

101. Радченко, Г. Е. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий протекания процесса / Г. Е. Радченко. – Горки : Белорусская СХА, 1978. – 69 с.

102. РДМУ 109-77. Методика выбора и оптимизации контролируемых параметров технологических процессов. – М. : Изд-во Стандартов, 1978. – 63 с.

103. Результаты исследований Шадринской опытной станции [Электронный ресурс] // Умная Дача. Сад и огород [сайт]. – http://kurdyumov.ru/. – Режим доступа: http://kurdyumov.ru-/%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8B-%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%-BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%88%D0%B0%D0%B4%D1%80%D0%B8%D0-%BD%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9/

104. Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге / А. А. Роде. – Л. : Гидрометеоиздат, 1969. – Т. 2. – 297 с.

105. Роде, А. А. Почвенная влага / А. А. Роде. – М. : Изд-во АН СССР, 1952. – 252 с.

106. Руководство по эксплуатации информационно-измерительной системы ИП-238. – Новокубанск, 2008. – 30 с.

107. Румянцев, В. И. Система обработки почв в засушливых районах Юго-Востока / В. И. Румянцев. – М. : Колос, 1964. – 198 с.

108. Рыбалко, А. Г. Сельскохозяйственные машины / А. Г. Рыбалко, Н. П. Волосевич, Б. Н. Емелин [и др.]. – М. : Колос, 1992. – 488 с.

109. Рыков, В. Б. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат / В. Б. Рыков, В. И. Таранин, В. И. Богатырев // Техника и оборудование для села. – 2000. – № 12. – С. 7-8.

110. Савельев, Ю. А. Комбинированное орудие для мелкой осенней полосовой обработки почвы / Ю. А. Савельев, П. А. Ишкин // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 3(30). – С. 167-172.

111. Савельев, Ю. А. Конструктивно-технологическое обоснование почвообрабатывающих ножевых дисков / Ю. А. Савельев, Ю. М. Добрынин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – Вып. №3. – С. 32-35.

112. Савельев, Ю. А. Обоснование конструктивно-техноло-гических параметров комбинированного рабочего органа для рыхления уплотненной почвы / Ю. А. Савельев, М. Р. Фатхутдинов, Ю. М. Добрынин // Вестник Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова. – 2009. – №1. – С. 52-54.

113. Савельев, Ю. А. Обоснование конструктивно-технологи-ческих параметров плоскорежущих лап / Ю. А. Савельев, Ю. М. Добрынин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №3. – С. 54-57.

114. Савельев, Ю. А. Орудие для мелкой мульчирующей обработки / Ю. А. Савельев, Ю. М. Добрынин // Сельский механизатор. – 2011. – № 11. – С. 9.

115. Савельев, Ю. А. Осенью – полосовое рыхление / Ю. А. Савельев, П. А. Ишкин // Сельский механизатор. – 2007. – № 10. – С. 20.

116. Савельев, Ю. А. Теоретическое обоснование тягового сопротивления батарей ножевых дисков / Ю. А. Савельев, П. А. Ишкин, Ю. М. Добрынин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №3. – С. 26-29.

117. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М. : Машиностроение, 1977. – 329 с.

118. Спирин, А. П. Влагосберегающие агроприемы // Земледелие. – 1998. – №2. – С. 16-18.

119. Спирин, А. П. Минимальная мульчирующая обработка почвы / А. П. Спирин, А. Ю. Измайлов, О. А. Сизов, А. С. Извеков // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – №1. – С. 27-32.

120. Спирин, А. П. Почва заботу любит / А. П. Спирин, О. А. Сизов // Сельский механизатор. – 2000. – №12. – С. 26-27.

121. Спирин, А. П. Проблемы создания влагосберегающей техники для засушливых регионов / А. П. Спирин, Н. В. Краснощеков // Техника и оборудование для села. – 2000. – № 1. – С. 3-6.

122. СТО АИСТ 10 4.6-2003. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования. – М. : Минсельхоз России, 2003. – 19 с.

123. СТО АИСТ 4.1-2004. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей. – М. : Минсельхоз России, 2004. – 35 с.

124. СТО АИСТ 4.2-2004 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей. – М. : Минсельхоз России, 2004. – 36 с.

125. Типовые нормативы времени на станочные, слесарные, сварочные и кузнечные работы в сельском хозяйстве. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1997. – 247 с.

126. Типовые нормы выработки и расхода топлива на сельскохозяйственные механизированные работы. – М. : Информагробизнес, 1994. – 220 с.

127. Тракторы «Беларусь» МТЗ-80, МТЗ-82 и их модификации. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию / В. Г. Левков, И. Ф. Бруенков [и др.]. – Барановичи, 1996. – 174 с.

128. Туровский, Б. В. Исследование рабочих органов и технологического процесса рыхления слитых черноземов при вспашке комбинированным плугом : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.20.01 / Туровский Борис Владимирович. – Краснодар, 1981. – 24 с.

129. Хазен, М. М. Теплотехника : учебное пособие / М. М. Хазен, Г. Х. Матвеев, М. Е. Грицевский. – М. : Высшая школа, 1981. – 488 с.

130. Цветков, М. Л. Водный режим почвы зернопарового севооборота при минимализации основной обработки в условиях Приобья Алтая / М. Л. Цветков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – №5. – С. 35-40.

131. Циммерман, М. З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин. – М. : Машиностроение, 1978. – 295 с.

132. Чирков, Ю. И. Агрометеорология / Ю. И. Чирков. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1986. – 294 с.

133. Чуданов, И. А. Обработка почвы в интенсивном земледелии / И. А. Чуданов // Прогрессивные системы обработки почвы / Под ред. И. А. Чуданова. – Куйбышев : Кн. изд-во, 1988. – С. 3-31.

134. Шеин, Е. В. Курс физики почв : учебник. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

135. Шеин, Е. В. Сборник задач по физике почв / Е. В. Шеин, В. А. Капинос. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 79 с.

136. Шмидт, В. Бесплужная технология: опыт Саксонии / В. Шмидт, О. Нитцше // Новое сельское хозяйство. – 2002. – №1. – С. 27-31.

137. Denisov, Yu. M. Moisture evaporation from bare soils / Yu. M. Denisov, A. I. Sergeev, G. A.Bezbrodov [et al.] // Irrigation and Drainage Systems. – Netherlands. – 2002. – № 16. – P. 175-182.

138. Holtmann, W. Ohne Pflug auf Sand / W. Holtmann // Profi. – 2007. – №12. – S. 134-135.

139. Kunze, A. Grundlagen und Vehrfahren rationeller Bodenbearbeitung / A. Kunze // Tagungsbericht. – 1984. – №227. – S. 15-23.

140. Ruhm, E. Bodenbearbaitung im Fruhjar – ohne Pflug? // Feld and Wald. – 1983. – №6. – Bd 102a. – P 3A.

Алфавитно-предметный указатель

Агрегат 8, 19, 22, 23, 26, 27, 28, 73, 85, 91, 98, 104,109, 111, 116, 118, 119

Альбедо почвы 45, 74, 75

Балансовая стоимость 119, 121, 123

Борона дисковая 25

Влагомер 71, 72, 75

Варьирование 84, 86, 89, 92, 93

Вертикальная сила 64

Влага 5, 17, 18, 20, 26, 32, 38, 42

Влажность почвы 7, 9, 19, 20, 44, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75

Глубина
-промачивания 6
-обработки 85, 103, 105, 107, 112, 119

Гребнистость 96, 105, 106, 107, 112, 114, 125

Долото 16, 29, 55, 57

Дискование 13, 14, 68, 71, 113

Динамика запасов влаги 77, 138

Зимний период 72, 140

Засушливая зона 41, 42

Засушливые условия 5, 19

Интервал 20, 21, 24, 84, 85, 87, 89, 92, 93, 96

Исследование 4, 6, 7, 10, 11, 13, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 40, 41, 45, 61, 65, 67, 68, 73, 76, 78, 80, 82, 83, 84, 85, 87, 90, 91, 92, 94, 95, 105, 112, 114, 124

Импульс 99, 100, 101

Испарение 4, 5, 7, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 19, 20, 24, 25, 32, 33, 34, 37, 40, 42, 43, 46, 68, 73, 74, 75, 76, 78,107,112

Качество крошения почвы 46, 83, 84, 86, 87, 89, 90, 91, 92,94, 105, 106,112,113,114,124

Каток 22, 23, 24, 27, 28, 39, 40, 61, 64, 94, 95, 110,111

Кинематический параметр 48, 52

Комбинированное орудие 38, 39, 110, 124

Конструктивно-технологические параметры 46, 53, 61, 67

Лемех 23, 24, 26, 31, 38, 39, 40, 57, 58, 90, 91, 93, 94, 110, 111, 114, 124

Микрорельеф 20, 22, 32, 68

Мульчирующий слой 10, 15, 18, 24, 33, 36, 46

Механические свойства почвы 46, 68, 80

Ножевой диск 27, 29, 31, 38, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 67, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 94, 97, 98, 103, 110, 112, 113, 114, 124

Накопление влаги 5, 6, 9, 22, 29, 31, 32, 35, 36, 42, 105

Навесное устройство 39, 109, 110

Оптимальные параметры 83, 84, 94, 104, 105

Осадки 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 31, 32, 33, 34, 35, 40, 41, 42, 75, 112
Осенне-зимний период 5, 6, 11, 21, 35
Орудие 4, 23, 24, 29, 38, 39, 40, 46, 68, 70, 73, 77, 81, 90, 94, 98, 105, 109, 110, 112, 113, 114, 124, 125, 126
Плотность почвы 22, 34, 44, 55, 60, 68, 72, 74, 78, 97, 114, 125
Плоскорежущая лапа 14, 16, 17, 22, 27, 28, 31, 38, 39, 40, 53, 60, 67, 90, 91, 92, 93, 94, 97, 98, 101, 103, 110, 111, 112, 114, 124
Планиметр 81
Планирование эксперимента 83, 87, 91
Плоскорезная обработка 6, 8, 10 12, 14, 71, 76, 82, 113, 125
Производительность 113, 115, 119, 120, 121
Рациональный диапазон 87, 92
Режущая кромка 39, 48, 51, 52, 54, 56, 57, 58, 111
Рыхление 14, 16, 17, 19, 25, 26, 29, 36, 37, 40, 94, 114, 115, 124
Рыхлительный элемент 31, 38, 39, 40, 91, 92, 93, 94, 110, 114, 124
Рабочий орган 16, 17, 22, 23, 25, 26, 29, 36, 47, 50, 53, 54, 67, 78, 82, 83, 84, 85, 92, 97, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 111, 114, 116
Сила давления катка 40, 64, 65, 95, 96, 97, 103, 104, 111, 114, 124
Сопротивление почвы 48, 49, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59
Способ обработки почвы 14, 17, 18
Стоимость 116, 117, 118, 119, 121, 123
Твердость почвы 54, 68, 80, 92, 114
Технические средства 21, 22, 35
Температура почвы 33, 74
Технологический процесс 37, 38, 40, 46, 52, 84, 111, 115, 124
Тяговое сопротивление 46, 47, 48, 53, 56, 57, 59, 60, 61, 64, 67, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 112, 114, 124
Урожайность 10, 12, 73, 113, 114, 115, 122
Угол крошения 39, 55, 59, 93, 94, 110, 114, 124
Эффективность применения 9, 115

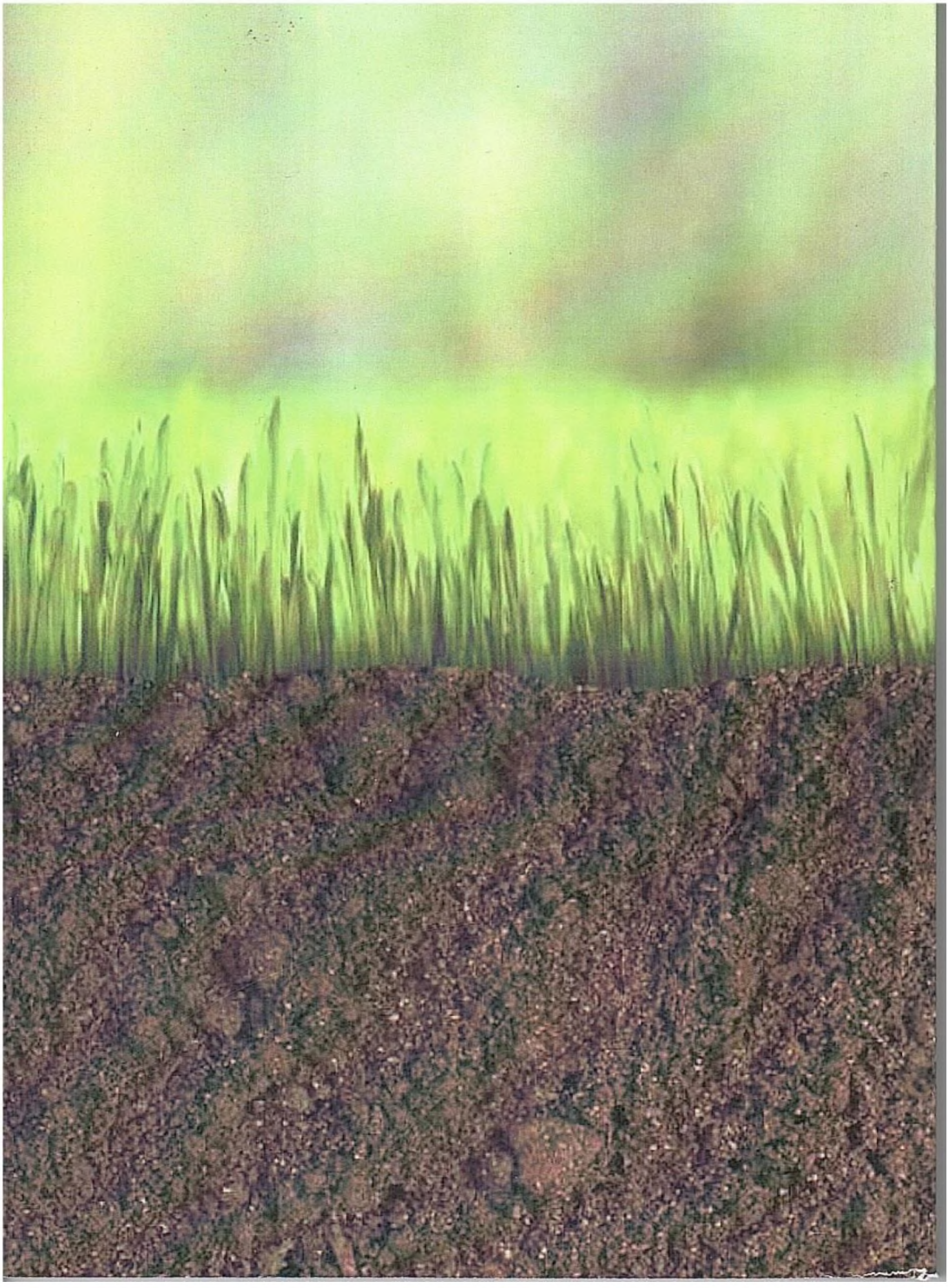
Научное издание

Савельев Юрий Александрович
Киров Юрий Александрович
Добрынин Юрий Михайлович
Ишкин Павел Александрович

Повышение влагосбережения почвы применением мелкой осенней мульчирующей обработки

Монография

Подписано в печать 30.12.2021. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 8,78, печ. л. 9,44.
Тираж 500. Заказ №306.
Отпечатано с готового оригинал-макета
в издательско-библиотечном центре Самарского ГАУ
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru



В.А. Милюткин

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ КАС В РЕГИОНАХ С НЕДОСТАТОЧНЫМ УВЛАЖНЕНИЕМ ПРИ ПРОГНОЗИРУЕМОМ ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

В. А. Милюткин

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ КАС В РЕГИОНАХ С НЕДОСТАТОЧНЫМ УВЛАЖНЕНИЕМ ПРИ ПРОГНОЗИРУЕМОМ ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ

Монография

Кинель 2021

УДК 631.3
ББК 40.72
М60

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Рецензенты:
д-р с.-х. наук, проф., академик РАН,
директор Самарского научного центра РАН
С. Н. Шевченко;
д-р техн. наук, проф. кафедры «Агротехнологии, машины
и безопасность жизнедеятельности»,
Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
Е. С. Зыкин

Милюткин, В. А.

М60 Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении : монография. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 181 с.
ISBN 978-5-88575-649-5

Монография содержит материалы четырехлетних (2018-2021 гг.) исследований, регионально уточняющих и добавляющих мировой и отечественный опыт применения наиболее распространенных и востребованных сегодня жидких азотных минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси КАС (производство ПАО «КуйбышевАзот») с дефицитным и остро необходимым для повышения продуктивности и качества сельскохозяйственных культур мезоэлементом – серой. В исследованиях применяли технику производства АО «Евротехника» и ООО «Пегас-Агро» (г. Самара) с современной системой логистики и хранения продукции (пластиковые ёмкости (ООО «Регион») и мягкие резервуары (ООО «Стафф Ойл»), г. Самара, Тольятти, Кинель).

Монография предназначена для широкого круга специалистов агропромышленного комплекса, инженеров, агрономов, агрохимиков, преподавателей вузов, магистрантов, аспирантов, студентов.

УДК 631.3
ББК 40.72

ISBN 978-5-88575-649-5

© Милюткин В. А., 2021
© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение..... 4
1. Общая характеристика жидкого азотного удобрения КАС..... 6
2. Способы внесения КАС..... 10
3. Эффективность применения КАС при возделывании основных сельскохозяйственных культур (яровая твердая пшеница, кукуруза, соя, подсолнечник)..... 25
3.1. Эффективность применения КАС при возделывании яровой твердой пшеницы..... 38
3.2. Эффективность применения КАС при возделывании кукурузы..... 47
3.3. Эффективность применения КАС при возделывании сои..... 59
3.4. Эффективность применения КАС при возделывании подсолнечника..... 68
3.5. Оценка эффективности применения инновационной технологии внесения КАС на основных сельскохозяйственных культурах (2018-2020 гг.)..... 78
4. Эффективность применения КАС при возделывании озимой пшеницы..... 86
5. Сравнительная эффективность мультиинжектора «Туман» при возделывании озимой пшеницы..... 125
6. Организация логистики (транспортных перевозок КАС от завода до потребителя) и хранения..... 155
Заключение..... 163
Литература..... 165
Алфавитно-предметный указатель..... 178

ВВЕДЕНИЕ

Выход Российской Федерации на мировой рынок по поставкам сельскохозяйственной продукции с лидирующими позициями по продуктам растениеводства, имеющим наибольшую динамику роста в последние годы в агропромышленном комплексе, требует большей отдачи от АПК и инноваций от науки.

Сегодня наиболее актуально восстановление и улучшение плодородия почв, обеспечивающего рост урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Для этого требуются инновационные технологии, новые более эффективные удобрения, сельскохозяйственные машины на цифровой основе с возможностью дифференцированного внесения удобрений с конечной целью управления сельскохозяйственными процессами для эффективного аграрного производства продуктов питания не только для собственного населения, но и для многих стран, остро нуждающихся в продовольствии.

Исторически Россия располагает самыми большими земельными угодьями в мире. Достоверным и убедительным фактом при выборе видов минеральных удобрений, с учетом динамики роста объемов их применения, является ориентация в определенной степени на жидкие минеральные удобрения (ЖМУ) и конкретно на КАС (карбамидно-аммиачную смесь). В промышленно развитых странах с высокоэффективным сельским хозяйством, например в США, данные удобрения используются уже более чем на трети сельхозугодий, и 55% азотных удобрений производится в жидком виде. Из 3,5 млн. т жидких минеральных удобрений КАС (карбамидно-аммиачная смесь), производимых в России, только Америка импортирует более 60% или около 1,5 млн. т, значительное количество импортирует Канада и Евросоюз.

Российский АПК в начале 20-х гг. потреблял 400 тыс. т ЖМУ КАС, к 2021 г. – применение КАС в России увеличилось до 700 тыс. т (данные из разных источников приблизительные). В странах Европы используется 10-15% жидких удобрений (в наибольшем количестве во Франции и Австрии). В странах СНГ преобладающее количество минеральных удобрений в жидком виде используется в республиках Украина и Беларусь. В СССР в период химизации сельского хозяйства наблюдался устойчивый рост применения

ЖМУ. В 1990 г. их доля составляла порядка 12%, например в Ставрополье – 17%, однако в настоящее время в том же Ставропольском крае их доля составляет порядка 6-8% (100 тыс. т) от общего объема вносимых ежегодно минеральных удобрений. При этом большая часть потребления жидких удобрений приходится на КАС и ЖКУ (жидкие комплексные удобрения).

В настоящее время в Российской Федерации в АПК использование жидких удобрений, и в первую очередь карбамидно-азотной смеси КАС, продолжает увеличиваться, так, в Самарской области применение КАС за последние 2 года (2020-2021 гг.) увеличилось более чем в три раза – с 6 до 20 тыс. т. Пензенская область в 2020 г. внесла КАС под сельхозкультуры в объеме 30 тыс. т, Краснодарский край – около 60 тыс. т, Ставропольский край – более 100 тыс. т, значительное внимание ЖМУ КАС уделяет АПК Татарстана.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИДКОГО АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ КАС

В последние годы в России наблюдается значительный подъем сельского хозяйства, особенно растениеводства – выход РФ на мировой экспортный рынок по зерну пшеницы и семенам подсолнечника в качестве полноправного и постоянного поставщика зарубежным странам сельскохозяйственного сырья для продуктов питания. Несмотря на участившиеся неблагоприятные климатические условия, отечественные агропредприятия значительным образом наращивают из года в год производство растениеводческой продукции за счет увеличения урожайности благодаря техническому перевооружению села, широкому внедрению новых технологий с возрастающим вниманием к плодородию почвы и потребностям в новых более эффективных минеральных удобрениях. В связи с чем значительно возрастает актуальность жидких минеральных удобрений и, прежде всего, КАС.

По инициативе ПАО «КуйбышевАзот» на базе ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» были проведены трехлетние совместные исследования (2018-2020 гг.) применения жидких минеральных удобрений КАС с помощью современных техники и технологий, продолжающиеся и в настоящее время, что в научно-производственном плане позволило сделать определенные выводы по совершенствованию используемых агроприемов с обоснованием инновационных высокоэффективных технологий.

КАС – карбамидно-аммиачная смесь, наиболее часто используемое в мире азотное жидкое минеральное удобрение. В России наиболее распространены КАС-30 и КАС-32 в то время, как в Европе наибольшую популярность имеет КАС-28. Главное отличие этих форм удобрений в содержании азота и температуры кристаллизации. В Российских удобрениях содержание азота составляет 30-32%, температура кристаллизации – минус 10°С и минус 2°С соответственно, в Европейских – азота 28%, а температура кристаллизации – минус 17°С.

Технологические и экономические решения применения КАС в различных сочетаниях дают нам не только гибкость в их использовании, но также ряд других преимуществ по сравнению с твердыми азотными удобрениями.

КАС – это единственное на сегодняшний день азотное удобрение, которое содержит три формы азота, благодаря чему данное удобрение действует пролонгировано: нитратный азот (8%) обеспечивает его мгновенное усвоение корневой системой растения; аммонийный азот (8%) в процессе нитрификации переходит в нитратную форму; амидный азот (16%) частично поглощается листьями, а частично попадает в почву и в результате деятельности почвенных микроорганизмов переходит в аммонийную форму, а затем – в нитратную, поглощаясь корнями растений (рис. 1).



Рис. 1. Формы азота и механизм действия КАС

В то же время из всех элементов питания только азот может поступать в растение не через корни, а через листья за счет амидной его формы, что обеспечивает возможность проведения внекорневых (листовых) подкормок. Данное направление повышения продуктивности сельхозкультур в своих исследованиях Самарский ГАУ заимствовал из опытов ученых Кубанского и Ставропольского аграрных университетов в регионах с применением в большом количестве КАС Самарского производства. Следует отметить большую аналогичную работу по применению КАС земледельцев Татарстана. В Самарской области КАС только начинает внедряться в производство, становясь актуальным и востребованным для нашего региона.

КАС «работает» как через листья, так и через корни: через листовую поверхность усваивается амидная форма, а нитратная и аммонийная формы – через корневую систему. При этом через листья из всех макроэлементов усваивается только азот.

Отсутствие в составе удобрения КАС свободного аммиака и биурета делает его полностью безопасным как для людей, так и для растений. Для внесения твердых минеральных азотных удобрений нужна влага, чтобы гранулы смогли раствориться и впитаться корнями растений. Но в условиях нашей агроклиматической зоны рискованного земледелия и других регионов страны с часто повторяющимися засухами, особенно с учетом прогнозируемого глобального потепления в мире, такой период, когда влага доступна и находится в необходимом количестве, очень непродолжителен. Переход на жидкие азотные удобрения на основе КАС-32 расширяет сроки внесения удобрений, тем самым снижая нагрузку на технические системы и гарантированно обеспечивая подкормку культур азотом, уменьшая риск «непопадания в агротехнические сроки».

При использовании твердых азотных минеральных удобрений, особенно при весенней подкормке озимых культур, аграрии ограничены во времени из-за необходимости внесения их по мерзлоталому грунту, чтобы техника смогла зайти в поле без образования колеи. С использованием КАС данной проблемы просто нет, так как его вносят не только по мерзлоталому грунту, но и в более поздний период. КАС, стекая по листьям растений, частично поглощается листовым аппаратом, а остальной быстро впитывается в почву и эффективно используется растениями без всяких потерь.

При внесении КАС опрыскивателями достигается лучшая равномерность и высокая точность дозирования, чем при внесении твердых минеральных удобрений разбрасывателями.

КАС – пожаро- и взрывобезопасное удобрение, что не требует лицензий на его хранение и транспортировку, как на аммиачную селитру. При использовании КАС отсутствуют затраты на упаковку, отпадает проблема со сбором и утилизацией мешкотары.

Из твердых минеральных удобрений растениями усваивается только 40% внесенного азота, а в КАС высвобождение азота происходит постепенно и растение усваивает его до 80-90%.

Для внесения КАС требуется меньше вспомогательной техники, чем для внесения твердых минеральных удобрений, меньше

времени тратится на загрузку и транспортировку. Увеличение потребности в КАС значительным образом повлияло на решение имеющихся логистических проблем как со стороны завода-производителя, так и известных и вновь создаваемых фирм по производству оборудования для транспортирования и хранения КАС. Относительно машин для внесения КАС следует отметить насыщенность рынка Российского АПК опрыскивателями и комбинированными агрегатами. В настоящее время в России растет производство данного вида оборудования. В нашей стране, в частности и в г. Самара, одним из ведущих машиностроительных предприятий по производству прицепной техники и высокоэффективного оборудования для применения КАС является АО «Евротехника» немецкой компании «AMAZONEN-Werke» [5-10, 27-34, 46-59, 62-70]. Сегодня АО «Евротехника» построило новый (второй) завод по производству современных высокоэффективных опрыскивателей, так как прогнозируемое значительное увеличение жидких минеральных удобрений для проведения агрохимических технологических операций в АПК в региональные агротехнические сроки потребует двух-, трехкратного увеличения парка опрыскивателей и комбинированных почвообрабатывающе-посевных машин в агропредприятиях [5-10].

В целом с помощью КАС можно создать комплексное питание для конкретных видов культур с учетом особенностей почвы с добавлением микроэлементов, ускорителей (стимуляторов) роста, а баковыми смесями с гербицидами и пестицидами одновременно обеспечить надежную защиту растений от сорняков, вредителей и болезней.

КАС можно применять в любых регионах, на любых почвах, так как оно их не подкисляет в отличие от некоторых твердых минеральных азотных удобрений, его использование является эффективным в современных, перспективных технологиях Mini-Till и No-Till.

2. СПОСОБЫ ВНЕСЕНИЯ КАС

Многие фирмы, производящие минеральные удобрения, в том числе и КАС, с целью дальнейшего повышения эффективности насыщают их различными добавками, в частности серой, являющейся дефицитным и остро необходимым для развития сельхозкультур мезоэлементом [1-4, 11-26, 35-39, 44-67, 74-81].

Важнейшая роль серы в жизнедеятельности растений определяется тем, что она является составной частью всех белков и содержится в незаменимых аминокислотах (цистин, метионин, цистеин), а также растительных маслах и витаминах.

Известно, что при невысоком уровне азотного питания сера способна восполнить недостаток азота в растении. В то же время, если в достаточном количестве «кормить» растения азотом, то им не будет хватать серы, а азот будет переходить в небелковые формы, и растения начнут накапливать нитраты. Признаки недостаточности серы сходны с признаками азотного голодания, растения желтеют.

Дефицит серы – актуальная проблема для России, только 10% почв обеспечены серой в достаточном количестве, аналогичная ситуация в Приволжском федеральном округе и Самарской области – зоны среднего Поволжья. Согласно данным агрохимического обследования, около 90% посевных площадей в Самарской области имеют низкое содержание подвижной серы – менее 6,0 мг/кг почвы, тогда как при содержании менее 12 мг/кг почвы уже срочно требуется восполнение ее запасов с помощью серно-азотных удобрений. Наиболее бедны подвижной серой в Самарской области почвы Алексеевского, Богатовского, Большеглушицкого, Кинельского, Пестравского и др. районов (рис. 2). В современных условиях при резком уменьшении объемов применения органики, прекращения отопления жилищ углем и снижения применения в земледелии серно-азотных удобрений (например сульфат аммония), с которыми в почву поступала и сера, вопрос обеспеченности растений этим элементом приобретает особую актуальность.

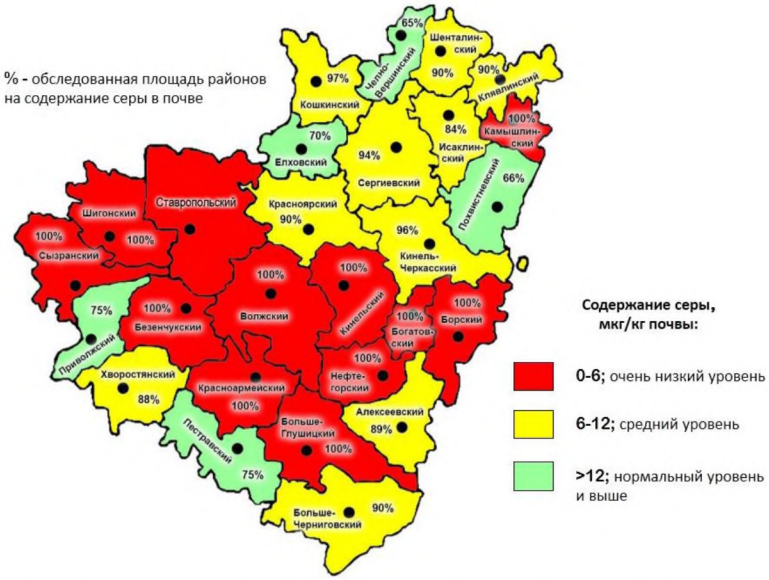


Рис. 2. Содержание серы в почвах районов Самарской области на 01.01.2018 г.

В Самарской области в настоящее время убыль серы из пахотного горизонта почвы выносом с урожаем не может быть восполнена поступлением ее из атмосферы, и растения испытывают серное голодание, что снижет урожай и главное – его качество.

Сера выносится с урожаем примерно в том же количестве, что и фосфор. Поэтому применение новых видов азотно-серосодержащих удобрений обосновывается острым недостатком подвижной серы в пахотных почвах и имеет большое практическое значение.

Для оптимизации системы питания зерновых, масличных и овощных культур известное в РФ предприятие ПАО «КуйбышевАзот» наряду с известным КАС-32 (содержание азота – 32%) разработало и запустило в производство в 2018 г. новые жидкие азотные удобрения с серой: КАС+S и КАС+РПС. КАС+S – это комбинация карбамидно-аммиачной смеси с водорастворимым серосодержащим удобрением. Технология ПАО «КуйбышевАзот» предполагает добавление в КАС маточного раствора сульфата аммония. В итоге конечный продукт содержит 23-24% азота и 3,6% серы, где сера и

азот находятся в соотношении 1:6 и являются наиболее эффективными для использования сельхоз-культурами питательных элементов, в том числе фосфора и микроэлементов.

По физическим свойствам это удобрение практически не отличается от традиционной карбамидно-аммиачной смеси, представляя собой текучую жидкость плотностью 1,28-1,3 г/см^3. Как и КАС, новое удобрение безопасно при перевозке и хранении и не требует специального оборудования для внесения. При этом на зерновых культурах в стадии кущения используют многоструйные или дефлекторные форсунки на полевых опрыскивателях для крупнокапельного внесения КАС, исключающего «ожог» листьев, а на пропашных, овощных культурах и на поздней стадии зерновых применяются шланги-удлинители.

Продукт КАС+S объединил все преимущества карбамидно-аммиачной смеси и твердых серно-азотных удобрений. Он содержит три формы азота: аммонийную, нитратную и амидную, которые обеспечивают пролонгированное азотное питание, а также серу в доступной для растений форме в виде сульфата. Удобрение создано для питания культур с высоким потреблением серы, таких как все зерновые, соя, рапс, кукуруза, подсолнечник и корнеплоды и т.д. Жидкая форма способствует ускорению усвоения питательных веществ и высокоэффективна в условиях низкого содержания влаги, особенно при засухах. Более того, благодаря синергии азота и серы, и соотношению 1:6, оба элемента усваиваются наиболее полно и обеспечивают сбалансированное развитие растений. Удобрение можно вносить как при основной и предпосевной обработках почвы, так и в качестве корневых и внекорневых подкормок. Оно пригодно для использования в баковых смесях со средствами защиты растений и его можно смешивать с водой для снижения концентрации во время обработки в поздние сроки вегетации. Как известно через листья при вегетации к растению может поступать только азот (*N*) причем в амидном виде и поэтому у КАС есть неоспоримые преимущества при проведении внекорневых подкормок растений с целью повышения формируемой урожайности и качества.

Внесение жидких минеральных удобрений (в нашем случае КАС-32, КАС+S, РПС) возможно проводить по разным технологиям, являющимся инновационными, серийными (опрыскиватели)

и комбинированными сельскохозяйственными машинами в зависимости от сроков внесения и фаз развития сельхозкультур и их вида, концентрации вносимых растворов по действующему веществу, условий внесения (при сильном ветре и высоких атмосферных температурах) и т.д. В исследованиях использовались технические средства АО «Евротехника» (г. Самара, Россия), которое, наряду с широким шлейфом различных сельхозмашин по производительности, объемам емкостей для растворов, технико-технологической оснащенности, выпускает высокоэффективные опрыскиватели с комплектацией их всем необходимым оборудованием, а также комбинированные почвообрабатывающе-посевные удобрительные комплексы.

Систематизируя машины и оборудование для внесения ЖМУ, можно выделить следующие технологии (рис. 3):

- I – опрыскивателями с многоструйными или дефлекторными крупнокапельными форсунками: 1 – на поверхность почвы; 2 – на растения, от растений на поверхность почвы;
- II – опрыскивателями со шлангами-удлинителями на поверхность почвы;
- III – опрыскивателями со шлангами-удлинителями на поверхность почвы и на растения;
- IV – универсальным агрегатом *FDC* (АО «Евротехника») под рабочие органы культиватора *Cenius* при основной и предпосевной обработке почвы;
- V – универсальным агрегатом *FDC* при посеве зерновых культур под анкерные сошники сеялки *Primera DMC* и долотовидные сошники сеялки *Condor*, а также при посеве пропашных культур под дисковые сошники сеялки точного высева *EDX*.

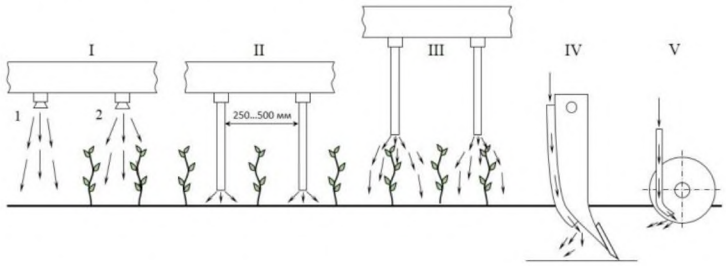


Рис. 3. Технико-технологические схемы внесения жидких минеральных удобрений

Так как в научных исследованиях по данной теме использовалась в основном техника АО «Евротехника» немецкой компании «AMAZONEN-Werke» со специальным оборудованием (форсунки, шланги-удлинители) так же немецкой фирмы LECHLER, рассмотрим их технико-технологические особенности.

1) Технология поверхностного опрыскивания почвы и растений штанговыми опрыскивателями, оборудованными специальными многоструйными или дефлекторными крупнокапельными форсунками, закрепляемыми на штанге (рис. 4). На данной технологической операции можно эффективно использовать так же и 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7-струйные форсунки, однако дефлекторные форсунки обрабатывают посевы более равномерно.



Рис. 4. Поверхностное внесение КАС крупнокапельными дефлекторными форсунками

2) Технология подкормки сельхозкультур опрыскиванием поверхности почвы – внекорневая подкормка с помощью специальных удлинителей – прорезиненных шлангов с распылителем на конце и грузом-опрыскивателем (рис. 5) без ограничений при ветре, почвенных неровностях и т.п. В этом случае штанга опрыскивателя устанавливается на уровне почвы или на высоте сельхозкультур с некоторым превышением для стабильного равномерного внесения жидких удобрений на поверхность листьев и почву, главным образом на поверхность пропашных культур (кукуруза, подсолнечник и др., не защищенных от «ожогов» концентрированным КАС-32). При обработке удлинительными шлангами с одноструйной форсункой на конце на поверхности почвы остаются видимые следы КАС (рис. 6).



Рис. 5. Подкормка сельхозкультур опрыскивателем с удлинительными штангами



Рис. 6. Следы внесенного (двукратно – за два прохода) КАС в междурядья кукурузы

Широкое эффективное применение жидких удобрений КАС в Российском АПК до недавнего времени сдерживалось недостаточным исследовательским научным материалом и рекомендациями для практиков АПК, а также недостатком материальной базы специального технологического оборудования для их внесения, пере-

возок и хранения. В настоящее время основные вопросы по различным технологиям внесения КАС в основном успешно решены. При этом большая научно-исследовательская внедренческая работа так же проведена на экспериментальной базе ФГБОУ ВО Самарского ГАУ по инициативе одного из производителей КАС в России – ПАО «КуйбышевАзот» с использованием широкой гаммы опрыскивателей АО «Евротехника» (табл. 1) со специальными распылителями мировых фирм Lechler, Agrotop (Германия), Teeyet (США) в течение четырех лет (2018-2021 гг.) с обоснованием инновационных технологий эффективного использования жидких удобрений ПАО «КуйбышевАзот» на основных сельскохозяйственных культурах: пшеница, кукуруза, подсолнечник, соя в Поволжском регионе и РФ.

Таблица 1

Классификация опрыскивателей компании «AMAZONEN-Werke» (Германия) и ее завода в России (г. Самара) АО «Евротехника»

Марка, индекс опрыскивателя (вид агрегатирования)	Ширина захвата, м	Фактический объем бака для раствора, л	Производительность агрегата, га/ч – в час чистого времени без эксплуатационных и технологических остановок
UF (навесной)	12-28	900,1200,1500,1800	Рабочая скорость 6-12 км/ч, 7,2-33,6
UX (прицепной) *UX 3200 Special* *UX 4200 Special* *UX 3200 Super* *UX 4200 Super* *UX 5200 Super* *UX 6200 Super* *UX 11200 Super* *UG Special*	18-24	3200 4200	Рабочая скорость 4-18 км/ч, 7,2-43,2
	18-40	3200	7,2-72
		4200	
		5200	
		6200	
	24-40	11200	9,6-72,0
	15-28	2200/3000	6,0-54,0
Pantera (самоходный) рабочая скорость до 20 км/ч	24-40	4500	Рабочая скорость до 20 км/ч 48,0-80,0

Проведенный анализ конструкций опрыскивателей АО «Евротехника» позволил их сгруппировать в соответствии с рабочей шириной захвата по производительности. Увеличивающийся в агропредприятиях экономически обоснованный ежегодный объем внесения жидких удобрений требует пропорционального увеличения

минимум в 2 и более раз количества опрыскивателей. Главными показателями при расчетах являются производительность и выработка в конкретные агросроки в течение сезонного возделывания сельхозкультур. Для этого составлена номограмма опрыскивателей разных марок и возможные объемы работ в соответствии с агротребованиями по технологиям возделывания сельхозкультур (рис. 7).

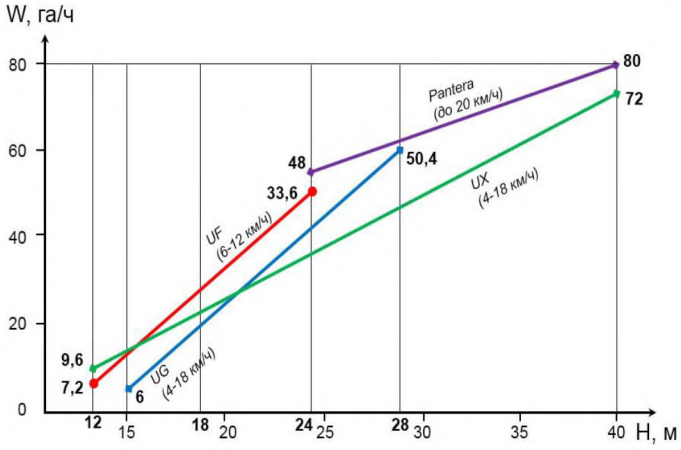


Рис. 7. Номограмма для выбора опрыскивателей фирмы «AMAZONEN-Werke» по производительности агрегатов при различной ширине захвата и рекомендуемых скоростей

При выборе оптимального необходимого для предприятия опрыскивателя «AMAZONEN-Werke» следует использовать построенный график (рис. 8) максимальной выработки выпускаемых и поставляемых АО «Евротехника» АПК России машин.

Для определения максимально возможной производительности при высокой организации 2-сменной работы наиболее мощных, выпускаемых фирмой «AMAZONEN-Werke» опрыскивателей, были проведены испытания опрыскивателя *UX11200* (рис. 9*г*) с максимальной технологической емкостью объемом 12000 л – самый крупный среди прицепных опрыскивателей, оснащен штангой *Super-L* шириной 40 м и в комбинации с трактором *Fendt* мощностью 330 л.с., при рабочей скорости 13-15 км/ч, а при отсутствии ветра и росы – 17 км/ч, в течение суток. При норме технологического раствора 100 л/га на обработке посевов была получена производительность 43 га/ч или за 24 ч было обработано 1032 га.

То есть при техперевооружении небольших предприятий наиболее эффективным будет навесной опрыскиватель *UF* (рис. 9*а*), для средних – опрыскиватели *UX* и *UF* со штангой от 12 до 28 м (рис. 9*б, в*), для крупных предприятий – прицепной опрыскиватель *UX 11200* (рис. 9*г*) со штангой от 24 до 40 м и самоходный, самый совершенный на сегодняшний день – *Pantera SX4000* (рис. 9*д*).

Специфической особенностью внесения КАС на вегетирующую часть растений является оборудование опрыскивателей специальными, отличающимися от форсунок для работы с пестицидами, форсунками для зерновых культур и шлангами-удлинителями для пропашных культур с формированием крупных капель раствора, стекающего с листьев, не задерживающегося на их поверхности длительное время и не вызывающего химические ожоги. Для этого как АО «Евротехника», так и другие фирмы комплектуют свои опрыскиватели в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры, нормы внесения и состояния посевов струйными (рис. 10*а*) и дефлекторными (рис. 10*б*) форсунками различной производительности (номер форсунки).

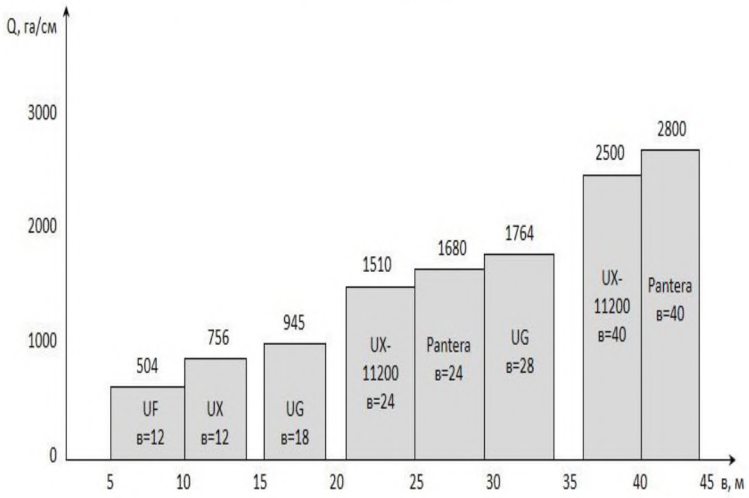


Рис. 8. Максимальная выработка (Q, га/см) опрыскивателей за агросрок (5 дней) при 10-часовой смене с различной шириной захвата штанги на рекомендуемых рабочих скоростях: 12 км/ч – для UF; 18 км/ч – для UX и UG; 20 км/ч – для Pantera



а



б



в



г



д

Рис. 9. Опрыскиватели компании «AMAZONEN-Werke»:
а – навесной *UF*; б – комбинированный *UF 2002*; в – прицепной *UX 5200*;
г – самый большой *UX 11200*; д – самоходный *Amazone Pantera SX 4000*



а *б*



в

Рис. 10. Форсунки:
а – струйная; б – дефлекторная (Lechler, Германия);
в – многоструйная форсунка на конце шланга-удлинителя

Особенно важно использовать при обработке пропашных (кукуруза, подсолнечник, соя и др.) и зерновых (в стадии после кущения) культур – шланги-удлинители одинарные, или спаренные (рис. 11) с грузиками на конце. Опять же шланги-удлинители фирмы Lechler (Германия) в работе более эффективны, так как на конце имеют пятиструйный разбрызгиватель с большей шириной захвата и обрабатываемой площадью в отличие от предлагаемых другими фирмами с одноструйным форсунками.

В настоящее время многие отечественные и мировые фирмы предлагают аграриям различные опрыскиватели и необходимое оборудование к ним для внесения перспективных минеральных удобрений в жидкой форме, АО «Евротехника» (г. Самара) немецкой компании «AMAZONEN-Werke» проводит данную работу системно и совместно как с Самарским ГАУ, так и с производителем удобрений (ПАО «КуйбышевАзот).



а



б

Рис. 11. Шланги-удлинители на опрыскивателях:
а – одинарные, расстановка 50 см; б – спаренные, расстановка 25 см

Учитывая возрастающий интерес аграриев к жидким минеральным удобрениям, в частности к карбамидно-аммиачным смесям КАС, по ряду их преимуществ по сравнению с твёрдыми минеральными удобрениями, компания АО «Евротехника», разработала и производит универсальный агрегат *FDC 6000* [34, 56] для внутрипочвенного внесения удобрений. Агрегат состоит из 2-х баков по 3000 л с общим объемом 6000 л для жидких минеральных удобрений КАС, автономного лопастного насоса для наполнения баков рабочим раствором – жидкими минеральными удобрениями, рабочего насоса с приводом от фрикционного колеса, двух баков для чистой

воды по 300 л, нижних тяг с навеской для агрегатирования сеялок или почвообрабатывающих машин с оборудованием для внесения жидких минеральных удобрений. При этом агрегат работоспособен при рабочей скорости до 20 км/ч с возможными нормами внесения от 40 до 300 л/га при точности дозировки ± 1% от нормы внесения. Для транспортирования агрегата установлены пневматические резиновые колеса с шириной колеи 2,3 м с осями без тормозов и сцепным устройством, состоящим из тяговой траверсы Kat. 2-5 и сцепной петли (рис. 12).



Рис. 12. Агрегат FDC 6000 для оборудования технологических комплексов – сеялок различного типа и назначения для одновременного внесения жидких удобрений

Агрегат *FDC 6000* имеет многочисленные возможности применения с различными сеялками компании «AMAZONEN-Werke» (например *EDX 9000-TC* шириной захвата 9 м) для точного высева пропашных культур (подсолнечник, кукуруза, соя и т.п.), а для зерна – с высокопроизводительными сеялками для прямого, мульчирующего и традиционного посевов *DMC 9000* и *DMC 12000* (шириной захвата 9 и 12 м) и высокопроизводительными сеялками для прямого мульчирующего и традиционного посевов *Condor 12000* и *Condor 15000* (шириной захвата 12 и 15 м) (рис. 13-15).



Рис. 13. Возможные варианты использования агрегата FDC с зерновыми и пропашными сеялками компании «AMAZONEN-Werke»



Рис. 14. Сеялка DMC 9000 в агрегате с FDC 6000 и долотовидный сошник, оборудованный устройством для внесения жидких минеральных удобрений



Рис. 15. Внесение КАС универсальным агрегатом FDC при посеве подсолнечника и зерновых соответственно сеялками EDX и DMC (АО «Евротехника» – г. Самара) в АО «Земледелец» Балашовского района Саратовской области

Дополнительно к тяговому усилию на перемещение сеялок для агрегата *FDC 6000* в полностью заправленном состоянии требуется тяговое усилие 50 л.с.

3. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАС ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

(яровая твердая пшеница, кукуруза, соя, подсолнечник)

В 2018-2020 гг. на полях Самарского ГАУ совместно с ПАО «КуйбышевАзот», крупнейшим заводом, производящим широкую гамму минеральных удобрений, в том числе и в жидком виде (КАС-32, КАС-24, КАССА (КАС с серой), РПС и др.), с использованием в основном сельхозтехники АО «Евротехника» (г. Самара) немецкой компании «AMAZONEN-Werke», проводились исследования эффективности их применения. Получена тенденция значительного увеличения урожайности и качества продукции таких основных сельхозкультур, как пшеница озимая, пшеница яровая твердая, соя, подсолнечник, кукуруза на зерно.

Нормы и дозы внесения КАС зависят от вида культур, срока и способа внесения, предшественника и других факторов. При внесении КАС необходимо использовать распылители для крупнокапельного внесения жидких удобрений.

Для получения максимальных результатов от использования удобрений КАС необходимо учитывать все факторы применения, как благоприятные, так и неблагоприятные.

Лучшее время для внекорневой подкормки растворами КАС – утреннее (при отсутствии росы) и вечерние часы. В прохладную и пасмурную погоду эту работу можно проводить в течение дня. Не следует подкармливать растения растворами КАС при температуре выше 20°С, низкой относительной влажности воздуха менее 56%, в ясный солнечный день. Сразу после дождей, сильной росы применять КАС нельзя, так как осадки делают структуру верхней пластинки листа более проницаемой. Поэтому обработка посевов должна проводиться после подсыхания листьев растений. Оптимальное время суток для внесения КАС в смеси с химическими средствами защиты растений – вечернее.

При внесении жидких удобрений КАС и КАС+S необходимо учитывать их агрессивное действие – «ожег» листьев подсолнечника, кукурузы в любой стадии развития и зерновых культур при обработке по «колосу» после фазы кущения при прямом попадании

удобрений на листья. В связи с чем данную технологическую операцию концентрированным КАС необходимо проводить по зерновым в фазу кущения, после фазы кущения – по «колосу» раствором КАС 1/4 -1/6, а по пропашным – как прикорневую подкормку специальными удлинителями на опрыскивателях (рис. 5) или крупнокапельными форсунками неконцентрированным КАС. В ходе исследований установлено, что безопасной концентрацией КАС-32, КАС-32+S, РПС является раствор данных препаратов в концентрации не более 5%.

Для перевозки КАС используются автоцистерны, кассеты или еврокубы, железнодорожные цистерны и танк-контейнеры.

Растворы КАС можно хранить в емкостях, используемых ранее для хранения аммиачной воды, ЖКУ или ГСМ, б/у железнодорожных цистернах, а также любых пластиковых емкостях объемом 25, 50, 75, 100 и 250 м³. Перекачку растворов КАС можно осуществлять как электрическими, так и бензиновыми центробежными насосами, которые соединяются трубопроводами и запорной арматурой.

Исследования проводились на опытном поле ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», которое располагается в центральной зоне Самарской области, в летний сезон 2018-2020 гг.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, остаточно-карбонатный, среднегумусный 4-6 (4,6), среднемощный, тяжелосуглинистый с содержанием легкогидролизуемого азота со средней степенью обеспечения *N* – 41,0-50,0 (48) мг/кг, с низким содержанием общего азота – 0,10-0,30 (23)%, со средним содержанием подвижного фосфора (*P*) – 50-100 (73) мг/кг и очень высоким содержанием подвижных соединений калия (*K*) – более 250 млн., с низким содержанием подвижной серы (*S*) 1-4 (0-6), pH почвы – 5,0-8,0 (7,4) ед.

Перед проведением исследований дополнительно для расчетов, необходимых для определения оптимальных норм внесения минеральных удобрений с учетом агрохимических рекомендаций, в 2018-2020 гг. была проведена оценка почвы по количественному составу элементов: *N, P, R, S, Cu, Fe, Mn, Ph*, органическое вещество – гумус (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика плодородия опытного участка для расчетов потребности в удобрениях

№	Агрохимические показатели	Ед. изм.	Фактически	Норматив	Степень обеспеченности
1	Массовая доля органического вещества	%	4,6	4-6	средняя
2	Количество легкогидролизуемого азота	мг/кг	48	41-50	средняя
3	Общий азот	%	0,23	0,35-0,50	низкая
4	Массовая доля K_2O (подвижные соединения калия)	млн$^{-1}$	588	>250	очень высокая
5	Массовая доля P_2O_5 (подвижные соединения фосфора)	млн$^{-1}$	73	50-100	средняя
6	Сера (подвижная форма)	мг/кг	1-4	0-6	низкая
7	Медь	мг/кг	менее 1,0	0,5-3,0	средняя

В связи с тем, что в исследованиях использовались серосодержащие минеральные удобрения КАССА (КАС-32+S) и КАС-32+РПС, перед исследованиями и в процессе исследований в почве и в вегетативных частях растений возделываемых сельхозкультур определялись все показатели плодородия почвы, в том числе сера (*S*) (мг на килограмм почвы), а также показатель кислотности pH и качественные показатели произведенной продукции: зерно твердой пшеницы, сои, кукурузы и семян подсолнечника в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Центральная научно-методическая ветеринарная лаборатория (Россельхознадзора)» и агрохимической лаборатории Самарского ГАУ. Результаты исследований показывают (табл. 2) очень высокое содержание в почве массовой доли калия и недостаточное количество азота, фосфора, серы, меди. Данная проблема решалось в научно-исследовательской работе за счет использования жидких минеральных удобрений на базе КАС, новых жидких азотосеросодержащих минеральных удобрений также на базе КАС, в том числе РПС (раствор питательный серосодержащий).

Метеорологические условия анализировались на основе данных АМС «Усть-Кинельское». Летние сезоны в 2018-2020 гг. характеризовались как острозасушливые и жаркие по сравнению со среднемноголетними данными. В 2018 г. за апрель-октябрь месяцы

выпало осадков всего 223,3 мм, что составило 72% от среднемноголетних – 308,6 мм, особенно дефицитными по осадкам были следующие месяцы: май (59,8%), июнь (34,2%), август (30,2%), сентябрь (41,7%) и октябрь (47,6%) при превышающих среднемноголетние показатели в апреле (166,9%) и в июле (144,8%). В целом по Самарской области по дефициту влаги 2018 г. отнесен на 7 место с 1936 г.

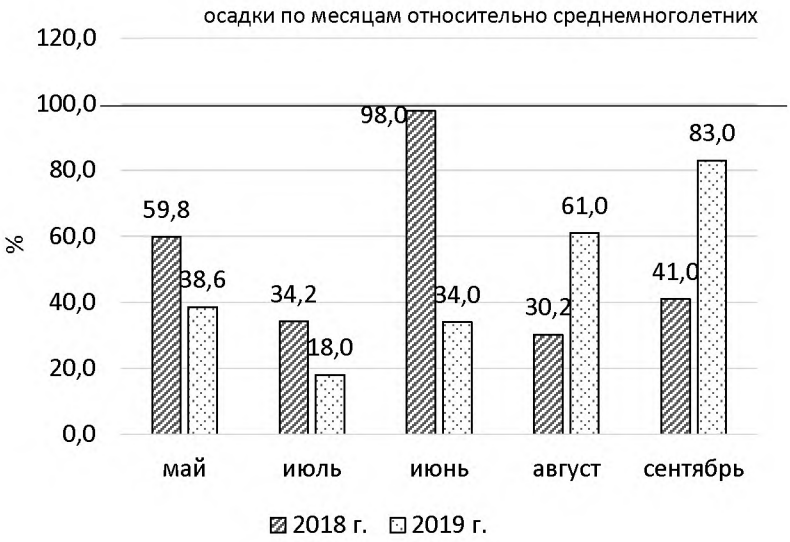


Рис. 16. Количество выпавших осадков в весенние, летние, осенние месяцы в сравнении со среднемноголетними показателями

Метеорологические условия в 2019 г. как и в 2018 г. также характеризуются как неблагоприятные – засушливые по отношению к среднемноголетним региональным данным (табл. 3). В весенне-летний период 2019 г. в мае фактически осадков выпало на 7,6 мм больше по сравнению со среднемноголетними, а в июне, июле, августе, сентябре их выпало соответственно на 18, 34, 61 и 83% больше от среднемноголетних (рис. 16). То есть при таком недостаточном увлажнении почвы естественными осадками твердые минеральные удобрения как правило не эффективны, так как они просто не растворяются (рис. 17), более эффективными будут, что и подтвердилось в опытах, жидкие минеральные удобрения на базе КАС

производства ПАО «КуйбышевАзот» и других химических предприятий, их выпускающих.



Рис. 17. Нерастворившиеся гранулы твердого минерального удобрения – аммиачная селитра (7 августа 2019 г.)

То есть ежегодно повторяющаяся частая засуха в зоне Поволжья и других регионах России (возможно из-за глобального потепления) требует корректировки традиционных агрохимических мероприятий, в том числе и при применении удобрений.

Для расчета необходимой нормы удобрений для получения плановой урожайности наряду с плодородием почвы по *N, P, K, S, Cu* и др., определялись запасы продуктивной влаги в почве (табл. 4). И если в начальный период проведения полевых работ (3 декада мая) влагообеспеченность почвы была достаточной для всходов, развития и роста полевых культур, то в дальнейшем наблюдался дефицит влаги из-за малого количества летних осадков (табл. 4), что также подтверждает целесообразность использования жидких минеральных удобрений в качестве некорневых подкормок растений через листья КАС-32 и КАС-32 с серой в различных концентрациях и в различные периоды вегетации растений. Данное положение в исследованиях было принято за основу, что и подтверждено результатами опытов, проведенных в 2018-2020 гг.

Таблица 3

Осадки (мм) и температура (°С) в весенне-осенний период 2019-2020 гг. в Кинельском районе Самарской области (опытное поле Самарского ГАУ)

Месяцы	Декады	Температура, °С		Осадки, мм	
		по декадам	среднемного-летняя	по декадам	среднемного-летние
Май	I II III среднее за месяц	16,2/17,0 18,2/12,4 17,2/17,3 17,2/15,6	15,1	25,0/2,8 12,2/12,0 1,4/2,8 38,6/17,6	31
Июнь	I II III среднее за месяц	20,8/18,4 19,3/20,1 21,7/16,9 20,6/18,5	19,3	0,4/45,2 3,9/0,3 6,2/2,8 10,5/48,3	56
Июль	I II III среднее за месяц	19,8/24,8 20,9/25,6 20,3/21,8 20,3/24,1	21,0	12,3/0,9 18,7/4,8 1,7/15,9 32,7/21,6	59
Август	I II III среднее за месяц	167/21,2 20,8/16,7 16,9/18,8 18,1/18,9	19,3	20,5/2,5 5,6/38,7 2,7/1,8 28,8/43,0	47
Сентябрь	I II III среднее за месяц	14,3/15,9 13,2/11,3 5,8/11,3 11,1/12,8	13,2	3,4/10,7 20,7/15,0 14,1/1,3 38,2/27,0	46

Таблица 4

Запасы продуктивной влаги в 0-100 см слое почвы в 2019 г., мм

Культуры (предшественники)	Периоды		
	3 декада апреля	3 декада мая	1 декада июня (3.06)
Озимая пшеница	162,5	85,7	67,2 (75)
Пар (ячмень)	132,9	124,4	120,4 (130)
Горох (ячмень)	132,9	109,6	79,3(95)
Ячмень (подсолнечник)	166,5	140,9	83,2(100)
Подсолнечник (яровая пшеница)	153,2 (1 декада мая)		114,1(120)

Влажность почвы на опытном поле была определена в начале мая 2020 г. Почвенные пробы отбирали в метровом слое через каждые 10 см на всех вариантах в трехкратном повторении. Установлено, что за счет зимних осадков на поле имелся достаточный запас влажности почвы для всходов сельхозкультур и их развития (табл. 5).

Таблица 5

Влажность почвы на глубине до 1 м через каждые 10 см (2020 г.)

Повторности			Глубина слоя, см	Средняя		Чистый пар		
1	2	3				1 вариант	2 вариант	3 вариант
25,8	26,4	25,4	0-10	25,9	0-30	26,7	26,6	26,2
27,9	27,7	27,6	10-20	27,7	0-50	26,9	26,9	26,5
26,2	27,0	26,5	20-30	26,6	50-100	25,9	25,7	25,4
27,8	27,0	26,8	30-40	27,2	0-100	26,4	26,3	26,0
27,8	27,6	26,7	40-50	27,4	-	-	-	-
27,6	27,8	27,1	50-60	27,5	-	-	-	-
27,1	26,1	25,7	60-70	26,3	-	-	-	-
25,8	25,7	25,3	70-80	25,6	-	-	-	-
25,6	25,6	24,8	80-90	25,3	-	-	-	-
24,4	24,7	25,1	90-100	24,8	-	-	-	-
25,2	26,2	25,0	0-10	25,5	-	-	-	-
27,4	27,4	27,6	10-20	27,5	-	-	-	-
26,1	27,7	27,2	20-30	27,0	-	-	-	-
27,1	26,7	27,2	30-40	27,0	-	-	-	-
27,4	27,9	27,4	40-50	27,6	-	-	-	-
26,4	27,0	25,7	50-60	26,4	-	-	-	-
25,9	26,7	25,9	60-70	26,2	-	-	-	-
25,9	26,1	25,3	70-80	25,8	-	-	-	-
26,4	25,3	25,4	80-90	25,7	-	-	-	-
24,1	25,2	23,8	90-100	24,4	-	-	-	-
25,6	24,2	24,9	0-10	24,9	-	-	-	-
26,2	27,2	26,8	10-20	26,8	-	-	-	-
27,3	27,0	26,3	20-30	26,9	-	-	-	-
27,8	27,3	27,3	30-40	27,5	-	-	-	-
26,6	27,1	26,6	40-50	26,8	-	-	-	-
26,3	26,2	26,5	50-60	26,3	-	-	-	-
26,4	25,9	27,9	60-70	26,7	-	-	-	-
25,2	25,4	25,2	70-80	25,3	-	-	-	-
24,9	24,8	24,2	80-90	24,6	-	-	-	-
24,3	23,5	23,9	90-100	23,9	-	-	-	-

Оптимальная влажность для появления всходов и развития растений определяется минимальным порогом влажности. Согласно

данным ряда ученых-растениеводов Краснодарского ГАУ предельная минимальная влажность составляет 15% (рис. 18).

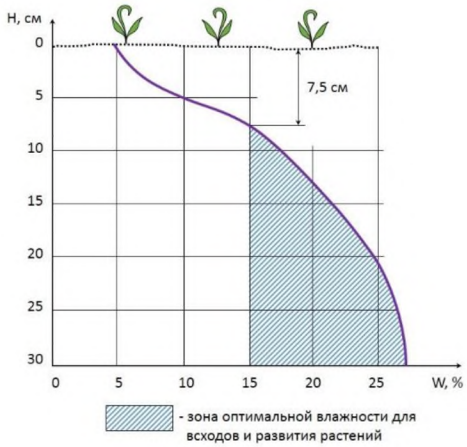


Рис. 18. К обоснованию глубины посева при оптимальной влажности для появления всходов сельхозкультур

Таким образом, условия для появления дружных всходов сельхозкультур и их дальнейшего развития по критерию «оптимальная влажность почвы» в период исследований (2018-2020 гг.) были благоприятными. Главным фактором обеспечения формирования качественного зерна и высокой урожайности было выполнение всех намеченных агрохимических мероприятий по эффективному использованию минеральных удобрений с обязательными защитными мероприятиями от сорняков, вредителей и болезней растений при содействии ПАО «КуйбышевАзот» (жидкие минеральные удобрения) и фирмы «Сингента» (средства защиты растений, гибриды кукурузы и подсолнечника).

Однако климатическая особенность зоны Поволжья и Самарской области создаёт достаточно сложные условия для формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур в течение всего периода вегетации, особенно во второй половине лета, когда жаркая погода с недостаточным количеством осадков подвергает сельхозкультуры большим стрессам (глубокие трещины на почве, рисунок 19), и в этом случае достаточно высока роль удобрений, так как хорошо удобренные растения менее требовательны к влаге.



Рис. 19. Почвенные трещины из-за недостатка влаги на посевах кукурузы и подсолнечника на опытном поле (16 июня 2020 г.)

К регулируемым важным факторам достаточно высоких урожаев основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в области, относятся местные зонально-адаптированные сорта и широко внедряемые в сельскохозяйственном производстве энерго-, влаго-, ресурсосберегающие технологии с соответствующим техническим обеспечением (большая заслуга в этом предприятий Самарской области – ПАО «КуйбышевАзот» и АО «Евротехника»).

Программа полевого опыта включала определение преимущества жидких минеральных азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений на базе КАС-32 по сравнению с традиционными твердыми минеральными удобрениями – аммиачная селитра, популяризацию среди сельских товаропроизводителей технологий применения жидких азотных удобрений (КАС), а также новых форм жидких азотных серосодержащих удобрений производства ПАО «КуйбышевАзот» с использованием современных технических средств компании АО «Евротехника» в почвенно-климатических условиях Среднего Поволжья (Самарская область), особенно при часто повторяющихся засухах при «рискованном» земледелии и прогнозируемом глобальном потеплении.

В задачи исследований входило:

- создание полевого полигона на территории землепользования ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, где на площади 3 га будут представлены технологии внесения азотных и азотосеросодержащих удобрений при возделывании следующих полевых культур: яровой твердой пшеницы, подсолнечника, сои, кукурузы;
- проведение семинаров с участием сельских товаропроизводителей (примерно 120 участников) на базе созданного полевого полигона с демонстрацией вариантов опыта, технологических особенностей применения удобрений по каждой полевой культуре, а также особенностей использования технических средств в логистике подвоза и внесения жидких удобрений.

Варианты и схема демонстрационного опыта (2018-2020 гг.)

По каждой культуре: яровая твердая пшеница, подсолнечник, соя, кукуруза в демонстрационном опыте были заложены 5 вариантов:

- 1 вариант – без удобрений (контроль);
- 2 вариант – внесение азота в виде твердой формы аммиачной селитры (стандарт);
- 3 вариант – внесение азота в виде жидкого азотного удобрения КАС-32;
- 4 вариант – внесение азота в виде жидкого азотно-серного удобрения КАССА;
- 5 вариант – внесение азота в виде жидкого азотно-серного удобрения РПС (2018-2019 гг.).

Схема полевого демонстрационного опыта представлена на рисунке 20.

Технологии внесения удобрений предусматривают следующие технические средства:

1) внесение жидких удобрений поверхностно опрыскивателем *UR 3000* (Amazone АО «Евротехника») многощелевыми форсунками для жидких удобрений на ранней фазе растений яровой твердой пшеницы;

2) внесение жидких удобрений под корень растений опрыскивателем *UR 3000* (Amazone АО «Евротехника») комплектом шлангов для корневой подкормки жидкими удобрениями сои, кукурузы, подсолнечника;

3) внесение аммиачной селитры в твердой форме (как объекта сравнения с жидкими удобрениями) предусматривается сеялкой Amazone DMC непосредственно в почву перед посевом.

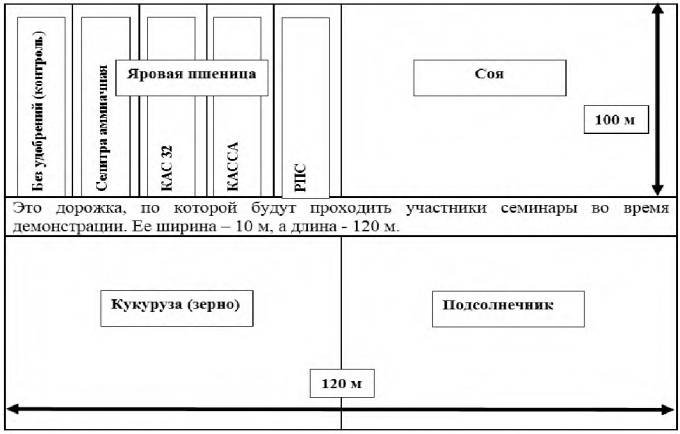


Рис. 20. Общая схема демонстрационного опытного участка

На участках посева каждой культуры оставляется контрольный участок шириной 12 м без внесения удобрений.

Общие размеры демонстрационного поля (с разворотными полосами для техники): ширина 120 м, длина 230 м. Это объясняется требованиями компактности, легкой выполнимости и удобства для демонстрации.

При расчете доз азотных удобрений учитывалась фактическая обеспеченность почвы на опытном участке доступным азотом (средний показатель 8,25 мг/100 г сухой почвы легкогидролизуемого азота в 0-30 см почвенном слое), а также коэффициент выноса азота из почвы и удобрений по каждой культуре. Общие дозы азотных удобрений рассчитаны исходя из возможной урожайности зерна подопытных культур по среднемноголетней влагообеспеченности места выполнения полевого демонстрационного эксперимента (табл. 6).

Перед посевом культур на участке демонстрационного опыта было проведено агрохимическое обследование почвы на содержание в пахотном слое доступных форм фосфора, калия и серы. При необходимости фосфорно-калийные удобрения (в твердой гранули-

рованной форме) вносили дополнительно в почву с помощью сеялки Amazone *DMC* непосредственно перед посевом подопытных культур.

Таблица 6

Совокупные дозы внесения азотных удобрений под культуры в демонстрационном опыте

Культуры	Плановая урожайность культур по влагообеспеченности территории, т/га	Дозы азотных удобрений общие (внесение за 3 приема), кг/га
Яровая твердая пшеница	3,0	102
Соя	2,3	143
Подсолнечник	2,8	132
Кукуруза	6,5	149

Развернутая схема опыта с разбивкой доз внесения удобрений по каждой подопытной культуре и каждому варианту внесения представлена в таблице 7. По каждой культуре предусмотрено 3 срока внесения:

1) до посева (под предпосевную обработку) (60% дозы);
2) фаза интенсивного роста (30% дозы);
3) формирование плодов (качество урожая) (10% дозы).

Способы внесения жидких удобрений:

1) многоструйные распылители будут использованы только на посевном внесении, а также по вегетации только на яровой твердой пшенице;

2) шланги для прикорневого внесения используем для работы по вегетации сои, кукурузы и подсолнечника.

Примечание: по варианту внесения жидкого азотного серосодержащего удобрения РПС дополнительно перед посевом культур вносили аммиачную селитру с целью обеспечения расчетной дозы азота под каждую культуру с помощью сеялки Amazone *DMC 4500* непосредственно в почву.

Потребности в материально-технических ресурсах

Потребность в семенах по культурам и сортам:

1) яровая пшеница твердая, сорта Безенчукская золотистая, Марина – 90 кг;

2) соя, сорта Самер-4, Самер-2 – 65 кг;

3) кукуруза, гибрид Пионер 7709, НК Фалькон («Сингента») – 11 кг;

4) подсолнечник, гибрид НК Фортими – 3 кг.

Таблица 7

Нормы внесения азотных удобрений (кг/га физической массы) под культуры в полевом демонстрационном опыте

Сроки внесения	Аммиачная селитра (N 34)	КАС-32 (N 32,3)	КАССА (N 24)	РПС (N 8)
Яровая пшеница твердая, общая доза азота 102 кг/га д. в.				
До посева	180	190	255	265
Кущение	90	95	128	183
Флаговый лист	30	32	43	128
Соя, общая доза азота 143 кг/га д. в.				
До посева	252	265	358	473
Фаза 3 настоящих листьев	126	133	179	236
Бутонизация – формирование бобов	42	44	60	178
Кукуруза, общая доза азота 149 кг/га д. в.				
До посева	263	277	373	418
Фаза 3 листьев	131	138	186	259
Фаза 8-10 листьев	44	46	62	86
Подсолнечник, общая доза азота 132 кг/га д. в.				
До посева	233	245	330	490
Фаза 2-3 листьев	116	123	165	295
Фаза «звездочки»	39	41	55	65

Таблица 8

Общая потребность в минеральных удобрениях

Культуры	Урожайность плановая, ц/га	Азотные удобрения, кг				Аммофос гранулированный, кг	Калий хлористый гранулированный, кг
		аммиачная селитра	КАС-32	КАССА	РПС		
Яровая пшеница	30	35	40	50	150	-	-
Соя	23	50	55	75	220	-	-
Кукуруза	65	97	103	138	412	40	140
Подсолнечник	28	60	63	84	252	90	115
Итого	-	242	261	347	1034	130	255

Аммофос и калий хлористый гранулированный вносили под кукурузу и подсолнечник перед посевом сеялкой Amazone *DMC* – эта сеялка прекрасно регулируется, приспособлена к работе с удобрениями для внутрипочвенного внесения. Глубина заделки удобрений в почву – 8-10 см.

Таблица 9

Потребность в средствах химической защиты растений (наименование и количество)

Культуры	Протравители	Биопрепараты	Гербициды	Фунгициды	Инсектициды
Яровая твердая пшеница	Селект макс, 0,5 л	-	Гранстар, 0,01 кг	Альто турбо, 1л	Эфория, 0,3 л
Соя	Максим, 0,1 л	Ризоторфин 0,1 кг	Фабиан, 0,05 л	Амистар трио, 2 л	Эфория, 0,3 л
Кукуруза	Круйзер, 0,2 л	-	Элюмис, 0,7 л	Амистар трио, 2 л	Эфория, 0,3 л
Подсолнечник	-	-	Евролайтинг, 0,6 л	Амистар трио, 2 л	Эфория, 0,3 л

Внесение жидких азотных и азотно-серных удобрений, а также средств химической защиты растений планируется выполнить опрыскивателем Amazone *UR 3000*, оборудованным необходимыми форсунками и комплектом гибких шлангов-удлинителей для каждого вида работ.

3.1. Эффективность применения КАС при возделывании яровой твердой пшеницы

Поволжье, располагающее обширной естественной базой для земледелия – это вторая по значению продовольственная база России. Сложившиеся природно-климатические условия способствуют развитию сельского хозяйства. В структуре посевов преобладают зерновые (около 70%), так как здесь довольно засушливый климат. Главная зерновая культура – яровая пшеница. В Поволжье выращивают очень ценные сорта твердой пшеницы. В связи с чем исследования по применению КАС-32 в чистом виде и с содержанием серы (*S*) проводились на зерновых колосовых культурах, в частности, на яровой твердой пшенице сорта Марина селекции Самарского НИИСХ [12, 13, 19, 31, 43, 50, 51, 53, 54, 57, 64, 66].

Первый этап. Первая подкормка по листовой поверхности осуществляется ранней весной на этапе кущения и роста растений. На этом этапе используют неразбавленную форму КАС. Оптимальная температура воздуха до +10°С – это дает возможность вносить КАС по листовой поверхности без угрозы ожога.

Второй этап. Вторая подкормка совпадает с периодом трубкования (от начала до середины фазы). Температура воздуха в рамках + 15-19°С при условии разведения удобрения водой 1:3 или 1:4, на этой фазе можно использовать удлинительные шланги для подачи КАС в междурядья.

Подкормка по вегетации КАС с СЗР (средства защиты растений). Порядок смешивания следующий: сначала заливают СЗР с водой, потом добавляют КАС и доливают воду. Раствор нужно перемешивать не менее 15-20 мин.

Жидкие удобрения КАС, КАС с содержанием серы и раствор питательный серосодержащий (РПС) производства ПАО «КуйбышевАзот» в 2018-2020 гг. испытывались на деляночных и производственных опытах Самарского ГАУ (Самарская область, Кинельский район, п. Угорье). На контрольных делянках вносилось популярное гранулированное минеральное удобрение – аммиачная селитра для сравнения (контроль). На испытуемых делянках вносили КАС-32, КАС-32 + S и КАС-32 + РПС (2018-2019 гг.).

РПС (раствор питательный серосодержащий) – это жидкое комплексное удобрение, представляющее собой смесь сульфата аммония и аммиачной воды с содержанием 7% азота и 8% серы.

Именно на втором этапе экономически выгодно совместить использование КАС со средствами защиты растений от сорняков и болезней.

Третий этап. Работа по «колосу» в период восковой спелости при условии разведения водой 1:6 при температуре не выше + 25°С и отсутствии осадков (ночь, утро, вечер) со средствами защиты от болезней и вредителей.

При разбавлении растворов КАС водой необходимо тщательное перемешивание. КАС тяжелее воды (плотность 1,32 кг/л) и при плохом перемешивании раствор расслаивается. Если готовить раствор КАС в опрыскивателе, то сначала в опрыскиватель наливают 1/3 объема воды и включают мешалку, потом, при непрерывном перемешивании, добавляют расчетное количество КАС и перемешивают раствор не менее 15-20 мин.

Сроки посева яровой твердой пшеницы были следующие: 22.05.2018 г., 10.05.2019 г., 5.05.2020 г., норма высева – 4,0 млн. шт./га, тип почвы – чернозем тяжелосуглинистый.

Исследования включали следующие варианты опытов:

- 1-й вариант (контроль) – аммиачная селитра. Внесение под предпосевную культивацию гранулированного минерального удобрения 176 кг/га ф. в. (N60 кг/га д. в.) разбрасывателем *ZA-M 1500* (Amazone);
- 2-й вариант – КАС-32. Внесение опрыскивателем *UR 3000* крупнокапельными 7-струйными форсунками). Сплошное внесение под предпосевную культивацию 144 л/га (186 кг/га ф. в.) N60 кг/га д. в.;
- 3-й вариант – КАС + S. Дополнительное внесение серы. КАС + S – 134 л/га (166 кг/га ф. в.) N40 кг/га д. в. + S5 кг/га д. в. – сплошное внесение опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными 7-струйными форсунками под предпосевную культивацию;
- 4-й вариант – КАС-32 + РПС. Дополнительное внесение серы:

а) внесение опрыскивателем *UR 3000* крупнокапельными 7-струйными форсунками под предпосевную культивацию КАС-32 96 л/га (124 кг/га ф. в.) – N40 кг/га д. в.;

б) подкормка в фазу 8-10 листьев опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) удлинительными шлангами РПС (раствор питательный серосодержащий) 200 л/га (220 кг/га ф. в.) N20 кг/га д. в. + S23 кг/га д. в.



Рис. 21. Яровая твёрдая пшеница сорта Марина (Самарский НИИСХ) на опытном участке (2018 г.)

Проведенные трехлетние (2018-2020 гг.) исследования по сравнительной оценке влияния жидких азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений на базе КАС-32 и твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) в равном азотном эквиваленте на

урожайность яровой твердой пшеницы в примерно одинаковых погодных условиях (с недостаточным увлажнением, засухами), показали (рис. 22) устойчивую тенденцию по годам преимущественно более значительного положительного влияния жидких удобрений по сравнению с твердыми. Так, средняя за три года урожайность яровой твердой пшеницы составила при применении твердых удобрений (аммиачная селитра) – 19,7 ц/га, при одноразовом применении жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 – 22,7 ц/га или возросла на 15,2%, при дробном внесении КАС-32 урожайность составила 24,1 ц/га или возросла на 22,3%, при дробном внесении КАС-32+S урожайность составила 25,6 ц/га или возросла на 30% соответственно относительно урожайности в контроле (удобрения вносились с расчетом одинакового эквивалента по азоту).

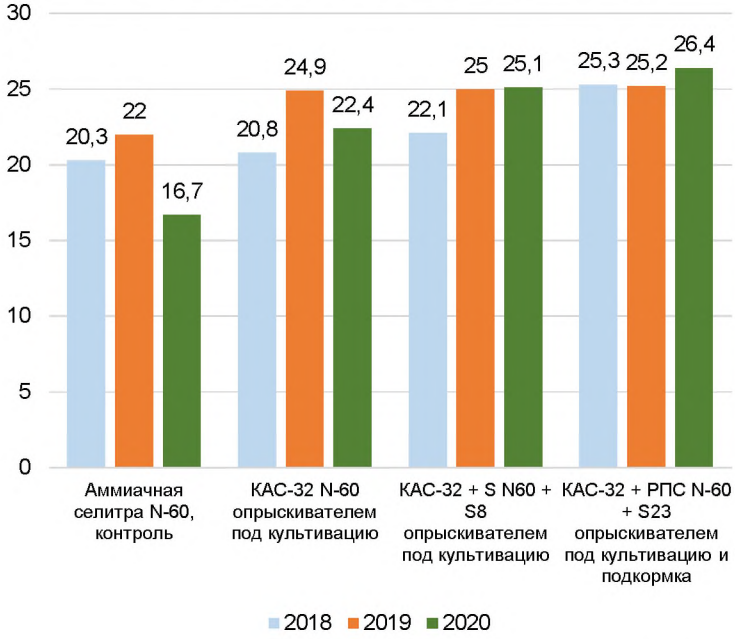


Рис. 22. Сравнительная урожайность яровой твердой пшеницы сорта Марина по вариантам опытов, ц/га (2018-2020 гг.)

На данном этапе исследований применяли два метода оценки урожайности: трехкратный ручной отбор снопов с делянок и обмолот специальным селекционным комбайном *TERRION 2010*

(рис. 23) всей площади делянок, причем показатель урожайности, полученный при комбайновом обмолоте, превышал таковой, полученный путем отбора снопов (табл. 10).



Рис. 23. Селекционный, лабораторный комбайн TERRION 2010 при уборке опытных делянок яровой твердой пшеницы

Таблица 10

Влияние КАС на урожайность и качество яровой твердой пшеницы сорта Марина (2020 г.)

Показатели	Варианты опытов							
	контроль (аммиачная селитра перед посевом)		КАС-32 перед посевом		КАС-32 дробно		КАС + S	
	4.08	23.08	4.08	23.08	4.08	23.08	4.08	23.08
Урожайность, ц/га	16,7 (С)	28,7 (К)	22,4 (С)	30,5 (К)	25,1 (С)	29,34 (К)	26,2 (С)	28,0 (К)
Массовая доля белка, % на сухое в-во	20,35	21,6	20,5	24,2	22,2	22,3	20,8	22,9
Кол-во клейковины, %	32,0	32,8	31,1	35,2	33,75	33,7	32,5	34,0
Стекловидность, %	38,6	27,0	40,0	24,1	40,4	23,3	41,3	21,3
Влажность, %	11,0	12,6	11,0	12,6	11,1	12,6	11,2	12,1
ИДК	75,7	66,2	77,1	62,2	72,65	62,6	77,7	63,5

Примечание: С – уборка ручная (снопы); К – комбайновая уборка (урожайность бункерная).

Также по вариантам опыта определяли качество зерна пшеницы (табл. 10). Установлено, что по основным показателям яровая твердая пшеница сорта Марина в 2020 г. соответствовала I-II классу качества и особенно значимым был показатель «число падений», который, по сравнению с прошлыми годами, вырос до 305 ед., что обеспечило достижение данного проблемного показателя, наряду с

другими, до показателя общего уровня качества зерна, соответствующего I классу.

Общее состояние посевов яровой твердой пшеницы Марина перед уборкой и в снопах представлено на рисунках 21, 24, 25 соответственно в 2018, 2019, 2020 гг.



Рис. 24. Сравнительные образцы яровой твердой пшеницы сорта Марина по вариантам опыта, отобранные на делянках с 1 м² (2019 г.)



Рис. 25. Сравнительные образцы яровой твердой пшеницы сорта Марина по вариантам опыта (2020 г.)

Выявлено, что применение жидких минеральных азотных и азотосеросодержащих удобрений на базе КАС-32 по сравнению с твердыми традиционно вносимыми (аммиачная селитра) за три года исследований показало значительно лучшие результаты (рис. 26) с устойчивой положительной динамикой.

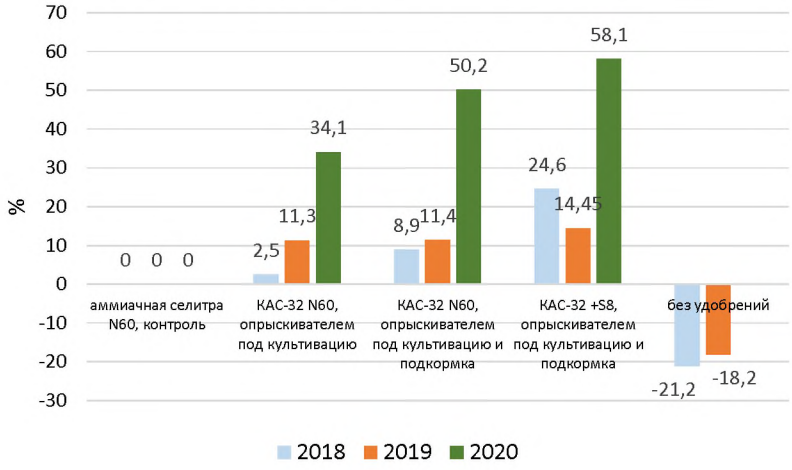


Рис. 26. Прибавка урожайности яровой пшеницы, % (2018-2020 гг.)

На основании результатов исследований (2018-2020 гг.) Самарского ГАУ совместно с ПАО «КуйбышевАзот», АО «Евротехника», Самарским научным центром РАН и компанией «Сингента» проведена экономическая оценка и оценка эффективности жидких азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений на базе КАС-32 по сравнению с твердыми (аммиачная селитра) (табл. 11, 12).

Таблица 11

Влияние КАС на урожайность и качество яровой твердой пшеницы сорта Марина (2018-2020 гг.)

Показатели	Варианты опытов												
	контроль (аммиачная селитра) N60			КАС-32 N60, опрыскивателем под культивацию; под культивацию и подкормка			КАС-32 + S N60 + S8, опрыскивателем под культивацию и подкормка			КАС-32 + РПС N60 + S23, опрыскивателем под культивацию и подкормка		без удобрений	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Урожайность, ц/га	20,3	22,0	16,7	20,87	24,9	22,4	22,09	25,0	25,1	25,3	25,2	16,7	18,0
Влажность, %	12,5	10,6	11,0	12,3	10,7	11,0	12,7	10,5	11,1	12,4	10,8	12,0	10,5
ИДК, ед.	92	79	76	94	77	77	93	78	78	90	79	95	78
Клейковина, %	28,5	27,03	32	30,3	27,96	31,1	30,5	28,80	32,5	31	29,36	26,9	24,72
Натура зерна, г/л	779	781	789	784	789	794	782	783	796	790	794	771	779

В 2020 г. показатель «число падений» составил 305 ед., что соответствует I классу. В целом по качеству полученного зерна пшеницу можно отнести к III классу

Цена пшеницы III класса на 1.10.2018 г. – 14000 руб./т, на 5.11.2019 г. – 13000 руб./т (снижение от начальной – 15%), цена пшеницы I класса на 01.12.2020 г. – 18000 руб./т.

Таблица 12

Экономическая эффективность применения КАС при выращивании яровой твердой пшеницы сорта Марина (2018-2020 гг.)

Показатели	Варианты опытов												
	контроль (аммиачная селитра) N60			КАС-32 N60 опрыскивателем под культивацию			КАС-32 + S N60+ S8 опрыскивателем под культивацию			КАС-32 + РПС N60 + S24 опрыскивателем под культивацию и подкормка		без удобрений	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Затраты (стоимость удобрений), руб./га	2323	2905	3305	2064	2550	3020	2065	2479	3170	2008	2774	–	–
Затраты на применение удобрений, руб./га	265	265	295	225	225	256	225	225	256	330	330	–	–
Урожайность, ц/га: Самарский ГАУ	20,3	22,0	16,7	20,87	24,9	25,1	22,09	25,0	26,2	25,3	25,2	16,7	18,0
Самарская область	14,7	17,5	20,0	14,7	17,5	20,0	14,7	17,0	20,0	14,7	17,5	14,7	17,5
Прибавка к областному уровню, ц/га	5,5	2,5	– 3,3	6,17	7,4	5,1	7,39	8,0	6,2	10,6	7,7	2,0	0,5
Стоимость продукции, руб./га	28420	28600	30060	29218	32370	45180	30926	32890	47160	35420	32760	23380	23400
Доход (с учетом вычета затрат на производство и удобрения), руб./га	10332	9930	26745	11429	14095	41904	13136	14686	43734	17582	14450	7880	7900
Дополнительная прибыль к контролю, руб./га	2452	2030	4860	3549	6195	20304	5256	6786	22070	9702	6550	0	

Таким образом, за три года исследований (2018-2020 гг.), проведенных на опытных полях ФГБОУ ВО Самарского ГАУ, с чрезвычайно неблагоприятными погодными условиями (малое количество выпавших осадков в весенние, летние, осенние сезоны, жаркая погода в период вегетации) установлено значительное преимущество эффективности использования жидких минеральных удобрений по сравнению с твердыми (аммиачная селитра) при возделывании яровой твердой пшеницы сорта Марина селекции Самарского НИИСХ.

В целом отмечается положительная тенденция роста урожайности от действия ЖМУ КАС по всем вариантам опытов за три года

исследований. На типичных черноземах обыкновенных в условиях лесостепи Среднего Поволжья в вариантах применения жидких минеральных удобрений – КАС-32 и КАС-32+S по сравнению с общепринятым традиционным использованием твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра), несмотря на неблагоприятные погодные условия по увлажнению была получена наивысшая урожайность зерна пшеницы (ц/га) и эффективность (руб./га) соответственно по годам (2018, 2019, 2020 гг.): КАС-32 (одноразово и дробно) и КАС-32+S (дробно) – 20,08 и 25,3 (контроль – 20,3); 24,9 и 25,2 (контроль – 22,0); 22,4 и 26,4 (контроль – 16,7) и 11136, 14095, 41904; 14095, 14686, 43734.

Значительный рост доходности производства яровой твердой пшеницы в 2020 г. по сравнению с 2018 и 2019 гг. связан с большей урожайностью, значительными повышениями качества зерна (2018-2019 гг.) – I, II класс и неклассное из-за низкого показателя «число падений», 2020 г. – I класс по всем показателям качества зерна с возросшей закупочной ценой – с 13000 до 18000 руб./т (соответственно 2019 и 2020 гг.).

3.2. Эффективность применения КАС при возделывании кукурузы

Вопрос отзывчивости сельскохозяйственных культур на внесение удобрений изучается давно, однако до настоящего времени эти исследования остаются актуальными, при этом ведущим фактором увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур выступают удобрения, их применение способствует увеличению прибавок урожая до 60%. Кукуруза является одной из важнейших сельскохозяйственных культур в мире из-за высокой потенциальной урожайности и универсальности использования. В условиях лесостепи Среднего Поволжья кукуруза возделывается, начиная со второй половины 50-х годов XX в., как основная силосная культура. С появлением скороспелых гибридов, которые потенциально способны обеспечить высокие урожаи зерна (8-10 т/га), стало эффективным выращивание культуры в этой сельскохозяйственной зоне. Поэтому при выборе семян кукурузы для оценки эффективности применения жидких азотных и азотосеросодержащих удобрений на основе КАС остановились на семенах фирмы «Сингента».

Сроки посева кукурузы были следующие: 04.06.2018 г., 11.05.2019 г., 05.05.2020 г., норма высева – 75 тыс. шт./га, тип почвы – чернозем, тяжелосуглинистый.

Исследования включали следующие варианты опытов:

- 1-й вариант (контроль) – аммиачная селитра. Внесение минерального удобрения под предпосевную культивацию 264 кг/га ф. в. (N90 кг/га д. в.) разбрасывателем *ZA-M 1500*;
- 2-й вариант – КАС-32. Одноразовое сплошное внесение КАС-32 – 216 л/га (279 кг/га ф. в.), N90 кг/га д. в. опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными 7-струйными форсунками под предпосевную культивацию;
- 3-й вариант – КАС-32. Дробное внесение:

а) КАС-32 – 108 л/га (140 кг/га ф. в.), N45 кг/га д.в. – сплошное внесение под предпосевную культивацию опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными 7-струйными форсунками;

б) подкормка КАС-32 108 л/га (140 кг/га ф. в.), N45 кг/га – опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) удлинительными шлангами в междурядье в фазе 8-10 листьев;

- 4-й вариант – КАС + S. Дополнительное внесение серы: КАС + S – 252 л/га (315 кг/га ф. в.) N90-S7 д. в. – сплошное внесение опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными 7-струйными форсунками под предпосевную культивацию;
- 5-й вариант – КАС-32 + РПС (только в 2018-1019 гг.). Дополнительное внесение серы:

а) внесение опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными 7-струйными форсунками под предпосевную культивацию КАС-32 – 120 л/га (155 кг/га ф. в.) N50 кг/га д. в.;

б) подкормка в фазу 8-10 листьев опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) удлинительными шлангами РПС (раствор питательный серосодержащий) 300 л/га (330 кг/га ф. в.) N40 кг/га д. в. + S24 кг/га д. в.

Проведенные трехлетние (2018-2020 гг.) исследования по сравнительной оценке влияния жидких азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений на базе КАС-32 и твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) в равном азотном эквиваленте на урожайность кукурузы в примерно одинаковых погодных условиях (недостаточное увлажнение, засухи) показали (рис. 27)

устойчивую тенденцию по годам преимущественного более значительного положительного влияния жидких удобрений по сравнению с твердыми. Так, средняя за три года урожайность кукурузы составила при применении твердых удобрений (аммиачная селитра) 63 ц/га, при одноразовом применении жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 – 78 ц/га или урожайность возросла на 24%, при дробном внесении КАС-32 урожайность составила 82 ц/га или возросла на 30%, при дробном внесении КАС-32+S урожайность составила 84 ц/га или возросла на 33% (удобрения вносились с расчетом одинакового эквивалента по азоту). Также определялось качество зерна кукурузы по вариантам опыта, свидетельствующее о некоторых отклонениях показателя «массовая доля сырого протеина», (%) по вариантам опытов и по годам исследований, но в целом какой-то устойчивой динамики по улучшению или ухудшению качества зерна кукурузы в зависимости от применения удобрений не выявлено [11, 15, 22, 35, 74].

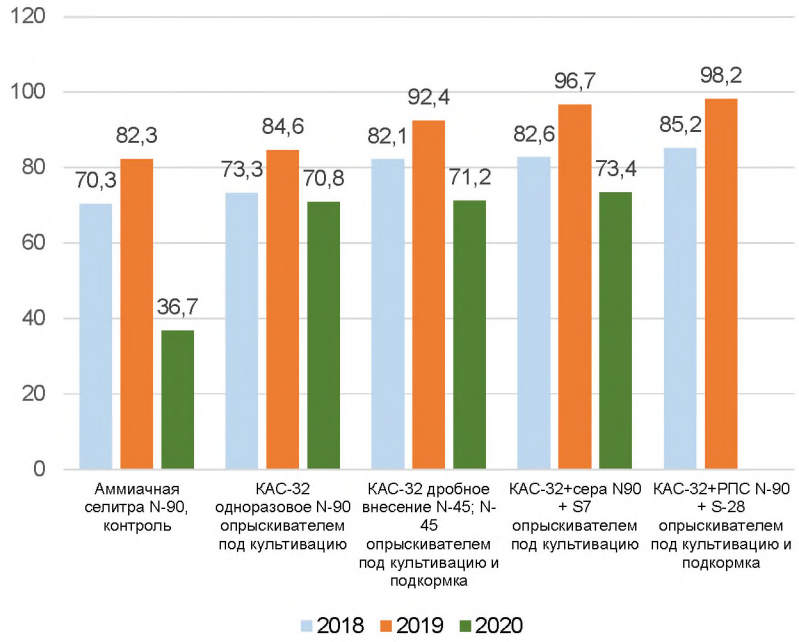


Рис. 27. Урожайность кукурузы, ц/га: гибриды – Пионер 7709 (2018 г.); НК Фалькон (2019-2020 гг.)



Рис. 28. Гибрид кукурузы Пионер 7709 (2018 г.)



Рис. 29. Гибрид кукурузы НК Фалькон («Сингента») (2019 г.)



Рис. 30. Кукуруза НК Фалькон (2020 г.)



Рис. 31. Образцы кукурузы по вариантам опытов (2020 г.)



Рис. 32. Образцы кукурузы – 1 вариант, урожайность 36,7 ц/га (2020 г.)



Рис. 33. Образцы кукурузы – 2 вариант, урожайность 70,8 ц/га (2020 г.)



Рис. 34. Образцы кукурузы – 3 вариант, урожайность 71,2 ц/га (2020 г.)



Рис. 35. Образцы кукурузы – 4 вариант, урожайность 73,4 ц/га (2020 г.)

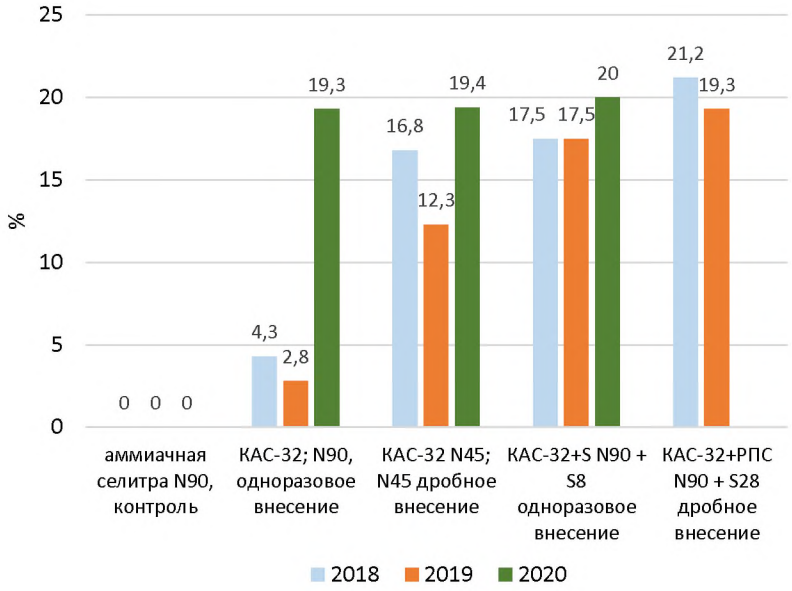


Рис. 36. Прибавка урожайности кукурузы, % (2018-2020 гг.)

Таблица 13

Эффективность использования жидких удобрений КАС на посевах гибридов кукурузы Пионер 7709 (2018 г.) и НК Фалькон (2019-2020 гг.)

Показатели	Варианты опытов													
	контроль (аммиачная селитра) N90			КАС-32 одноразовое N90, опрыскивателем под культивацию			КАС-32 дробное внесение N45, N45, опрыскивателем под культивацию и подкормка			КАС-32+S N90 + S7, опрыскивателем под культивацию			КАС-32+РПС N90 + S28, опрыскивателем под культивацию и подкормка	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.
Урожайность, ц/га	70,3	82,3	36,7	73,3	84,6	70,8	82,1	92,4	71,2	82,6	96,7	73,4	85,2	98,2
Уборочная влажность, %	17,2	12,9	15,34	17,2	13,2	15,53	20,8	12,4	11,91	19,0	13,1	14,50	16,0	13,4
Сырая зола, %	1,5	1,35	1,25	1,8	1,55	0,95	1,7	1,35	1,10	1,6	1,4	0,85	1,7	1,34
Сырой протеин, %	8,56	8,09	11,58	10,0	8,04	10,72	11,25	8,32	10,44	9,19	7,60	10,03	9,63	6,30
Содержание сухого в-ва, %	82,8	87,15	84,66	82,8	86,81	84,47	79,2	87,59	88,09	80,2	86,90	85,50	84,0	86,60

Таблица 14

Экономическая эффективность применения КАС при выращивании гибридов кукурузы Пионер 7709 (2018 г.) и НК Фалькон (2019-2020 гг.)

Показатели	Варианты опытов														
	контроль (аммиачная селитра) N90			КАС-32; N90 одноразовое внесение			КАС-32 N45; N45 дробное внесение			КАС-32+S N90 + S8 дробное внесение			КАС-32+РПС N90 + S28 дробное внесение		
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Затраты (стоимость удобрений), руб./га	3464	3952	–	3096	3352	–	3108	3608	–	2867	3500	–	3041	–	–
Урожайность на опытном участке, ц/га	70,3	82,3	36,7	73,3	84,6	70,8	82,1	92,4	71,2	82,6	96,7	73,4	85,2	98,2	–
Средняя урожайность по области, ц/га	33,3	30,0	30,0	33,3	30,0	30,0	33,3	30,0	30,0	33,3	30,0	30,0	33,3	30,0	–
Стоимость продукции, руб./га	66785	69955	47710	69635	71910	92040	77995	78540	92560	78470	82195	95420	80940	83895	–
Доходность (с учетом вычета производственных затрат и на удобрения), руб./га	47821	50230	27558	51039	55698	72688	59387	59315	71320	60103	62743	75064	62399	64095	–
Дополнительная прибыль к контролю, руб./га	–			3218	5468	45130	11566	9085	43762	12282	12530	47506	14578	13815	–

Цена кукурузы на 5.11.2019 г. – 8500 руб./т; на 01.12.2020 г. – 13000 руб./т; на 1.11.2020 г. – 35000 руб./га.

Таким образом, за три года исследований (2018-2020 гг.) подтвердилась гипотеза эффективности применения жидких азотных серосодержащих минеральных удобрений на основе КАС-32 и КАС-32+S при возделывании гибридов кукурузы компании «Сингента» Пионер 7709 и НК Фалькон.

Не смотря на то, что погодные условия в годы проведения исследований были неблагоприятными (малое количество осадков в весенние, летние и осенние сезоны), эффективность использования жидких минеральных азотных и азотосеросодержащих удобрений при возделывании кукурузы была выше в сравнении с использованием твердых удобрений (аммиачная селитра), что особенно проявилось в 2020 г.

В целом тенденция роста урожайности по вариантам с применением КАС (2018-2020 гг.) за три года сохранилась. На типичных черноземах обыкновенных в условиях лесостепи Среднего Поволжья в вариантах с применением жидких минеральных удобрений КАС-32 и КАС-32 + S по сравнению с общепринятым традиционным использованием твердых минеральных удобрений (контроль) была получена наивысшая урожайность зерна кукурузы, ц/га: КАС-32 (два варианта внесения: одноразово перед посевом и дробно – перед посевом и во внекорневых подкормках в одинаковом азотном эквиваленте) и КАС-32 + S – 78; 82,6; 82; 96,7; 84; 73,4 и 70,3; 82,3; 36,7 (контроль) соответственно в 2018, 2019, 2020 гг.

Установлено, что при использовании жидких минеральных удобрений КАС-32, КАС-32 + S, несколько улучшается качество продукции, сокращаются затраты на складское хранение, погрузку-выгрузку, жидкие удобрения по сравнению с аммиачной селитрой не опасный груз, что также является косвенным фактором увеличения эффективности при их использовании.

Так же в 2019 г. были проведены дополнительные исследования на кукурузе с использованием оптимальной концентрации КАС, не наносящей «ожогов» листьям.

Как показывает опыт применения КАС на пропашных (кукуруза, подсолнечник, соя) при использовании удлинителей для внесения жидких удобрений при попадании КАС на листья происходит их «ожог» с дальнейшим увяданием и засыханием. Автором были проведены исследования по подбору безопасной концентрации

КАС, при которой «ожога» листьев не происходит при его внесении крупнокапельными форсунками, что в итоге, несомненно за счет подкормки вегетативной части растений дополнительно азотом и серой, вызовет их интенсивный рост с увеличением урожайности. Опыты проводились на тех же делянках, что и в основные исследования. КАС-32 и КАС-32 + S вносились ранцевым опрыскивателем крупнокапельным распылителем из расчета 35 л раствора на 1 га. При этом экспериментально была принята безопасная концентрация КАС-32 составляющая 5% действующего вещества. Обработка посевов кукурузы была проведена в фазу 7 листьев 10.06.2019 г. Визуальная оценка посевов показала значительный «ожог» листьев кукурузы концентрированными удобрениями КАС-32 (рис. 37*в*) и КАС + S (рис. 37*а*) по сравнению с обработанными 5% раствором КАС + S посевами (рис. 37*б*).



Рис. 37. Посевы кукурузы, обработанные концентрированными жидкими минеральными удобрениями:
а – КАС-32 + S (слева); б – 5% раствором КАС-32 + S (в центре);
в – КАС-32 (справа)

В процессе вегетации кукурузы растения, обработанные концентрированным КАС-32 и КАС-32 + S, восстановились, однако их развитие несколько отстало от растений, обработанных 5% раствором КАС-32. Замеры высоты растений, произведенные 2.07.2019 г., показали, что средняя высота растений, обработанных 5% раство-

ром КАС-32 составила 120,8 см (рис. 38, II), обработанных концентрированными КАС-32 – 93,6 см (рис. 38, III), КАС-32 + S – 99,6 см (рис. 38, I). В связи с полученными данными технологический прием обработки посевов 5% раствором КАС повышает урожайность кукурузы и других пропашных культур на 3-8%.

Аналогичные результаты по сохранности посевов от «ожогов» получены при использовании КАС в качестве внекорневой подкормки подсолнечника и сои.

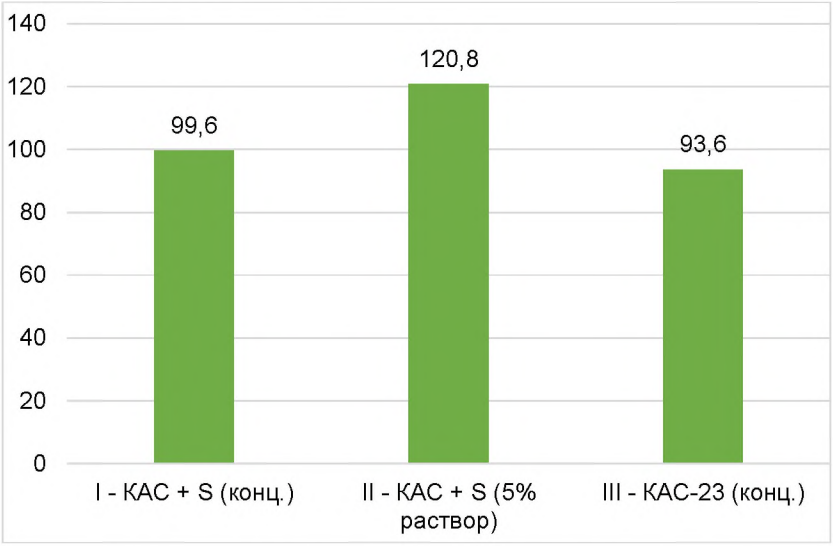


Рис. 38. Высота растений (см) кукурузы в зависимости от внекорневой подкормки вегетативной части концентрированными жидкими минеральными удобрениями КАС-32+S (I), КАС-32+S (II) и 5% раствором КАС (III)

Таким образом, в ходе проведения дополнительных исследований установлена безопасная концентрация жидких минеральных азотных серосодержащих удобрений на основе КАС-32: КАС-32 + S и КАС-32 + РПС, не вызывающая «ожог» листьев кукурузы (аналогичный эффект получен на подсолнечнике и сое) и в тоже время обеспечивающая необходимую подкормку сельскохозяйственных культур азотом и серой.

3.3. Эффективность применения КАС при возделывании сои

Соя – ценнейшая белковая и масличная культура, увеличение производства зерна которой является актуальной задачей сельского хозяйства России. Соя, несмотря на то, что это влаголюбивая культура, возделывалась на опытных полях Самарского ГАУ на богаре. При достаточном минеральном питании региональные сорта селекции Самарского НИИСХ показывали хорошие результаты даже при неблагоприятных погодных условиях (недостаточная влажность и высокие температуры воздуха) [2, 70], что и явилось основанием для включения сои в перечень исследуемых культур при оценке жидких минеральных удобрений на основе КАС.



Рис. 39. Посевы сои сорта Волма (2018 г.)

Сроки посева были следующие: 25.05.2018 г., 10.05.2019 г., норма высева – 580 тыс. шт./га, тип почвы – чернозем тяжелосуглинистый.

Исследования включали следующие варианты опытов:

- 1-й вариант (контроль) – аммиачная селитра. Внесение разбрасывателем *ZA-M 1500* под предпосевную культивацию нормой 220 кг/га ф. в. (N75 кг/га д. в.);
- 2-й вариант – КАС-32. Внесение опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными 7-струйными форсунками 170 л/га (234 кг/га ф. в.), N75 кг/га д. в. под предпосевную культивацию;

• 3-й вариант – КАС-32. Дробное внесение:

а) сплошное внесение под предпосевную культивацию опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными 7-струйными форсунками 72 л/га (93 кг/га ф. в.), N30 кг/га д. в.;

б) подкормка опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) удлинительными шлангами в междурядье в фазе 3 листа 72 л/га (93 кг/га ф. в.), N30 кг/га д. в.;

в) подкормка опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) удлинительными шлангами в междурядье в фазе бутонизации 36 л/га (46 кг/га ф. в.), N – 15 кг/га д. в.;

• 4-й вариант – КАС + S. Дополнительное внесение серы. Сплошное внесение 210 л/га (265 кг/га ф. в.) N75 кг/га д. в. и S7 кг/га д. в. опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными 7-струйными форсунками под предпосевную культивацию;

• 5-й вариант КАС-32 + РПС (только в 2018-2019 гг.). Дополнительное внесение серы:

а) КАС-32 – 120 л/га (155 кг/га ф. в.) N50 кг/га д. в. сплошное внесение опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными 7-ми струйными форсунками под предпосевную культивацию;

б) РПС (раствор питательный серосодержащий) подкормка в междурядье в фазе бутонизации 357 л/га (392 кг/га ф. в.) N25 кг/га д. в. и S28 кг/га д. в. опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) с удлинительными шлангами.

Проведенные трехлетние (2018-2020 гг.) исследования по сравнительной оценке влияния жидких азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений на базе КАС-32 и твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) в равном азотном эквиваленте на урожайность сои в примерно одинаковых погодных условиях (недостаточное увлажнение, засухи) показали (рис. 40) устойчивую тенденцию по годам значительного положительного влияния жидких удобрений по сравнению с твердыми. Так, средняя за три года урожайность сои при применении твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) находилась в пределах 12,4-21,7 ц/га, при одноразовом применении жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 – 17,8-24,7 ц/га или урожайность возросла до 91,1%, при дробном внесении КАС-32 урожайность составила 21,4-26,2 ц/га или возросла на 97,8%, при дробном внесении КАС-32 + S – 21,8-28,4 ц/га или возросла на 75,8% (удобрения вносились с расчетом одинакового эквивалента по азоту). Также определялось изменение

качества зерна сои от применяемых удобрений по вариантам опыта и было выявлено, что применение удобрений не оказало существенного влияния на основные показатели – белок и жир (табл. 15).

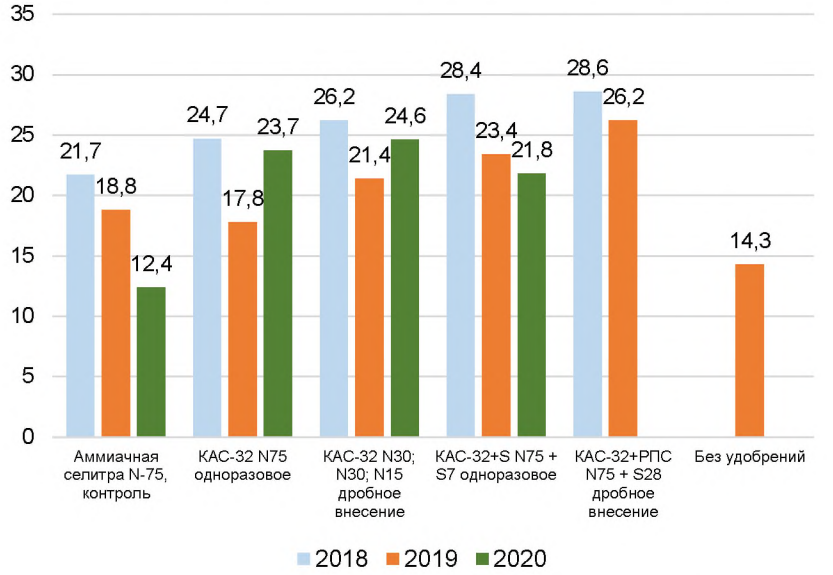


Рис. 40. Сравнительная урожайность сои, ц/га (2018-2020 гг.)

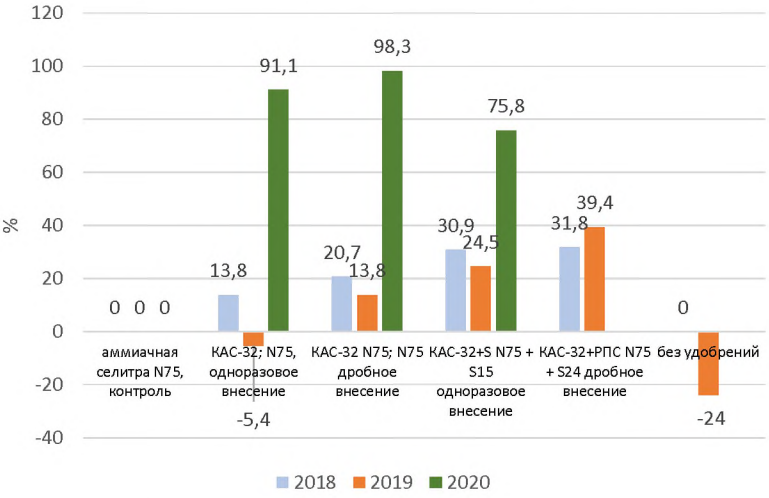


Рис. 41. Сравнительная прибавка урожайности сои, % (2018-2020 гг.)



Рис. 42. Соя Самер-2 – раннеспелый сорт селекции НИИСХ Юго-Востока и Самарского НИИСХ, вариант 1 (2019 г.)



Рис. 43. Соя Самер-2, вариант 2 (2019 г.)



Рис. 44. Соя Самер-2, вариант 3 (2019 г.)



Рис. 45. Соя Самер-2, вариант 4 (2019 г.)



Рис. 46. Соя Самер-2, вариант 5 (2019 г.)

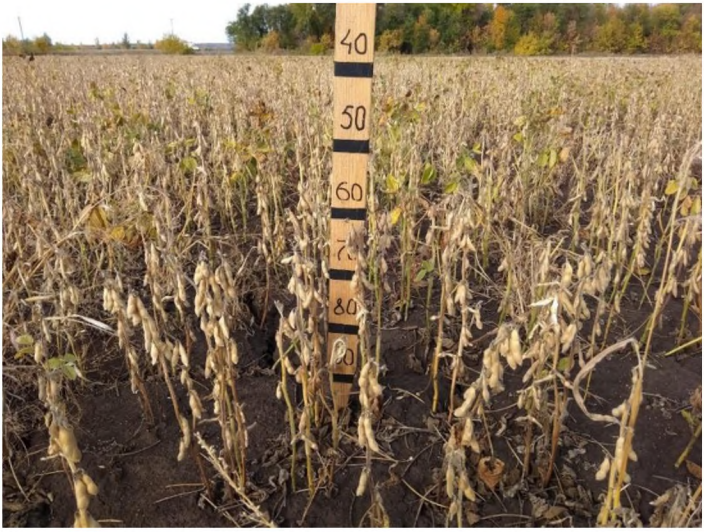


Рис. 47. Соя Самер-2 перед уборкой – вариант 1, урожайность 12,4 ц/га (2020 г.)



Рис. 48. Соя Самер-2 перед уборкой – вариант 2, урожайность 23,7 ц/га (2020 г.)



Рис. 49. Соя Самер-2 перед уборкой – вариант 3, урожайность 24,6 ц/га (2020 г.)

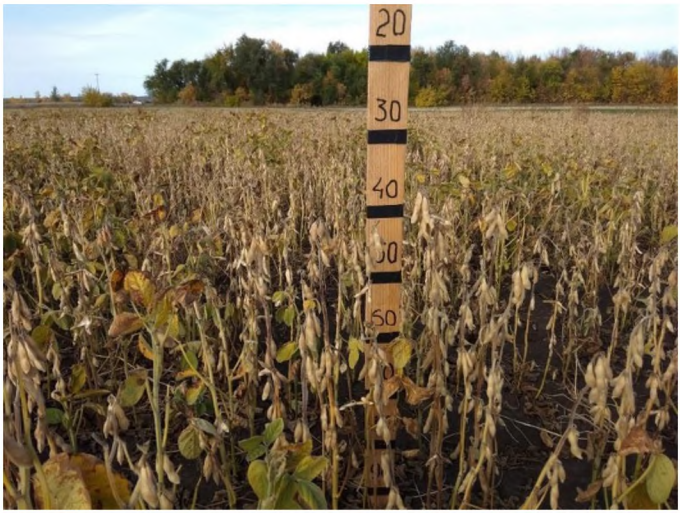


Рис. 50. Соя Самер-2 перед уборкой – вариант 4, урожайность 21,8 ц/га (2020 г.)

Таблица 15

Урожайность и показатели качества сои сортов Волма (2018 г.) и Самер-2 (2019-2020 гг.) (Самарский НИИСХ)

Показатели	Варианты опытов														
	контроль (аммиачная селитра) N75			КАС-32 N75 одноразовое внесение			КАС-32 N30; N30; N15 дробное внесение			КАС-32 + S N75 + S7 одноразовое внесение			КАС-32 + РПС N75 + S28 дробное внесение		без удобрений
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2019 г.
Урожайность, ц/га:															
- на опытном участке	21,7	18,8	12,4	24,7	17,8	23,7	26,2	21,4	24,6	28,4	23,4	21,8	28,6	26,2	14,3
- в Самарской области	16,5	18,4	16,0	16,5	18,4	16,0	16,5	18,4	16,0	16,5	18,4	16,0	16,5	18,4	16,0
Уборочная влажность, %	8,0	7,26	7,1	7,5	7,06	7,3	8,4	7,34	7,4	7,9	7,50	7,5	8,2	7,64	7,02
Белок на АСВ, %	34,69	31,26	35,7	41,0	30,5	36,6	37,88	31,9	36,45	42,75	31,64	36,45	40,36	31,96	25,38
Содержание жира, %	19,4	19,64	18,35	16,1	19,3	17,11	17,2	19,47	17,87	17,2	19,37	17,15	15,9	19,78	18,99

Таблица 16

Экономическая эффективность выращивания сои сортов Волма (2018 г.) и Самер-2 (2019-2020 гг.)

Показатели	Варианты опытов														
	контроль (аммиачная селитра) N75			КАС-32 N75 одноразовое внесение			КАС-32 N30; N30; N15 дробное внесение			КАС-32 + S N75 + S7 одноразовое внесение			КАС-32 + РПС N75 + S28 дробное внесение		без удобре-ний
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2019 г.
Затраты (стоимость удобрений, руб./га)	2 904	3080	3080	2 597	2553	2553	2 597	3153	3153	2 411	3278	3278	2504	2504	–
Урожайность, ц/га:															
- опытный участок	21,7	18,8	12,4	24,7	17,8	23,7	26,2	21,4	24,6	28,4	23,4	21,8	28,6	26,2	14,3
- Самарская область	16,5	18,4	16	16,5	18,4	16	16,5	18,4	16	16,5	18,4	16	16,5	18,4	18,4
Прибавка к обл. уровню, ц/га	5,2	0,4	– 3,6	8,2	– 0,6	7,7	9,7	3,0	5,4	11,9	5,0	7,4	12,1	7,8	–
Стоимость продукции, руб./га	65100	47000	43400	74100	44500	82950	78600	53500	86100	85200	62740	81900	85800	64095	–
Доходность (с учетом производственных затрат и удобрения), руб./га	46696	27935	22864	58689	26450	62441	61096	34728	64947	67602	39623	60622	68203	48032	–
Дополнительная прибыль к контролю, руб./га	–			9993	– 1485	39577	14400	6793	42083	20906	11688	37758	21507	20097	–

Цена сои на 11.10.2018 г. – 30 000 руб./т с НДС, на 5.11.2019 г. – 25000 руб./т с НДС, на 1.12.2020 г. – 35000 руб./т с НДС.

Таким образом, за три года исследований (2018-2020 гг.) подтвердилась гипотеза эффективности применения жидких минеральных азотных и азотосеросодержащих удобрений на основе КАС-32 при возделывании сои.

Не смотря на то, что погодные условия в годы проведения исследований были неблагоприятными (малое количество осадков в весенние, летние и осенние сезоны), эффективность использования жидких минеральных азотных и азотосеросодержащих удобрений при возделывании влаголюбивой культуры на богаре в Самарской области – сои сортов Волма и Самер-2 имела преимущество в сравнении с использованием твердых удобрений (аммиачная селитра), что особенно проявилось в 2020 г.

В целом тенденция роста урожайности по вариантам с применением КАС за три года сохранилась. На типичных черноземах обыкновенных в условиях лесостепи Среднего Поволжья в вариантах применения жидких минеральных удобрений КАС-32 и КАС + S по сравнению с общепринятым традиционным использованием твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) получены наивысшая урожайность сои (ц/га) и эффективность от применения удобрений (руб./га): 24,7; 28,4; 26,2; 23,4; 28,4; 21,8 и 62441; 39602; 64947; 39623; 60622, соответственно 2018, 2019, 2020 гг.

3.4. Эффективность применения КАС при возделывании подсолнечника

Подсолнечник является основной масличной культурой в России, занимая более 60% площади, отведенной под масличные культуры. Популярность в стране данной культуры объясняется низкой калорийностью и высокими вкусовыми качествами. За годы формирования многоукладного рыночного аграрного производства произошло существенное изменение доли масличных культур в структуре посевных площадей. Если площади, занятые ведущими сельскохозяйственными культурами, под воздействием рыночной конъюнктуры и других факторов в пореформенный период значительно

сократились, то посевы масличных имеют долговременную устойчивую тенденцию роста. Подсолнечник выносит с единицей продукции в несколько раз больше элементов питания, чем зерновые культуры. В расчете на 1 ц семян и соответствующее количество побочной продукции выносится 5,6-7,1 кг N, 2,6-3,2 кг P_2O_5 и 11,4-16,2 кг K_2O. В первые 30 дней жизни растения потребляют из почвы относительно мало питательных веществ, в период активного роста интенсивность поглощения их возрастает. К началу цветения подсолнечник поглощает из почвы 60% азота, 80% фосфора и 90% калия от общего выноса за период вегетации. Азот до образования цветков накапливается в листьях и стеблях, а с появлением бутонов – в корзинках. После цветения поглощение азота из почвы, в основном, заканчивается и начинается перемещение его из вегетативных органов в семена. Благодаря хорошо развитой корневой системе с высокой усвояющей способностью подсолнечник поглощает значительную часть азота из запасов почвы. Это приводит к истощению почвы, что необходимо учитывать при внесении удобрений для последующей культуры.

Подсолнечник использует много серы, поэтому под него рекомендуется вносить серосодержащие удобрения. Данные обстоятельства и высокое коммерческое значение подсолнечника для агропредприятий и АПК требует совершенствования технологий его возделывания с целью повышения урожайности и качества продукции, в связи с чем на опытном поле ФГБОУ ВО Самарского ГАУ были проведены исследования по влиянию применения КАС на продуктивность подсолнечника.

Сроки посева подсолнечника были следующими: 27.05.2018 г., 10.05.2019 г., 05.05.2020 г.; норма высева – 62 тыс. шт./га, тип почвы – чернозем тяжелосуглинистый.

Исследования включали следующие варианты опытов:

- 1-й вариант (контроль) – аммиачная селитра. Внесение под предпосевную культивацию 191 кг/га ф. в. (N65 кг/га д. в.) разбрасывателем ZA-M 1500 (AMAZONE);
- 2-й вариант – КАС-32. Внесение под предпосевную культивацию 156 л/га (201 кг/га ф. в.) N65 кг/га д. в. опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными форсунками;
- 3-й вариант КАС-32. Дробное внесение:

а) сплошное внесение под предпосевную культивацию опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными 7-струйными форсунками 100 л/га (134 кг/га ф. в.), N45 кг/га д. в.;

б) подкормка опрыскивателем *UR 3000* удлинительными шлангами в междурядье в фазе «звёздочки» 50 л/га (66 кг/га ф. в.), N20 кг/га д. в.;

- 4-й вариант – КАС + S. Дополнительное внесение серы. Сплошное внесение 182 л/га (227 кг/га ф. в.) N65 кг/га д. в. + S7 кг/га д. в. опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) крупнокапельными 7-струйными форсунками под предпосевную культивацию;
- 5-й вариант – КАС-32+РПС (раствор питательный серосодержащий). Дополнительное внесение серы (2018-2019 гг.):

а) сплошное внесение КАС-32 108 л/га (139 кг/га ф.в.) N45 кг/га д. в. опрыскивателем UR 3000 (AMAZONE) крупнокапельными 7-струйными форсунками под предпосевную культивацию;

б) подкормка РПС 250 л/га или 293 кг/га ф. в. (N20 кг/га д. в. + S23 кг/га д. в.) в фазе «звёздочки» опрыскивателем *UR 3000* (Amazone) с удлинительными шлангами в междурядье.

Анализируя формирование урожая гибрида подсолнечника НК Фортими («Сингента») в 2020 г., следует констатировать, что погодные условия были благоприятными и разработанная новая технология по использованию новых жидких минеральных азотных и азотосероодержащих удобрений на базе КАС-32 с добавлением серы *S*, обеспечили как значительную прибавку урожайности подсолнечника, так и его качество. Так, в соответствии с агрохимической программой внесение минеральных удобрений обеспечило урожайность подсолнечника (рис. 51) от применения твердых минеральных удобрений (контроль) 21,2 ц/га, от жидких минеральных удобрений КАС-32, внесенных одноразово опрыскивателем перед посевом – 23,5 ц/га или прибавка урожайности составила 10,8% (рис. 52), при внесении КАС-32 дробно перед посевом и во время вегетации урожайность составила 33,1 ц/га или прибавка урожайности возросла до 56,1%, при внесении жидких минеральных удобрений на базе КАС-32+S урожайность подсолнечника достигла 24,6 ц/га или прибавка урожайности составила 16,0%, что свидетельствует о достаточно высоком и преимущественном влиянии жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 на урожайность подсолнечника по сравнению с твердыми удобрениями (аммиачная селитра) [4, 17, 23, 24, 37, 55].

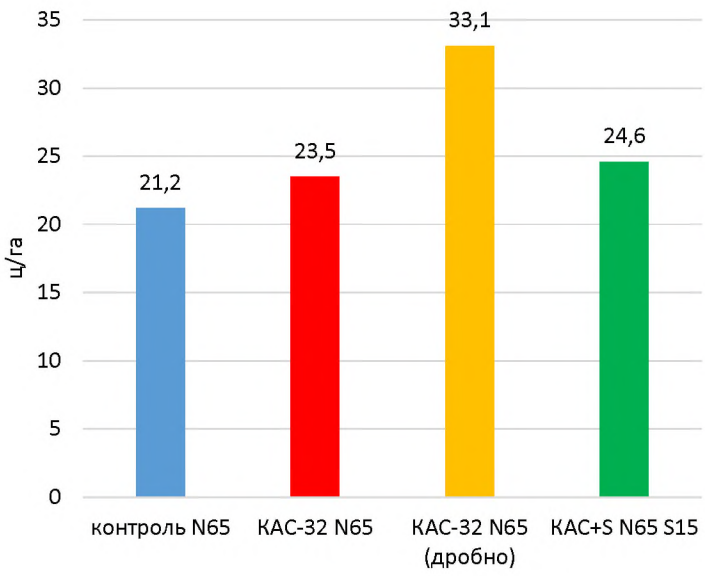


Рис. 51. Урожайность подсолнечника на опытных делянках, ц/га (2020 г.)

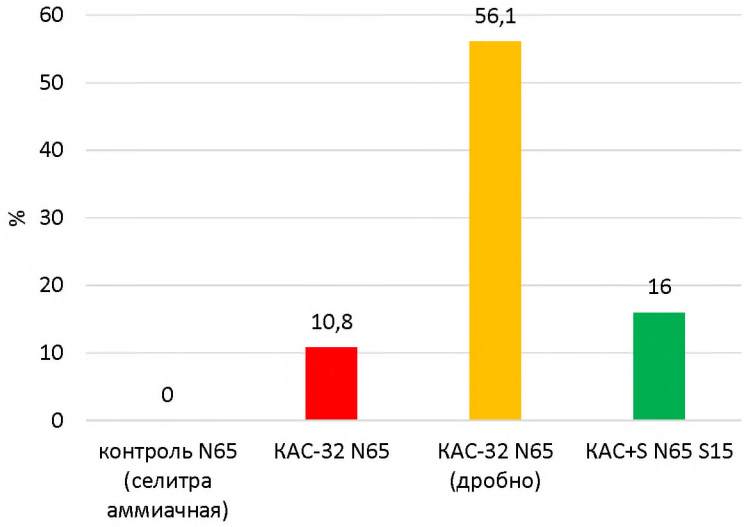


Рис. 52. Прибавка урожайности подсолнечника, % (2020 г.)

В результате проведенных исследований установлено, что применение жидких азотных и азотосеросодержащих удобрений КАС + S на почвах с низким содержанием подвижной серы на подсолнечнике показали преимущество в сравнении с традиционным внесением твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра). Новые удобрения и данная новая инновационная технология внесения жидких удобрений положительно повлияли на урожайность и качество семян гибрида подсолнечника НК Фортими компании «Сингента». Из всех исследуемых вариантов максимальная урожайность получена на варианте с внесением жидких минеральных удобрений КАС+S – 33,1 ц/га (рис. 51), тогда как в контроле была получена наименьшая урожайность – 21,2 ц/га, то есть прибавка урожайности была максимальной – 56,1% (рис. 52).

В опытах 2020 г. применение твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) и жидких азотных и азотосеросодержащих удобрений на базе КАС-32 не оказало особого влияния на такой показатель качества семян как масличность, который во всех вариантах колебался около 50% (табл. 17). В то же время с учетом большего увеличения урожайности возделываемого подсолнечника при применении жидких минеральных удобрений по сравнению с твердыми – с 21,2 до 33,1 ц/га наивысший выход масла получен в варианте с дробным применением жидких удобрений КАС-32 – 16,6 ц/га, а при применении аммиачной селитры в одинаковом азотном эквиваленте выход масла составил только 10,9 ц/га или выход масла с использованием новых удобрений по новой технологии увеличился на 52,3% (табл. 17).

Дополнительная прибыль от применения жидких азотосеросодержащих удобрений на варианте дробного внесения КАС-32 составила 41087 руб./га главным образом за счет увеличения урожайности в данном варианте и значительного увеличения в 2020 г. закупочных цен на подсолнечник (табл. 18).

Проведенные трехлетние (2018-2020 гг.) исследования по сравнительной оценке влияния жидких азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений на базе КАС-32 и твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) в равном азотном эквиваленте на урожайность подсолнечника в примерно одинаковых погодных условиях (недостаточное увлажнение и засухи) показали устойчивую тенденцию по годам значительного положительного влияния применения жидких удобрений по сравнению с твердыми (рис. 53).

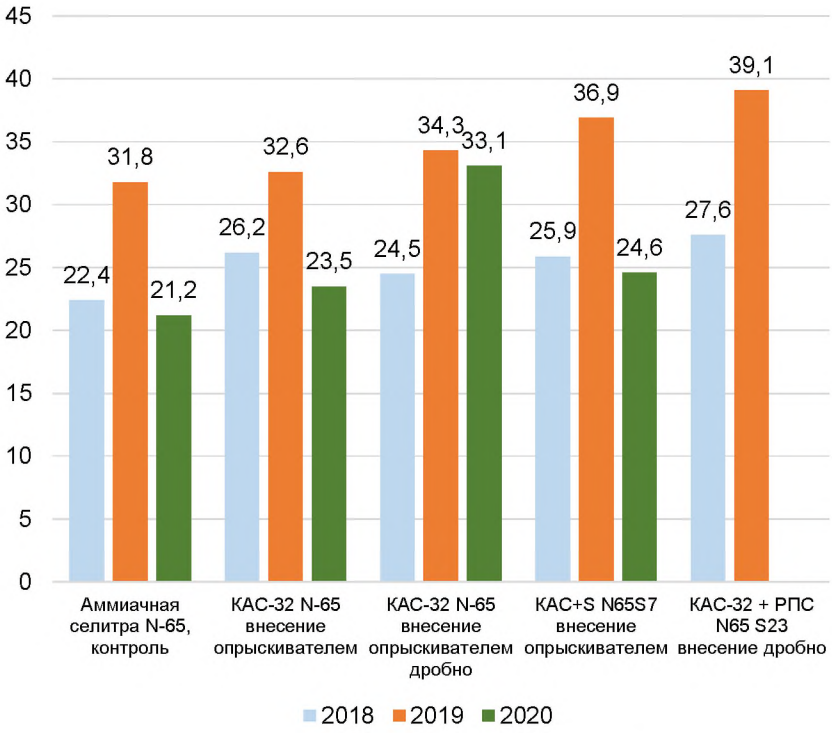


Рис. 53. Сравнительная урожайность подсолнечника на опытных делянках, ц/га (2018-2020 гг.)



Рис. 54. Гибрид подсолнечника НК Фортими («Сингента») на опытном участке ФГБОУ ВО Самарского ГАУ (2018 г.)



Рис. 55. Гибрид подсолнечника НК Фортими на опытном участке ФГБОУ ВО Самарского ГАУ (2019 г.)



Рис. 56. Образцы корзинок с опытных делянок – вариант 1, урожайность 21,2 ц/га (2020 г.)



Рис. 57. Образцы корзинок с опытных делянок – вариант 2, урожайность 23,5 ц/га (2020 г.)



Рис. 58. Образцы корзинок с опытных делянок – вариант 3, урожайность 24,6 ц/га (2020 г.)



Рис. 59. Образцы корзинок с опытных делянок – вариант 4, урожайность 33,1 ц/га (2020 г.)

Таблица 17

Эффективность применения КАС при возделывании гибрида подсолнечника НК Фортими («Сингента») (2018-2020 гг.)

Показатели	Варианты опытов													
	контроль (аммиачная селитра) N65			КАС-32 N65 внесение опрыскивателем			КАС-32 N65 внесение опрыскивателем дробно			КАС + S N65S7 внесение опрыскивателем дробно			КАС-32 + РПС N65S23 внесение дробно	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.
Урожайность, ц/га	22,4	31,8	21,2	26,2	32,6	23,5	24,5	34,3	24,6	25,9	36,2	33,1	27,6	39,1
Влажность, %	7,2	9,65	7,64	7,2	8,90	7,87	7,2	10,47	7,47	8,0	10,70	7,92	8,2	9,80
Массовая доля масла, %	45,88	49,1	50,95	42,3	47,8	49,9	44,74	50,4	51,1	47,01	49,0	50,01	48,29	48,1
Кислотное число, мг КОН/г	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9
Сбор масла, ц/га	9,0	14,1	10,9	10,2	14,2	11,75	10,1	15,47	12,57	11,2	15,84	16,6	12,3	16,96

Таблица 18

Экономическая эффективность при выращивании подсолнечника (2019-2020 гг.)

Показатели	Варианты опытов													
	контроль (аммиачная селитра)			КАС-32 N65 внесение опрыскивателем			КАС-32 N65 внесение опрыскивателем дробно			КАС + S N65S8 внесение опрыскивателем			КАС-32+ РПС N65S16 внесение дробно	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.
Затраты (стоимость удобрений), руб./га	–	2505	2688	–	2231	2242	–	2231	2242	–	2066	2348	2329	–
Затраты на применение удобрений, руб./га)	–	265	275	–	225	275	–	225	565	–	225	275	330	–
Урожайность, ц/га:														
- в опытах	22,4	31,8	21,2	26,2	32,6	23,5	24,5	34,3	24,6	25,9	36,2	33,1	27,6	39,1
- по Самарской области	–	15,7	13,0	–	15,7	13,0	–	15,7	13,0	–	15,7	13,0	15,7	13,0
Стоимость продукции, руб./га	36960	41976	74200	43230	43032	82250	40420	45276	86100	42735	47784	115850	45540	51612
Доход (с учетом вычета затрат на внесение и удобрения), руб./га	21195	23726	54040	27505	24795	62533	24695	27051	65793	27010	29344	96027	29815	33812
Дополнительная прибыль к контролю, руб./га	–			6310	1461	8493	3500	3725	11753	5815	6018	41987	8620	10418

Так диапазон изменения урожайности подсолнечника по годам и вариантам опытов соответственно составил: при применении твердых удобрений (аммиачная селитра) – 21,2-31,8 ц/га; при одноразовом применении жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 – 26,2-32,6 ц/га; при дробном внесении КАС-32 – 24,5-34,3 ц/га; при дробном внесении КАС-32+S – 24,6-36,9 ц/га (удобрения вносились с расчетом одинакового эквивалента по азоту). В ходе исследований также определялось качество семян подсолнечника по вариантам опыта, свидетельствующее о том, что на повышение основного показателя качества «массовая доля масла» (%) с 45,9 до 51,1% оказало влияние использование жидких удобрений.

Подсолнечник по всем показателям класса зерна соответствовал II классу. Цена подсолнечника II класса на 11.10.2019 г. – 16 500 руб./т, на 5.11.2019 г. – 13200 руб./т, на 1.12.2020 г. – 35000 руб./т.

3.5. Оценка эффективности применения инновационной технологии внесения КАС на основных сельскохозяйственных культурах (2018-2020 гг.)

Проведенные трехлетние (2018-2020 гг.) исследования по сравнительной оценке влияния жидких азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений на базе КАС-32 и твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) в равном азотном эквиваленте с учетом плодородия почвы на опытном участке ФГБОУ ВО Самарского ГАУ с расчетами на максимальную зональную урожайность основных в Самарской области сельхозкультур: яровая твердая пшеница, соя, кукуруза, подсолнечник в примерно одинаковых погодных условиях (недостаточное увлажнение, засухи), показали (рис. 53) устойчивую тенденцию по годам значительного положительного влияния применения жидких удобрений по сравнению с твердыми.

Так, диапазон изменения средней за три года урожайности яровой твердой пшеницы по вариантам опытов составил: при применении твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) – 20 ц/га, при одноразовом применении жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 – 23 ц/га, при дробном внесении КАС-32 –

24 ц/га, при дробном внесении КАС+S – 26 ц/га (рис. 60), или максимальный рост урожайности от действия жидких минеральных удобрений по сравнению с твердыми составил по пшенице в среднем за три года на варианте КАС+S – 6 ц/га (рис. 61) или 13% (рис. 62). Удобрения во всех вариантах опытов по культурам вносились с расчетом одинакового эквивалента по азоту.

Диапазон изменения средней за три года урожайности сои по вариантам опытов составил: при применении твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) – 17 ц/га, при одноразовом применении жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 – 22 ц/га, при дробном внесении КАС-32 – 24 ц/га, при дробном внесении КАС+S – 25 ц/га (рис. 60), или максимальный рост урожайности от действия жидких минеральных удобрений по сравнению с твердыми составил в среднем за три года на варианте КАС+S – 8 ц/га или 47% (рис. 61, 62).

Диапазон изменения средней за три года урожайности кукурузы по вариантам опытов составил: при применении твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) – 63 ц/га, при одноразовом применении жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 – 78 ц/га, при дробном внесении КАС-32 – 82 ц/га, при дробном внесении КАС+S – 84 ц/га (рис. 60), или рост урожайности от действия жидких минеральных удобрений по сравнению с твердыми составил в среднем за три года 21 ц/га или 13% (рис. 61, 62).

Диапазон изменения средней за три года урожайности подсолнечника по вариантам опытов составил: при применении твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) – 25 ц/га, при одноразовом применении жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 – 27 ц/га, при дробном внесении КАС-32 – 31 ц/га, при дробном внесении КАС+S – 29 ц/га (рис. 60), или рост урожайности от действия жидких минеральных удобрений по сравнению с твердыми составил по подсолнечнику в среднем за три года – 6 ц/га или 13% (рис. 61, 62).

Проведенные сравнительные полевые опыты дали возможность оценить влияние на урожайность исследуемых сельхозкультур как жидких минеральных удобрений на базе КАС в чистом виде – КАС-32, так и твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) (рис. 62). Установлено, что применение жидких азотных удобрений в чистом виде КАС-32 (N – 32%) менее эффективно по

сравнению с использованием азотосеросодержащих жидких минеральных удобрений КАС + S (N24 – 26%, S – 3,6%) (рис. 63). Было определено влияние серы (*S*) при добавлении ее в КАС в соотношении 1:6 по средним, за три года исследований, показателям.

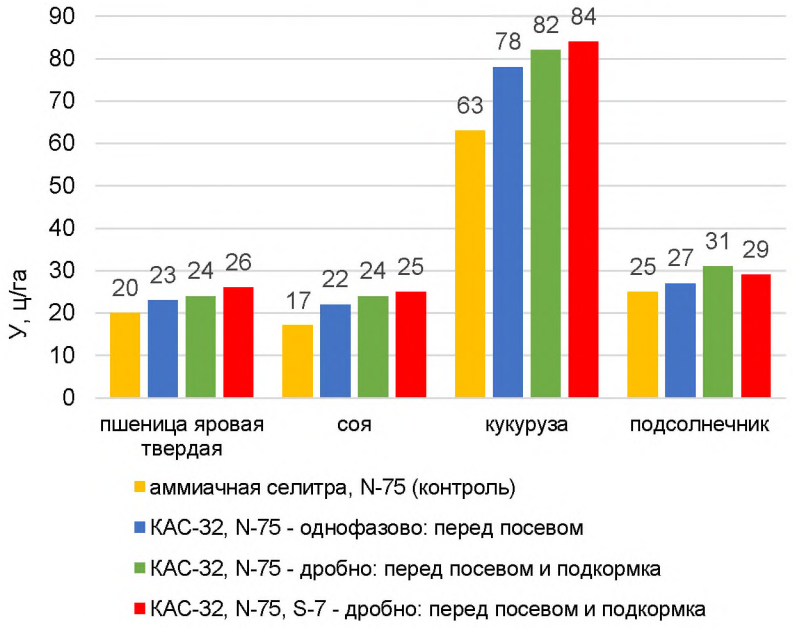


Рис. 60. Средняя урожайность, ц/га, при внесении жидких минеральных удобрений на базе КАС в сравнении с твердыми (аммиачная селитра) (2018-2020 гг.)

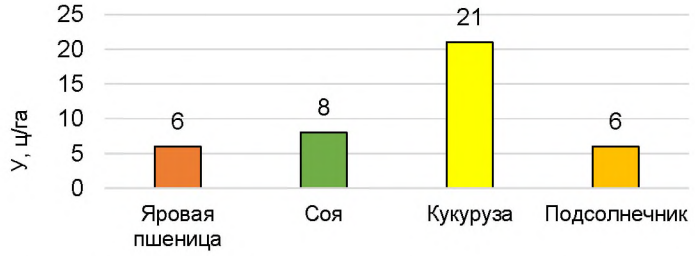


Рис. 61. Средняя прибавка максимальной урожайности, ц/га, при внесении жидких минеральных удобрений КАС в сравнении с твердыми (аммиачная селитра), 2018-2020 гг.

Так, применение жидких минеральных удобрений на базе КАС по сравнению с твердыми (аммиачная селитра) в среднем оказывает влияние на увеличение урожайности, %: на твердой яровой пшенице – на 30%, сое – на 47%, кукурузе – на 33%, подсолнечнике – на 16% (рис. 63). В новое жидкое минеральное удобрение на базе КАС добавляется сера *S*, которая составляет 3,6%, а содержание азота (*N*) в этом удобрении КАС + S снижается до 24-26%, но во всех вариантах опытов на каждой культуре азот (*N*) вносится в эквивалентных нормах на 1 га, а сера (*S*) из расчета 5 кг/га. Данные нормы обеспечиваются как при разовом внесении полной нормы, так и при дробном внесении (за несколько внесений) проходов опрыскивателя независимо от их количества. Установленная норма внесения удобрений обеспечивается, как и в варианте с твердыми удобрениями, – разбрасывателем.

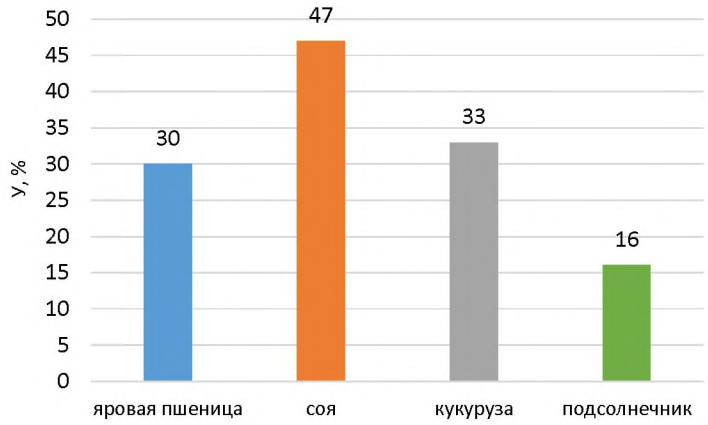


Рис. 62. Средняя прибавка максимальной урожайности, %, в зависимости от применения жидких минеральных удобрений на базе КАС: КАС + S (N – 23-24%; S – 3,6%) в сравнении с твердыми удобрениями (аммиачная селитра), 2018-2010 гг.

Таким образом, использование в жидких минеральных удобрениях на базе КАС такого важного для развития растений элемента как сера (*S*), обеспечивает дополнительную прибавку урожайности исследуемых сельхозкультур (рис. 63): яровой твердой пшеницы – на 10%, сои – на 9%, кукурузы – на 5%. Однако на варианте с подсолнечником не было выявлено значительного влияния серы (*S*) в

КАС на достоверное увеличение урожайности, хотя в 2019 г. применение удобрений с серой КАС + S на подсолнечнике так же было более эффективным, чем применение чистого КАС-32.

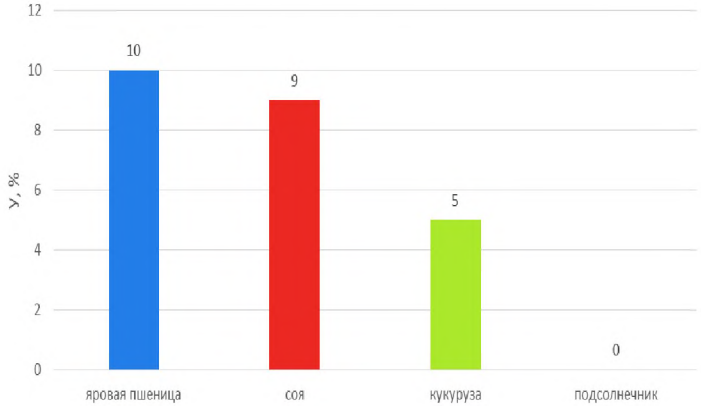


Рис. 63. Средняя прибавка максимальной урожайности, %, в зависимости от применения жидких азотосероссодержащих минеральных удобрений на базе КАС+S (N – 23-24%; S – 3,6%) в сравнении с чистым КАС-32 (N – 32%), 2018-2020 гг.

С учетом важнейшей роли серы при ее значительном дефиците в почвах России, Поволжья и Самарской области, в жизнедеятельности и развитии растений с формированием количества и качества урожая в проведенных исследованиях наряду с определением сравнительного влияния жидких азотных и азотосероссодержащих удобрений на количество получаемой сельскохозяйственной продукции оценивалось и изменение (улучшение или ухудшение) ее качества, так как сера (*S*) является составной частью всех белков и содержится в незаменимых аминокислотах (цистин, метионин, цистеин), а также растительных маслах и витаминах. Известно так же, что при невысоком уровне азотного питания сера способна восполнить недостаток азота в растении. В то же время, если в достаточном количестве «кормить» растения азотом, то им не будет хватать серы, а азот будет переходить в небелковые формы, и растения начнут накапливать нитраты. Признаки недостаточности серы сходны с признаками азотного голодания, растения желтеют. Вследствие чего комплексное влияние жидких азотных и азотосероссодержащих

минеральных удобрений на базе КАС в опытах на таких исследуемых культурах как яровая твердая пшеница вызвало прибавку клейковины до 2,0%, белка до 1,95%. Впервые за многие годы такой важный показатель для оценки классности пшеницы как «число падений» при сбалансированном внесении жидких удобрений на базе КАС в том числе и с серой (*S*) составил 305 ед., что позволило отнести яровую пшеницу сорта Марина селекции Самарского НИИСХ к I классу качества при полученной высокой урожайности, превышающей урожайность в опытах с твердыми минеральными удобрениями (аммиачная селитра) на 6 ц/га или на 30% (26 ц/га вместо 20 ц/га); в опытах с соей по аналогичной программе повысился белок на 1,45%, у подсолнечника повысилась масличность, что в целом к эффективности производства за счет роста урожайности добавляет эффективность за более высокую цену продукции, получающей повышенное качество (табл. 19).

Таблица 19

Показатели урожайности, качества и эффективности исследуемой сельхозпродукции (2018-2020 гг.)

Культура	Повышение урожайности		Улучшение качества		Дополнительная прибыль, руб., при возделывании яровой твердой пшеницы, ц/га, средняя за три года
	ц/га	%	показатель качества	прибавка, %	
Пшеница твёрдая яровая Марина (НИИСХ)	до 6	до 13	клейковина	до 2,0	10693
			белок	до 1,95	
			ИДК	305 ед. (2020 г.)	
Соя Самер 2 (НИИСХ)	до 8	до 15	белок	до 1,45	20190
			жир	до -0,48	
Гибриды кукурузы Пионер 7709 и НК Фалькон («Сингента»)	до 21	до 13	сырой протеин	до -1,49	16727
			жир	до 0,44	
Гибрид подсолнечника НК Фортими («Сингента»)	до 6	до 13	жир	до 0,15	9896

Так же значительно важным свойством жидких минеральных удобрений на базе КАС является их совместимость с многими пестицидами и другими видами удобрений и микроудобрений без

расслоения раствора и образования осадка эффективным внесением опрыскивателями через форсунки.

В течении трех лет исследований (2018-2020 гг.) получена сравнительная высокая эффективность по показателю «доходность» (руб./га) практически всех наиболее ликвидных сельскохозяйственных культур, распространенных в Самарской области сортов и гибридов при различных уровнях питания жидкими и твердыми азотными и азотосеросодержащими минеральными удобрениями, а по сравнению с общепринятым в хозяйствах региона использованием твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) за счет повышения урожайности и качества продукции в среднем за три года исследований получена дополнительная прибыль (руб./га): в частности по пшенице – 10693; по сое – 20190; по кукурузе – 16727; по подсолнечнику – 9896. По полученным урожайностям, качеству зерна, сложившимся закупочным ценам, наибольшую эффективность (рис. 64) имеет подсолнечник, на втором месте по эффективности – соя, на третьем месте – кукуруза и наименее эффективна из исследуемых сельхозкультур по сравнению с перечисленными – твердая яровая пшеница, которая в то же время имеет высокую ликвидность и востребованность в настоящее время.

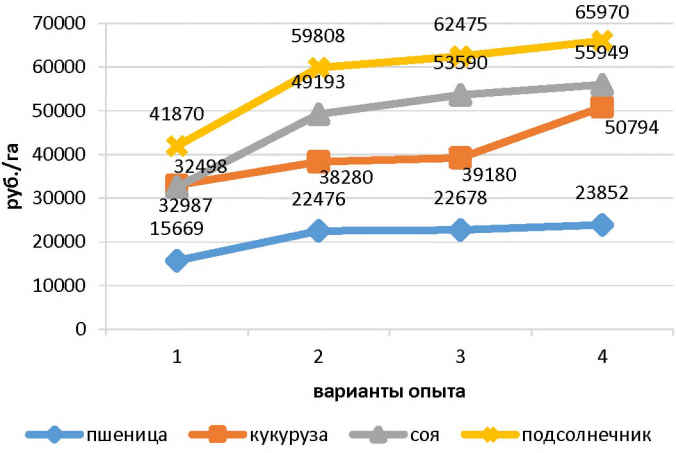


Рис. 64. Средняя доходность агрохимических мероприятий при возделывании исследуемых сельскохозяйственных культур (2018-2020 гг.)

С учетом полученных результатов при переходе к использованию в земледелии жидких азотных и азотосеросодержащих удобрений производства ПАО «КуйбышевАзот» АПК Самарской области может получить дополнительно 2,5-3,0 млрд. руб. прибыли.

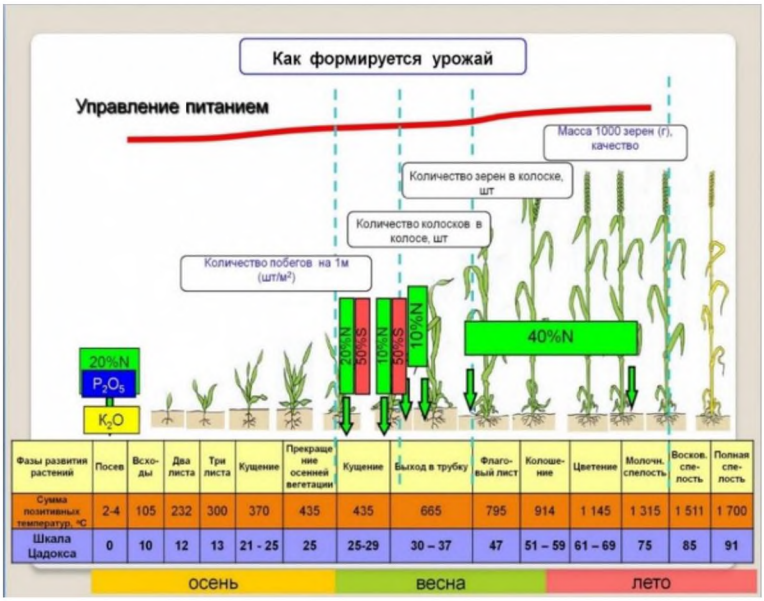
Таким образом, исследования, проводимые на опытном поле ФГБОУ ВО Самарского ГАУ, по применению жидких и твердых минеральных удобрений (производство ПАО «КуйбышевАзот») как в 2020 г., так и за законченный агрономический трехлетний цикл (2018-2020 гг.) с достоверными научно обоснованными выводами, показывают достаточно высокую эффективность жидких азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений на базе КАС-32 по сравнению с твердыми минеральными удобрениями – аммиачная селитра (удобрение наиболее распространенное в сельскохозяйственном производстве) на основных сельскохозяйственных культурах, возделываемых в Российской Федерации, Поволжье и конкретно в Самарской области.

В связи с положительными результатами данной научной работы, проведенной в условиях часто повторяющихся засух в Поволжском регионе с «рискованным» земледелием, на почвах Самарской области с дефицитом очень важного для возделываемых сельскохозяйственных культур химического элемента серы (*S*), возникает обоснованная целесообразность определенного пересмотра и уточнения рекомендуемых и используемых в земледелии региона агрохимических мероприятий, направленных на сохранение и повышение плодородия почвы с обеспечением получения повышенных урожаев высокого качества возделываемых сельскохозяйственных культур.

Разработанные ПАО «КуйбышевАзот», АО «Евротехника» совместно с ФГБОУ ВО Самарский ГАУ и ООО «Регион» мероприятия и технические средства для оптимизации транспортировки, хранения и внесения – логистики жидких минеральных удобрений на базе КАС дают основания агропредприятиям с высокой эффективностью применять новые технологии с новыми минеральными удобрениями в земледелии Самарской области, Поволжском регионе и в целом в Российской Федерации.

4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАС ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

При использовании твердых азотных минеральных удобрений под озимые осенью аграрии ограничены во времени из-за необходимости внесения их по мерзлоталому грунту – иначе азот промоется в нижележащие почвенные слои и будет недоступен растениям через корни, также техника по влажной почве осенью может наделать глубокую колею. С КАС эта проблема отступает сама собой, КАС вносят не только по мерзлоталому грунту, но и в более поздний период, а также главным образом на следующий год в весенний, летний осенний периоды в качестве некорневых подкормок, при этом КАС, стекая по листьям растений, частично поглощается листовым аппаратом, быстро впитывается в почву и эффективно используется растениями. КАС вносят по разработанным отечественной наукой рекомендациям с учетом вегетативного развития сельскохозяйственных культур и их потребностей в азоте (рис. 65).



Фазы развития растений	Посев	Всходы	Два листа	Три листа	Кущение	Прекращение осенней вегетации	Кущение	Выход в трубку	Флаговый лист	Колошение	Цветение	Молочн. спелость	Восков. спелость	Полная спелость
Сумма позитивных температур, °С	2-4	105	232	300	370	435	435	665	795	914	1 145	1 315	1 511	1 700
Шкала Цадокса	0	10	12	13	21 - 25	25	25-29	30 – 37	47	51 – 59	61 – 69	75	85	91
	осень						весна				лето			

Рис. 65. Технология применения азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы в зависимости от фаз развития

Для внесения КАС используются главным образом опрыскиватели, оборудованные крупнокапельными 3-, 5-, 7-струйными или дефлекторными – щелевыми форсунками, при этом достигается лучшая равномерность и высокая точность дозирования, чем при внесении твердых минеральных удобрений механическими разбрасывателями и исключаются ожоги листьев, так как удобрения стекают с листьев и не задерживаются длительно на них – конечно же часть удобрений листьями поглощается (впитывается).

Предварительные исследования были проведены в 2018-2019 гг. В качестве промежуточной оценки жидких минеральных удобрений, посеянная на полях МИП «Агроакадемия» ФГБОУ ВО Самарского ГАУ в 2017 г. озимая пшеница местной селекции Поволжская-86 (Поволжский НИИСХ) наряду со всеми необходимыми защитными химическими обработками в 2018 г. была также дополнительно обработана жидким минеральным удобрением КАС-32 опрыскивателем Amazone с крупнокапельными форсунками в фазе кущения. Вегетативные наблюдения в 2018 г. (засушливый и неблагоприятный по погодным условиям год – 6-й год по засухе с 1936 г.) показали преимущество в развитии обработанной озимой пшеницы жидким удобрением КАС-32 (рис. 66): была получена достаточно хорошая урожайность 30 ц/га с показателями по клейковине – 28%, белку – 14,5%, ИДК – 85, числу падения – 240.



Рис. 66. Пшеница озимая:
1 – необработанная жидким удобрением КАС-32;
2 – обработанная КАС-32 (2018 г.)

Таким образом, озимая пшеница, обработанная один раз жидким минеральным удобрением, по качественным характеристикам практически отвечала требованиям II класса. Без внесения в виде внекорневой подкормки жидких удобрений КАС-32 была получена пшеница IV класса с меньшей на 15% урожайностью – 25,5 ц/га.

В 2018 г. на опытных полях Самарского ГАУ совместно с ПАО «КуйбышевАзот» проводились исследования эффективности применения жидких минеральных удобрений КАС-32, КАС + S, РПС на основных сельскохозяйственных культурах Поволжского региона, в том числе и на озимой пшенице. Получена тенденция значительного увеличения урожайности и качества продукции озимой пшеницы. Осенью 2018 г. по всходам озимой пшеницы по мерзлой почве в качестве основного удобрения были внесены новые твердые минеральных удобрений – экспериментальные удобрения ПАО «КуйбышевАзот» – карбамид + сера, содержащие азота 26%, серы – 12%, а на следующий год (2019 г.) в весенне-летний период вносились в качестве внекорневой подкормки по листьям озимой пшеницы жидкие удобрения на базе КАС-32 в баковых смесях с серой, гуматами, медью и при засоренности посевов в баковую смесь с удобрениями добавляли гербицид Стражник по норме.

Основные исследования эффективности использования жидких минеральных удобрений были начаты в 2018 г. на посевах озимой пшеницы сорта Базис селекции Самарского НИИСХ на опытных полях Самарского ГАУ площадью 75 га с внесением поздней осенью при установившихся морозах (24 ноября) твердых минеральных удобрений (карбамид с серой) с нормой внесения 20 кг действующего вещества или около 60 кг в физическом весе на 1 га. Состояние посевов было только удовлетворительное, так как из-за недостатка влаги в почве в связи с малыми осенними осадками всходы получили слабое кущение (рис. 67).

Весной 2019 г. (21 мая) были проведены почвенные анализы и листовая диагностика, на основании чего была разработана программа агрохимического обслуживания данных посевов.

Некорневые подкормки озимой пшеницы Базис со средствами защиты (гербицидами), органоминеральными смесями (гуматами) и микроудобрениями (медь), проводились на опытном поле Самарского государственного аграрного университета. Посев озимой пшеницы был произведен в 2018 г. в агротехнические сроки немецкой сеялкой *DMC* (г. Самара, АО «Евротехника»).



Рис. 67. Всходы озимой пшеницы сорта Базис поздней осенью (2018 г.)

После перезимовки (21.05.2019 г.) был произведен осмотр поля, всего в опытах использовалось 20 га посевов.

На основании листовой диагностики было установлено, что содержание азота находится на среднем уровне, а содержание серы – низкое. На поле имелись сорняки 10-15% и начали развиваться болезни листьев. Почвенная диагностика показала очень низкое содержание меди. Было рекомендовано провести обработку посевов баковой смесью КАС + S с СХЗР, регуляторами роста (органоминеральной смесью – гуматами) и микроудобрениями – медью (сульфат меди – медный купорос).

Доза КАС + S в баковой смеси: проведена листовая подкормка раствором КАС + S в дозе 10 кг N/га (40 л чистого КАС+ S на 1 га) опрыскивателем Amazone, оборудованным крупнокапельными форсунками.

Приготовление баковой смеси для некорневой подкормки озимой пшеницы (КАС + S + вода + гуматы + медный купорос + СЗР):

1) В бак опрыскивателя на 1/2 или 3/4 заливалась вода без механических примесей, pH не менее 7.

2) В отдельной емкости полностью было растворено 3 кг медного купороса (расчетное количество на 20 га при емкости опрыскивателя Amazone 900 л в соответствии с расчетами 800 г медного купороса).

3) Раствор перемешивался мешалкой на опрыскивателе.

4) Раствор медного купороса добавлялся в бак опрыскивателя при постоянно работающей мешалке.

5) Гуматы – 1 л/га или 4,5 л добавлялись в раствор на 900 л емкости опрыскивателя.

6) Добавлялось расчетное количество СХЗР при постоянном перемешивании баковой смеси.

7) После перечисленного выше добавлялось 180 л КАС + S с перемешиванием баковой смеси в течение 15 мин.

При применении баковой смеси (расход баковой смеси 200 л/га) одной заправки опрыскивателя (бак 900 л) достаточно на 4,5 га.

Обработка посевов была проведена навесным опрыскивателем Amazone в соответствии с вариантами и схемой проведения опытов 17 мая 2019 г.; 10 июня в соответствии с фазой развития растений озимой пшеницы посевы обработали раствором КАС + S в концентрации 10% для устранения ожогов листьев тем же навесным опрыскивателем.

Нормы и дозы внесения КАС зависят от вида культур, срока и способа внесения, предшественника и других факторов. При внесении КАС необходимо использовать распылители для крупнокапельного внесения жидких удобрений, чтобы раствор стекал с листьев и их не обжигал.

Для получения максимальных результатов от использования удобрений КАС необходимо учитывать все факторы применения, как благоприятные, так и неблагоприятные. Лучшее время для внекорневой подкормки растворами КАС – утреннее (при отсутствии росы) и вечерние часы. В прохладную и пасмурную погоду эту работу можно проводить в течение дня. Не следует подкармливать растения растворами КАС при температуре выше 20°С, низкой относительной влажности воздуха менее 50%, в ясный солнечный день. Сразу после дождей, сильной росы применять КАС нельзя, так как осадки делают структуру верхней пластинки листа более проницаемой. Поэтому обработка посевов должна проводиться после подсыхания листьев растений. Оптимальное время суток для внесения КАС в смеси с химическими средствами защиты растений – вечернее.

Для перевозки КАС используются автоцистерны, кассеты или еврокубы, железнодорожные цистерны и танк-контейнеры.

Растворы КАС можно хранить в емкостях, используемых ранее для хранения аммиачной воды, ЖКУ или ГСМ, б/у железнодорожных цистернах, а также в любых пластиковых емкостях объемом 25, 50, 75, 100 и 250 м³. Перекачку растворов КАС можно осуществлять как электрическими, так и бензиновыми центробежными насосами, которые соединяются трубопроводами и запорной арматурой.

Для достижения наиболее эффективных результатов от применения КАС-32 с серой и другими элементами (гуматы, медь) внесение проводилось в три этапа.

Первый этап. Первая подкормка по листовой поверхности осуществляется ранней весной на этапе кущения и роста растений. На этом этапе используют неразбавленную форму КАС. Оптимальная температура воздуха (до +10°С) – это дает возможность вносить КАС по листовой поверхности без угрозы ожога.

Второй этап. Вторая подкормка совпадает с периодом трубкования (от начала до середины фазы). Температура воздуха в рамках 15-19°С при условии разведения удобрения водой 1:3 или 1:4 можно использовать крупнокапельные форсунки как струйные, так и дефлекторные, при повышенных температурах воздуха и ветре на этой фазе можно использовать удлинительные шланги для подачи КАС в междурядья. Именно на втором этапе экономически выгодно совместить использование КАС с микроэлементами и со средствами защиты растений от сорняков и болезней.

Третий этап. Работа по «колосу» в период восковой спелости при условии разведения водой 1:6 при температуре не выше + 25°С и отсутствии осадков (ночь, утро, вечер) со средствами защиты от болезней и вредителей.

При разбавлении растворов КАС водой необходимо тщательное перемешивание. КАС тяжелее воды (плотность 1,32 кг/л) и при плохом перемешивании раствор расслаивается. Если готовить раствор КАС в опрыскивателе, то сначала в опрыскиватель наливают 1/3 объема воды и включают мешалку, потом при непрерывном перемешивании добавляют расчетное количество КАС и перемешивают не менее 15-20 мин.

Подкормка по вегетации КАС с СЗР (средства защиты растений). Порядок смешивания следующий: сначала заливают СЗР с водой, потом добавляют КАС и доливают воду. Раствор нужно перемешивать не менее 15-20 мин.

Жидкие удобрения КАС, КАС + S и РПС производства ПАО «КуйбышевАзот» в 2017-2018 гг. предварительно исследовались на деляночных и производственных опытах МИП «Агроакадемия» ФГБОУ ВО Самарского ГАУ (Самарская обл., Кинельский р-н, п. Угорье). Производственные испытания проводились на озимой пшенице с использованием деляночных опытов в 2018-2019 гг. На контрольных делянках жидкие удобрения не вносились.

Основные исследования (начало 3-х летней программы) проводились на опытном поле ФГБОУ ВО Самарского ГАУ, которое располагается в центральной зоне Самарской области, в летний сезон (2018-2019 гг.). Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, остаточно-карбонатный, среднегумусный, среднемощный, тяжелосуглинистый с содержанием легкогидролизуемого азота – 36,0-44,8 мг, общего азота – 0,10-0,30%, подвижного фосфора – 253-304 мг и обменного калия – 157-264 на 1 кг почвы, pH почвы – 5,8-6,7 ед. pH. Увлажнение – естественное.

В связи с тем, что в исследованиях использовались серосодержащие минеральные удобрения КАССА (КАС-32 + S) и КАС-32 + РПС, перед исследованиями и в процессе исследований в почве и в вегетативных частях растений возделываемых сельхозкультур определялось содержание серы (*S*), мг на килограмм почвы, а также показатель кислотности pH и качественные показатели произведенной продукции. Контроль качества зерна озимой пшеницы проводили в ФГБУ «Центральная научно-методическая ветеринарная лаборатория (Россельхознадзора)» и научно-исследовательской лаборатории Самарского ГАУ.

Метеорологические условия анализировались на основе данных АМС «Усть-Кинельское». Летние сезоны в 2018-2019 гг. характеризовались как острозасушливые и жаркие по сравнению со среднемноголетними данными. В 2018 г. (период предварительных исследований) за апрель-октябрь месяцы выпало осадков всего 223,3 мм, что составило 72% от среднемноголетних – 308,6 мм.

Особенно дефицитными по количеству осадков были май (59,8%), июнь (34,2%), август (30,2%), сентябрь (41,7%) и октябрь (47,6%) при превышающих среднемноголетние показатели осадков в апреле (166,9%) и в июле (144,8%).

Метеорологические условия в 2019 г. также характеризовались как неблагоприятные – засушливые по отношению к среднемного-

летним региональным данным (табл. 20). То есть ежегодно повторяющаяся частая засуха в зоне Поволжья и других регионах России (возможно из-за глобального потепления) требует корректировки традиционных агрохимических мероприятий и технологий производства в целом при применении минеральных удобрений, при этом особенно эффективными становятся жидкие удобрения.

Таблица 20

Осадки (мм) и температура (°С) в весенне-осенний период 2019 г. в Кинельском районе Самарской области (опытное поле Самарского ГАУ)

Месяцы	Декады	Температура, °С		Осадки, мм	
		по декадам	среднемноголетняя	по декадам	среднемноголетние
Май	I	16,2	15,1	25,0	31
	II	18,2		12,2	
	III	17,2		1,4	
	Средние за месяц	17,2		38,6	
Июнь	I	20,8	19,3	0,4	56
	II	19,3		3,9	
	III	21,7		6,2	
	Средние за месяц	20,6		10,5	
Июль	I	19,8	21	12,3	59
	II	20,9		18,7	
	III	20,3		1,7	
	Средние за месяц	20,3		32,7	
Август	I	16,7	19,3	20,5	47
	II	20,8		5,6	
	III	16,9		2,7	
	Средние за месяц	18,1		28,8	
Сентябрь	I	14,3	13,2	3,4	46
	II	13,2		20,7	
	III	5,8		14,1	
	Средние за месяц	11,1		38,2	

Оценка плодородия почвы по вариантам и ее изменение после внесения удобрений в виде внекорневых подкормок.

Оценка плодородия почвы на опытно-производственных участках проводилась по почвенным образцам по соответствую-

щим методикам и методу капиллярного электрофореза на оборудовании и приборах лаборатории ИНИЛ ФГБОУ ВО Самарского ГАУ и Самарской испытательной лаборатории ФГБУ ЦНМВЛ по ГОСТированным и отраслевым методикам.

Характеристика плодородия почвы по вариантам опытов (перед уборкой – 22 августа 2019 г.).

Содержание видов азота по вариантам опытов:

– азот аммонийный, мг/кг:

- пшеница озимая без удобрений – 176,53;
- пшеница озимая с удобрением – 189,46;

– азот нитратный, мг/кг:

- пшеница озимая без удобрения – 15,34;
- пшеница озимая с удобрением – 18,00.

Таблица 21

Концентрация нитрат-ионов и нитратов в почве

Варианты опытов	Масса навески	Изм. нитраты	Массовая доля нитрат-ионов		
			%	мг/100 г	г/кг
Пшеница озимая без удобрений	500,1	13,58	0,068	67,89	0,678864
Пшеница озимая с удобрениями	499,9	15,93	0,080	79,67	0,796659

Таблица 22

Концентрация фосфат-ионов и фосфора в почве

Варианты опытов	v HCl	Масса навески, г	Изм. фосфаты	Массовая доля фосфат-ионов			Массовая доля			
				%	мг/100 г	г/кг	P2O5, %	P, %	P, мг/100 г	P, г/кг
Пшеница озимая без удобрений	10	100	87,06	0,87	870,6	8,71	0,65	0,28	83,82	2,84
Пшеница озимая с удобрениями	10	99,9	102,1	1,02	1022,0	10,2	0,76	0,33	33,18	3,33

Таблица 23

Концентрация аммония и калия в почве

Варианты опытов	Масса, г	Аммоний	Аммоний, %	Аммоний, мг/100 г	Калий	Калий, %	Калий, мг/100 г	Калий, г/кг
Пшеница озимая с удобрениями	100,0	22,72	0,227	227,20	131,8	1,318	1318,0	13,18
Пшеница яровая с удобрением	99,9	24,36	0,244	243,84	133,0	1,331	1331,3	13,31

Таблица 24

Концентрация сульфат-ионов и серы в почве

Варианты оптов	HCl	Масса навески, г	Изм. сульфаты	Массовая доля					
				SO4, %	SO4, г/кг	сульфат-ионов, мг/100 г	S, %	S, мг/100 г	S, г/кг
Пшеница озимая без удобрения	10	100,0	32,1	0,321	3,21	321,0	0,10	107,2	1,07
Пшеница озимая с удобрением	10	99,9	41,63	0,417	4,17	416,7	0,13	139,1	1,39

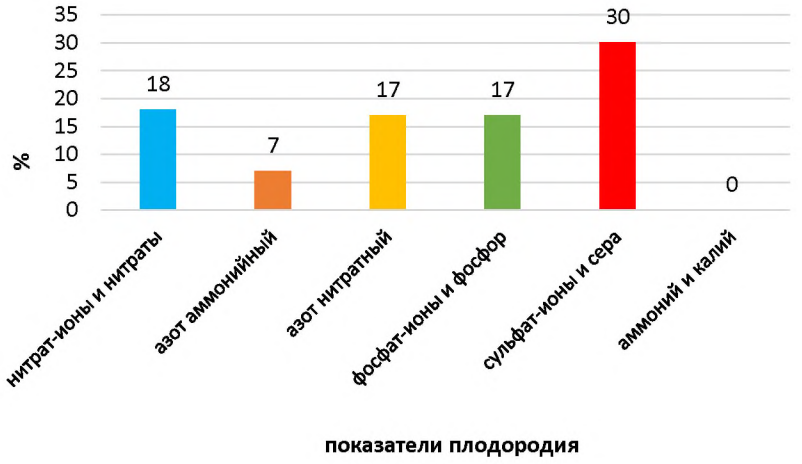


Рис. 68. Повышение элементов плодородия в почве на делянках озимой пшеницы, %

В результате проведенных исследований установлена положительная динамика повышения плодородия почвы по химическим элементам (табл. 21-24, рис. 68): нитрат-ионов и нитратов – на 18%, азота аммонийного – на 7%, азота нитратного – на 17%, фосфат-ионов и фосфора – на 17%, сульфат-ионов и серы – на 30%. Выявлено, что применение новой комплексной системы жидких удобрений (ПАО «КуйбышевАзот») повлияло на увеличение урожайности и повышение качества зерна озимой пшеницы по сравнению с применением только твердых минеральных удобрений без подкормок растений жидкими удобрениями на базе КАС-32.

Одновременно с исследованиями по определению эффективности разрабатываемый системы удобрений для озимых культур с высокими урожайностью и качеством зерна на базе ФГБОУ ВО Самарского ГАУ совместно с ПАО «КуйбышевАзот» и АО «Евротехника» немецкой компании «AMAZONEN-Werke» были проведены исследования по подбору наиболее эффективных технологий и сеялок для посева озимых как в благоприятных погодных условиях по увлажнению почвы, так и при достаточно часто повторяющихся в зоне Среднего Поволжья летних засухах, как по традиционным в регионе технологиям, так и по новым: No-Till, Mini-Till.

Результаты исследования влияния КАС на урожайность озимой пшеницы и качество зерна в 2019 г. представлены в таблицах 25, 26 и на рисунке 69.

Таблица 25

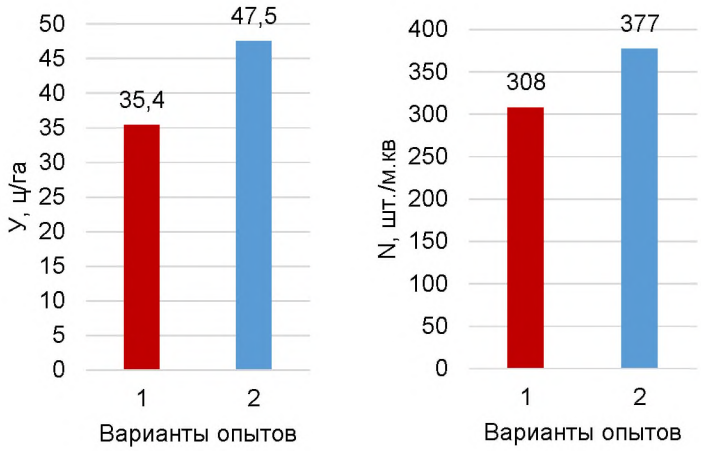
Урожайность озимой пшеницы Базис, 2019 г.

Показатели	Вариант без удобрений	Вариант с удобрениями, первая подкормка с СЗР
Кол-во растений озимой пшеницы перед уборкой на 1 м^2, шт./м^2	308	377
Урожайность, ц/га	35,4	47,5

Таблица 26

Качество пшеницы – класс

Показатели	С удобрениями	Без удобрений	Отклонения
Массовая доля белка на сухое в-во, %	15,0 (I)	13,3 (III)	1,7
Массовая доля сырой клейковины, %	30,6 (II)	25,6 (II)	5,0
Качество сырой клейковины, ед. прибыли ИДК	96,0 (III)	93,0 (III)	3,0
Число падений, с	115,0 (IV)	117,0 (IV)	-2,0



I **II**

Рис. 69. Урожайность озимой пшеницы сорта Базис:
I – урожайность (ц/га); II – количество продуктивных стеблей (шт./м^2):
1 – только карбамид с серой осенью (контроль); 2 – карбамид с серой осенью и система жидких удобрений на базе КАС-32 в весенне-летний период внекорневыми подкормками



Рис. 70. Сравнительные образцы озимой пшеницы сорта Базис (2018-2019 гг.):
1 – без применения удобрений;
2 – с применением удобрений по программе опытов

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что значительное положительное влияние на продуктивность, качество и себестоимость озимой пшеницы оказывают минеральные удобрения, а в условиях недостаточного увлажнения, характерного для почвенно-климатических условий Поволжья и ряда других регионов России, наряду с основным внесением твердых минеральных удобрений значительное влияние оказывают жидкие минеральные удобрения, в нашем случае карбамидно-аммиачная смесь КАС-32 в чистом виде и с добавлением серы КАС + S, производства ПАО «КуйбышевАзот», в качестве корневых и внекорневых – листостебельных подкормок.

КАС-32, имеющий в своем составе необходимые три формы азота для пролонгированного действия на развитие и формирование высококачественного зерна озимой пшеницы с хорошей урожайностью, представляет универсальное удобрение для составления полноценных для растений баковых смесей. В частности исследованиями установлена хорошая совместимость и значительное влияние на урожайность и качество зерна озимой пшеницы КАС-32 с серой (*S*), влияющей на качество и урожайность, органоминеральные удобрения – гуматы, микроэлементы (исследовалась медь в баковой смеси) и средства защиты от сорняков – гербициды. Баковая смесь в данном составе не изменяет физико-механические свойства раствора, не засоряет форсунки опрыскивателей и способствует значительному росту урожайности озимой пшеницы, одновременно повышая ее качество.

Повышение плодородия почвы за счет основного внесения твердых минеральных удобрений (карбамид с серой) и внекорневых подкормок вегетативной части озимой пшеницы жидким комплексом удобрений на базе КАС-32 позволило увеличить урожайность озимой пшеницы сорта Базис Самарской селекции (Самарский НИИСХ) в остро-засушливых условиях 2019 г. на 34% – 47,5 ц/га против контрольного варианта (только осеннее удобрение почвы карбамид + сера без внекорневых подкормок баковой смесью на основе КАС-32) – 35,4 ц/га.

Разработанная ПАО «КуйбышевАзот» и исследованная на базе ФГБОУ ВО Самарского ГАУ новая комплексная система производимых заводом твердых – карбамид с серой (осенью по замерзшей почве) и жидких – на базе КАС-32 минеральных удобрений с добав-

лением серы КАС + S, органоминеральной смеси – гуматы и микроудобрения (медь) позволяет значительно увеличить плодородие почвы. Так же применение новой комплексной инновационной системы минеральных удобрений в 2019 г. обеспечило получение зерна озимой пшеницы I класса по массовой доле белка, II класса – по массовой доле сырой клейковины, только по числу падений зерно отнесли к IV классу.

Проведение осенних полевых работ в 2019 г. при закладке опытов на 2020 г.

Опытный участок для проведения исследований эффективности применения удобрений производства ПАО «КуйбышевАзот» был выбран на опытных полях ФГБОУ ВО Самарского ГАУ площадью 1 га. Участок после парования со следующими характеристиками по плодородию: почва опытного участка – чернозем обыкновенный, остаточно-карбонатный, среднегумусный, среднемощный, тяжелосуглинистый с содержанием легкогидролизуемого азота – 780%, 7,80 г/кг, общего азота – 0,23%, подвижного фосфора – 0,803%, 8,3 г/кг и обменного калия – 0,588%, 5,89 г/кг, серы – 0,076-0,109%, 7,7-10,9 мг/кг, pH почвы – 7,4-7,8 – 6,7 ед. pH. Погодные условия в 2019 г. складывались неблагоприятными из-за дефицита осадков и повышенных атмосферных температур – второй год подряд засуха (табл. 20).

С учетом естественного плодородия почвы и по проведенным расчетам на планируемую урожайность – 50 ц/га 26 августа произвели осеннее внесение удобрений дисковой сеялкой *D-9* в смеси:

– азофоска (N/P/K – 16/16/16) из расчета 60 кг удобрений на 1 га;

– карбамид с серой (N – 24%, S – 21%) из расчета 200 кг удобрений на 1 га.

Посев озимой пшеницы сорта Светоч Самарского НИИСХ был произведен 27 августа сеялкой *DMC Primer*. Из-за пересохшего верхнего слоя почвы W = 13-14% посев семян озимой пшеницы произвели на большую от оптимальной (4-5 см) глубину во влажный почвенный слой 8-10 см нормой 3,5 млн. семян на 1 га. Посев семян на большую глубину 8-10 см, но во влажный слой почвы сеялкой *DMC Primer* с долотовидными сошниками позволил семенам прорости значительно раньше (на 6-8 дней) по сравнению с семенами, посеянными на оптимальную глубину 4-5 см, но в сухой слой почвы дисковой сеялкой *D-9*. Из-за недостаточного количества летних

осадков (в мае-сентябре выпало осадков в виде дождя только 87,8 мм по сравнению со среднемноголетними – 239 мм, что составило 30,2%) почва в верхнем слое была пересохшей – в верхнем слое 0-10 см относительная влажность почвы составила 13,5-14,0%, но из-за более увлажненной почвы в среднем слое – 10-20 см (влажность почвы составила 18,0%) из высеянных в этот слой семян всходы получились удовлетворительными, тем более в более глубоких, нижних слоях – 20-30 см влажность составляла 23%. Как известно (исследования Б. И. Вериго) семена озимой пшеницы начинают прорастать при влажности почвы на «семенной дорожке» выше 16-17%, при влажности 13-15% семена не прорастают, что и объясняет все-таки некоторое запоздание всходов озимой пшеницы в опытах только после достаточно большого количества осенних осадков, при этом почва хорошо увлажнилась и состояние посевов значительно улучшилось (рис. 71-72).



Рис. 71. Корневая система и всходы озимой пшеницы, посеянной сеялками с дисковыми сошниками – D-9 (слева) и долотовидными – DMC (справа)

Для прогнозирования урожайности и качества зерна озимой пшеницы с разработкой и применением системы удобрений в 2020 г. была проведена оценка плодородия почвы на посевах.

Результаты исследований (табл. 27) показывают, что по всем составляющим элементам почва имеет хорошее плодородие, что косвенно подтверждается состоянием и развитием всходов. Таким образом, использование системы удобрений с включением в нее жидких азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений производства ПАО «КуйбышевАзот» при благоприятной перезимовке посевов, способствует получению урожая озимой пшеницы свыше 50 ц/га.



Рис. 72. Посев озимой пшеницы на опытном поле 29 октября 2019 г. после интенсивных осенних осадков с хорошим увлажнением почвы

Таблица 27

Показатели плодородия почвы от 20.11.2019 г.

Наименование образца	Сульфаты, мг/кг	Сера, ммг/кг	Нитраты, мг/кг	Азот, ммг/кг	Фосфаты, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	Калий, мг/кг
Образец № 1	38,05	12,7	277,35	62,68	154,5	115,44	16,17
Образец № 2	45,24	15,1	282,55	63,85	159,7	19,33	13,63

Исследования эффективности применения КАС-32 в чистом виде и с содержанием серы КАС + S на зерновых колосовых культурах (озимая пшеница сорта Светоч) проводились в три этапа, аналогичные этапам внесения под озимую пшеницу сорта Базис (см. с. 91).

Жидкие удобрения КАС, КАС + S производства ПАО «КуйбышевАзот» в 2018-2020 гг. испытывались на деляночных и производственных опытах Самарского ГАУ (Самарская обл., Кинельский район, п. Угорье). На контрольных делянках жидкие удобрения не вносились.

Погодные условия в 2020 г. сложились достаточно благоприятными для озимой пшеницы, обеспечив получение в Самарской области рекордного урожая зерновых культур, о чем свидетельствует влажность почвы на делянках, которая по горизонтам составляла от 24 до 27%.

Внесение удобрений в качестве внекорневых подкормок за счет частичного их стекания с листьев пшеницы при их обработке КАС-32 крупнокапельными форсунками улучшило плодородие почвы на опытных делянках (табл. 28).

Таблица 28

Анализ плодородия почвы на опытных делянках

Варианты опыта	Нитрат-ионы, мг/кг	Азот, мг/кг	Сульфат-ионы, мг/кг	Сера, мг/кг	Фосфат-ионы, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	Калий, мг/кг
Озимая пшеница (контроль)	41,16	11,90	14,66	4,90	2,96	2,28	6,38
Озимая пшеница, КАС-32	89,63	26,92	28,79	9,62	7,07	5,21	23,19
Озимая пшеница, КАС + S	64,35	19,21	75,53	15,23	11,73	8,76	31,10

В процессе вегетации озимой пшеницы Светоч проводились наблюдения за состоянием посевов после их обработки (29 мая) жидкими азотными удобрениями листовой диагностикой с помощью прибора N-тестера (табл. 29), который показал повышение

наличия азота в листьях от обработки КАС по сравнению с контролем от 594 до 607 и 652 ед., что в дальнейшем повлияло на повышение урожайности и качества озимой пшеницы.

Таблица 29

Листовая диагностика N-тестером

Вариант опыта	Содержание азота в листьях
1. КАС-32	652
2. КАС+S	607
3. Без весенней подкормки (контроль)	594

Анализируя формирование урожая озимой пшеницы сорта Светоч селекции Самарского НИИСХ и ее качество в 2020 г., следует констатировать, что погодные условия были благоприятными и разработанная инновационная технология по использованию новых жидких минеральных азотных и азотосеросодержащих удобрений на базе КАС с добавлением серы (*S*), обеспечили как значительную прибавку урожайности пшеницы, так и улучшение ее качества. Так, в соответствии с агрохимической программой внесение минеральных удобрений – внекорневые подкормки жидкими азотными удобрениями КАС-32, внесенных весной во время кущения и трубкования обеспечили 55,2 ц/га или прибавка урожайности составила 6 ц/га – 13% от контроля – 49,2 ц/га (табл. 30), при внесении КАС+S урожайность составила 52,1 ц/га или прибавка урожайности составила 2,9 ц/га – 6%, что свидетельствует о достаточно высоком и преимущественном влиянии жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 на урожайность озимой пшеницы (рис. 73).

Таблица 30

Урожайность озимой пшеницы Светоч в 2020 г.

Показатели	Вариант без удобрений	Вариант с удобрениями КАС/КАС+S
Кол-во растений перед уборкой на 1 м^2, шт.	314	352
Урожайность, ц/га	49,2	55,2/52,1



Рис. 73. Озимая пшеница сорта Светоч по вариантам опыта, слева – подкормка аммиачной селитрой, справа – КАС-32 (2020 г.)

Применение инновационного комплекса удобрений ПАО «КуйбышевАзот» на озимой пшенице сорта Светоч в 2020 г., состоявшего из осеннего основного внесения новых удобрений карбамид с серой по «мерзлой почве» и азофоске по расчетам на плановую урожайность – 50 ц/га и весенне-летних внекорневых подкормок жидкими азотными удобрениями КАС-32 и КАС+S, обеспечило необходимое питание для получения пшеницы I и II класса (табл. 31).

Таблица 31

Качество озимой пшеницы сорта Светоч в 2020 г. – класс по ограничительным нормам (ГОСТ Р 52554-2006)

Показатели	Контроль, без удобрений	КАС/КАС + S
Массовая доля белка, % на сухое в-во	12,9 (III)	14,2/15,8 (I)
Массовая доля сырой клейковины, %	23,8 (II)	25,9/28,0 (II)
Качество сырой клейковины единицы прибора ИДК	60,1 (II)	61,5/63,0 (I-II)
Стекловидность, %	32,4	33,3/36,7
Влажность, %	11,0	10,9

Проведенные трехлетние (2018-2020 гг.) исследования по сравнительной оценке влияния жидких азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений на базе КАС-32 при внекорневых подкормках озимой пшеницы сорта Светоч с учетом применения в качестве основного удобрения с осени твердых минеральных азотных удобрений с серой (карбамид + сера) и азофоски на урожайность озимой пшеницы в примерно одинаковых погодных условиях (с недостаточных увлажнением, засухами), показали устойчивую тенденцию по годам преимущественного более значительного положительного влияния жидких удобрений. Так, средняя за два года 2019-2020 гг. (2018 г. предварительной оценки не включен, так как не был проведен весь комплекс агрохимических мероприятий) урожайность озимой пшеницы при применении жидких азотных удобрений КАС-32 составила 51,2 ц/га или на 8,9 ц/га (21%) выше, чем без применения жидких азотных удобрений КАС-32 ц/га.

Научные исследования и оценка результатов производственной деятельности агропредприятий Самарской области, использующих в 2020 г. на посевах озимой пшеницы жидкие удобрения КАС, проводились в разных природно-климатических условиях основных зон с учетом агроклиматического потенциала озимых зерновых. Основные исследования проводились на опытных полях ФГБОУ ВО Самарский ГАУ в Кинельском районе, расположенном в *Центральной зоне*, которая находится в Предуральской лесостепной провинции со среднегодовым количеством осадков 350-550 мм. Почвенный покров представлен в основном типичными, обыкновенными и выщелоченными черноземами. Значительные площади расположены на относительно ровных землях. Доминируют среднегумусные средней мощности глинистые и тяжелосуглинистые черноземы. Средняя мощность гумусового горизонта (*А+АВ*) 50-65 см. Реакция почвы близка к нейтральной. Объемная масса слоя *Ап* + *А* – 1,08-1,17 г/см^3. Содержание гумуса в пахотном слое колеблется от 4,8 до 7%. Плотность почвы слоя *Ап* – от 1,03 до 1,09 г/см^3.

Правобережная часть зоны относится к южной степной провинции и имеет до 30% территории, занятой лесами. Почвы подвержены смывам и размывам (количество действующих оврагов – до 14 шт. на 100 км^2). В *Северной (лесостепной) зоне* с погодными условиями, свойственными южной лесостепи, наблюдения проводились за посевами озимой пшеницы, обрабатываемые жидкими

удобрениями КАС в Сергиевском районе в ООО «АГРО-АЛЬЯНС». Данная зона характеризуется более низкими температурами зимы и лета по сравнению с другими зонами, лучшей увлажненностью, достаточно высоким и устойчивым снежным покровом. Среднегодовое количество осадков за последние 30 лет, по данным Приволжского гидрометцентра, составляет 500-600 мм и уравнивается с величиной испарения. Здесь преобладают выщелоченные черноземы, а на участках, где в прошлом преобладала разнотравно-луговая растительность, – типичные мощные и среднемощные черноземы. На повышенных участках интенсивно выражена эрозионная деятельность. На склонах от 1,1 до 5° расположены свыше 500 тыс. га пашни, или 62% от всей ее площади, в т. ч. около 30% размещены на склонах от 3 до 5°. Содержание гумуса колеблется в пахотном слое от 6,4 до 7,7%, на малогумусных – до 4,8%. Плотность почвы в слое *Ап* + *А* находится в пределах 1,08-1,15 г/см^3. Около 2% земель с выщелоченными черноземами подвержено плоскостному смыву.

В *Южной (степной) зоне* Самарской области в Заволжской степной провинции наблюдения проводились за посевами озимой пшеницы, обрабатываемыми жидкими удобрениями КАС в Большеглушицком районе в ООО СХП «АЛИ». Данная зона характеризуется засушливой степью, распространяемой на южные районы и отличается малоснежной и холодной зимой, засушливым вегетационным периодом при среднегодовом количестве осадков 270-450 мм. Недостаток влаги за вегетационный период доходит до 260 мм, а вероятность всех типов засух – до 60%. Распространены обыкновенные, выщелоченные, типичные и южные черноземы в основном глинистого и тяжелосуглинистого механического состава. Около 60% этих почв в различной степени разрушены эрозионными процессами. Подзона сухой степи расположена южнее от черноземной степи. Она занимает около 4% области. Здесь выпадает за год 250-400 мм осадков. Постоянно ощущается дефицит влаги в почве, наблюдается слабая ее промачиваемость. Число засушливых лет достигает 70-80%. В зимнее время сильные ветры сносят с равнинной территории снежный покров. Это способствует значительным потерям зимних осадков. Почвенный покров представлен темно-каштановыми и каштановыми почвами, часто встречаются солонцы. Механический состав этих почв – от тяжелосуглинистого до супесчаного. В сухой степи сосредоточены основные площади пашни, подверженные или потенциально опасные в отношении ветровой

эрозии. Таким образом, большинство почв Самарской области, кроме южных слабосмытых черноземов, имеют сравнительно высокое содержание гумуса и оптимальное сложение верхнего (0-30 см) слоя почвы, что позволяет эффективно использовать технологии нового поколения с использованием минимальных, дифференцированных и комбинированных систем обработки почвы и других элементов адаптивных систем земледелия. Природные условия и потенциал почвенного плодородия позволяют успешно решать в Самарской области задачу полного обеспечения ее населения различными продуктами питания и сырьем перерабатывающую промышленность. Среди факторов, влияющих на развитие растений, одним из наиболее важных является солнечная радиация, которая служит основой для агроклиматического районирования культур и сортов. Поэтому всю работу по совершенствованию технологий возделывания озимых зерновых необходимо подчинить принципу формирования фотосинтезирующих систем, способных максимально использовать приходящую фотосинтетически активную радиацию (ФАР). Для зерновых культур данный показатель на широте Самары составляет около 3 млрд. ккал на 1 га. Это позволяет получать урожаи озимых зерновых культур на уровне 8,0–9,0 т/га. Сравнение фактических урожаев с теоретически обоснованными свидетельствуют о больших неиспользованных резервах получения высоких урожаев на полях области. Для озимых зерновых уровень урожаев не лимитируется количеством приходящего по природным зонам тепла. Урожаи данных культур, обеспечиваемые приходящей ФАР и теплом, не всегда могут быть получены вследствие ограничивающего действия лимитирующих факторов: влагообеспеченности посевов и почвенного плодородия. Уровень урожаев, который обеспечивает естественное увлажнение, может быть повышен за счет увеличения выхода основной продукции из общей биомассы. Сорта, обладающие узким соотношением основной и побочной продукции, обеспечивают получение большего количества зерна. Существенную роль в увеличении сбора основной продукции имеет рациональное применение удобрений, снижающее затраты влаги на формирование единицы продукции.

По данным научно-исследовательских учреждений, пахотные земли области бедны подвижными формами фосфора и в большинстве случаев хорошо обеспечены обменным калием. Содержание

легкогидролизуемого азота в большей части почв невысокое. Данные научно-исследовательских учреждений, станции агрохимической службы «Самарская» свидетельствуют о том, что черноземные почвы области способны обеспечить урожай озимых на уровне 3,5-5,0 т/га.

Для того, чтобы совершенствование технологий возделывания озимых зерновых по реализации природных ресурсов имело успех, необходимо знать потенциальные возможности сорта, запланированные урожаи которых намечено получить. Максимальные урожаи в Самарской области, по данным научных учреждений и государственных сортоучастков, для озимой пшеницы составляют 8,29 т/га, ржи – 7,4 т/га, тритикале и ячменя – 6,5 т/га. Определение величины урожая, лимитируемого нерегулируемыми или слабо регулируемыми факторами, позволяет установить реальный уровень продуктивности сельскохозяйственных культур и приступить к разработке мероприятий, обеспечивающих реализацию природного агроресурсного потенциала хозяйства. Обобщающим показателем, позволяющим объективно прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур и степень продуктивного использования пахотных земель в конкретных природно-климатических условиях, является биоклиматический потенциал пашни (БКП). При его определении учитывается приходящая ФАР, теплообеспеченность, влагообеспеченность, содержание в почве доступных питательных веществ. Показатель биоклиматического потенциала отражает так же опосредственно обеспеченность энергоресурсами, техникой, культуру земледелия, организационно-хозяйственные условия. Сравнение полученных данных с результатами работы в предыдущие годы свидетельствует о значительных резервах в производственной деятельности хозяйств области.

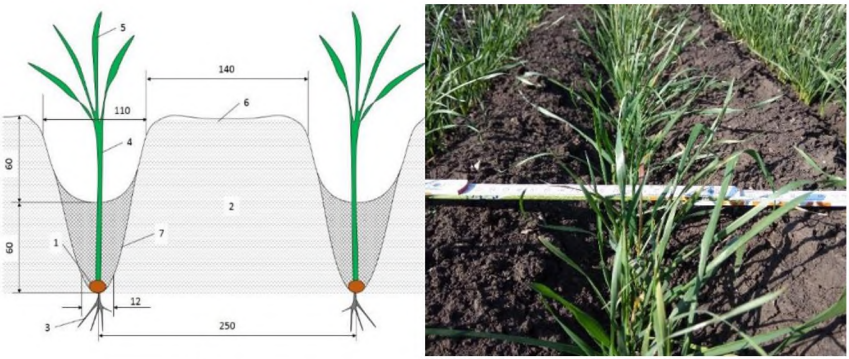
Как показывает многолетняя практика – в Поволжском регионе (Самарская обл.) и некоторых других регионах посев озимых культур, являющихся основным при производстве зерна, проводится как правило при критическом, недостаточном увлажнении почвы по предшественнику – подсолнечнику, поля из-под которого обрабатываются в начальный период механически – дисковыми боронами и культиваторами для интенсивного измельчения стеблей и корзинок с перемешиванием их с почвой, а перед посевом – гербицидами для уничтожения сорняков и падалицы подсолнечника с максимальным сохранением влаги.

Оптимальной глубиной заделки семян в почву считается 4-6 см, при этом семена должны располагаться во влажном слое, что очень сложно обеспечить при пересохшем верхнем слое почвы, в связи с чем агрономы устанавливают более глубокую заделку семян – до 10-12 см до влажного слоя почвы, что затрудняет появление всходов при прорастании семян и их большую изреженность. Данную проблему весьма успешно решает сошниковая группа сеялки *Condor*, когда долотовидные сошники, даже установленные для высева семя на 10-12 см во влажную почву, при своем проходе часть почвы отбрасывают из борозды, образуя гребень, при этом семена размещаются в одном горизонте на дне влажной борозды, создавая наиблагоприятнейшие условия для их прорастания, а движущее за сошником опорное прорезиненное колесо уплотняет осыпавшую почву и формирует борозду-гребень, семена при этом оказываются заделанными на оптимальную глубину 4-6 см во влажный слой с хорошим контактом с почвой и без затруднений прорастают достаточно быстро, что обеспечивает их хорошую подготовку для перезимовки за счет оптимального кущения (рис. 74).

Отличные производственные посевы озимой пшеницы сеялкой *Condor 15000* наблюдали в агропредприятии «Али» в Красноармейском районе Самарской области (рис. 75).

При посеве озимых в Самарской области в 2019 г., характеризуемом недостаточным почвенным увлажнением, из-за пересохшего верхнего слоя почвы, семена были заделаны долотовидным сошником сеялки *Condor* во влажный почвенный слой на глубину 10-12 см, в тоже время за счет конструктивных особенностей долотовидного сошника и прорезиненного опорного колеса по его следу, общая глубина заделки семян в борозде составила оптимальные 5-6 см (рис. 76). Оптимальная глубина заделки семян обеспечила их дружное прорастание и отличное кущение, в дальнейшем обеспечив благоприятную перезимовку и закладку хорошей урожайности.

При применении сеялки *Condor 15000* и норме высева семян 175 кг/га междурядья были установлены на 25 см, что обеспечило хорошее осеннее кущение и дальнейшее развитие посевов озимой пшеницы Ресурс местной селекции (Самарский НИИСХ).



а *б*

Рис. 74. Профили посева сеялкой Condor:
а – аналитический; б – практический



Рис. 75. Всходы озимой пшеницы, посеянные сеялкой Condor в агропредприятии «Али» Красноармейского района Самарской области 3.10.2019 г.



Рис. 76. Проросшая озимая пшеница, посеянная сеялкой Condor, глубина заделки семян (5-6 см)

Из-за особенностей высева семян строго на дно борозды во влажный почвенный слой с оптимальной глубиной заделки долотообразными сошниками сеялки *Condor*, всходы были дружными и ранними (рис. 77), в отличии от посевов дисковыми сошниками.



Рис. 77. Всходы озимой пшеницы, посеянные дисковыми сошниками в одно и тоже время, что и долотообразными

При посеве дисковыми сошниками, когда при острой недостаточности почвенной влаги семена располагаются на различной глубине (рис.78*а*), попадая в пересохший слой почвы, при этом глубина заделки семян определяется глубиной предпосевной обработки почвы, всходы получаются изреженные, только частично выправляемые осенними осадками с определенным отставанием от более ранних всходов, размещенных строго на одной глубине долотовидными сошниками с достаточным увлажнением для прорастания семян (рис. 78*б*).

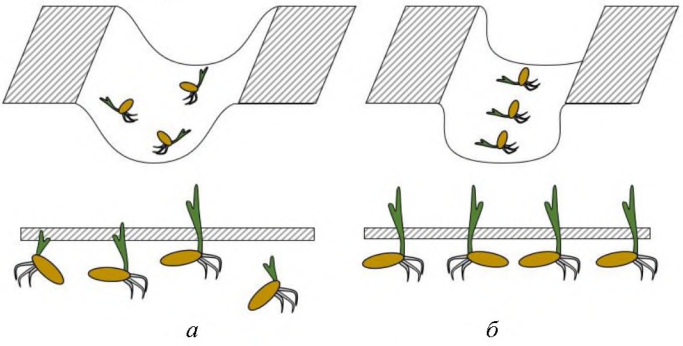


Рис. 78. Размещение семян в почве:
а – после дискового сошника; б – после долотовидного сошника

Таким образом, если дисковые и долотообразные сошники весной практически равноценны (кроме тягового сопротивления) при достаточном увлажнении почвы, то осенью, при посеве озимых культур при недостаточном увлажнении почвы, долотовидные сошники с опорными прорезиненными колесами и гребне-бороздковой технологией, обеспечиваемой сеялкой *Condor*, превосходят дисковые сошники значительно по созданию лучших условий для прорастания семян, развития всходов и необходимого для перезимовки кущения.

Агропредприятие «Али» успешно переходит к использованию жидких удобрений, в частности на всей площади посевов озимых в хозяйстве весенняя подкормка в стадии кущения проводилась концентрированным раствором КАС-32 производства ПАО «КуйбышевАзот» с нормой 100 л на 1 га опрыскивателями АО «Евротехника», ранее весенняя подкормка озимых в хозяйстве проводилась твердыми минеральными удобрениями (аммиачной селитрой) с последующим боронованием средними зубовыми боронами БЗСС-1,0. На рисунке 79 представлены общие виды озимой пшеницы сорта Ресурс селекции Самарского НИИСХ: а – всходы 3.10.2019 г.; б – перезимовавшие посевы 15.04.2020 г., в – пшеница Ресурс, обработанная весной 2020 г. в фазу кущения – подкормка карбамидно-аммиачной смесью КАС-32 (содержание азота N – 32%) перед уборкой.

Перед уборкой с учетом хорошего кущения озимой пшеницы было сформировано 367 продуктивных стеблей, что обеспечило биологическую урожайность 45,5 ц/га (III класс качества) с высокой ценой реализации и эффективностью возделывания озимой пшеницы в агропредприятии «Али», что полностью удовлетворило руководителей и специалистов агропредприятия, обеспечив преимущественную урожайность и качество зерна озимой пшеницы по сравнению с соседними предприятиями. Учитывая инновационность сеялки, технологии посева, удобрений, агрономическая служба агропредприятия ставит задачу по оптимизации нормы высева в данных условиях для дальнейшего увеличения урожайности пшеницы.



а



б



в

Рис. 79. Озимая пшеница сорта Ресурс, посеянная сеялкой Condor

Также были проведены исследования в производственных условиях на озимой пшенице в ООО «Агро-Альянс» Сергиевского района Самарской области (рис. 80) по следующим вариантам:

- 1 вариант – дробное внесение чистым КАС: в начале вегетации и при выходе в трубку;
- 2 вариант – дробное внесение КАС с препаратом NСтрайкер в начале вегетации и при выходе в трубку;
- 3 вариант – контроль (аммиачная селитра). Однократно в начале возобновления вегетации.

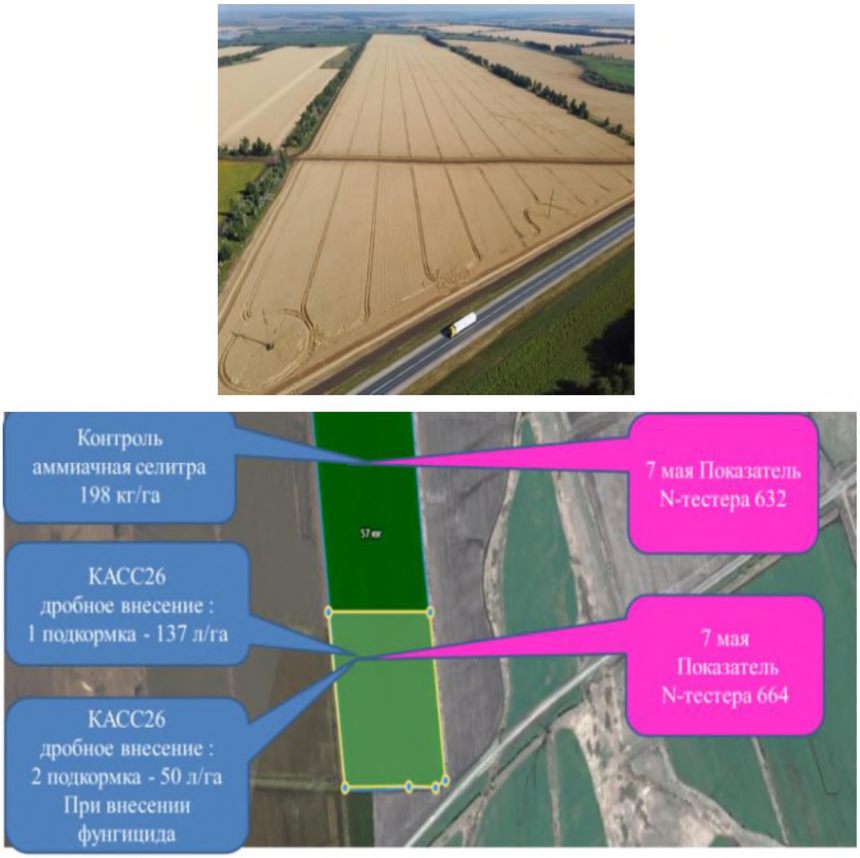


Рис. 80. Производственное поле и оценка количества азота в листьях при внекорневой подкормке озимой пшеницы жидким удобрением КАС – N26S2

В результате проведенных исследований установлено значительное положительное влияние жидких минеральных удобрений КАС-26 с серой (*S*) по сравнению с твердыми минеральными удобрениями – традиционной аммиачной селитрой на урожайность пшеницы – рост 16% – с 64,22 до 74,33 ц/га и на 33% при добавлении в КАС ингибитора NСтрайкер (стабилизатор аммонийной формы) – с 64,22 до 83,38 и 87,27 ц/га (табл. 32).

Значительная прибавка урожайности от применения жидких удобрений по сравнению с твердыми объясняется главным образом

чрезвычайно засушливым летом в Самарской области, как и во многих регионах страны, когда на растворение твердых минеральных удобрений (аммиачная селитра) просто не хватило влаги в наиболее востребованный период развития озимой пшеницы, а также более эффективным составом применяемых жидких удобрений.

Таблица 32

Показатели урожайности озимой пшеницы сорта Ресурс

Вид удобрений	Урожайность, ц/га	Влажность зерна, %	Клейковина, %	ИДК	ЧП	Масса 1000 семян, г	Натура, г/л
КАС26+2S	74,33	13,3	16,6	82,3	365	44,0	805,3
КАС26+2S+ NСтрайкер	87,27	12,9	16,1	83,1	386	45,1	809,5
КАС26+2S+ NСтрайкер	83,38	12,4	15,9	76,4	350	45,3	810,1
Аммиачная селитра 150 кг/га (контроль)	64,22	13,6	14,5	71,6	370	46,6	794,3

Определенное решение данной проблемы обеспечивает применение сеялки *DMC* за счет того, что ее долотовидные сошники с достаточно большой вертикальной нагрузкой обеспечивают посев не только на глубину предпосевной обработки, но и на большую установленную регулировочными механизмами глубину. То есть, в определенной степени, проводя высев семян на большую глубину (более чем 4-6 см) при выровненной поверхности поля сеялкой *DMC* по сравнению с дисковыми сеялками (например сеялками *Д-9, Citan* и др.), можно получить ранние дружные всходы озимых культур из-за хорошего контакта семян с влажной почвой, однако большое количество энергии и питательных веществ будет затрачено на прорастание самих семян с большей глубины, что не эффективно.

Сравнительная оценка рабочих органов и сеялок для эффективного посева озимых (яровых) культур с получением хороших всходов даже в засушливых условиях

С учетом многообразия почвенно-климатических условий страны – наиболее эффективной из зерновых культур является озимая пшеница, являющаяся в значительной степени гарантом

получения высоких урожаев с хорошими продовольственными качествами продукции. В России озимые зерновые возделываются на площади более 17 млн. га, что составляет 22% от всей посевной площади. Площадь озимых в ПФО составляет более 4 млн. га из 17 млн. га или 23%, в Самарской области озимые занимают 1 место – около 63% посевных площадей, что свидетельствует о чрезвычайной важности данной культуры в АПК как России, так и регионов.

Стратегия развития и совершенствования агрокомплекса Российской Федерации, в том числе и за счет адаптации и внедрения мировых технологий в земледелии No-Till, Mini-Till, Strip-Till [6, 9, 42] при организации совместных производств, в частности – АО «Евротехника» (РФ, г. Самара) немецкой компании «AMAZONEN-Werke», основана на эффективном использовании с возможностью выбора для конкретных почвенно-климатических условий регионов России наиболее эффективных по технологическим и экономическим показателям сельхозмашин – в нашем случае – сеялок для посева озимых в условиях частых засух и недостатка влаги для осенних продуктивных всходов озимых, что характерно для ПФО в первую очередь, в том числе и для Самарской области.

В связи с вышеизложенным считаем необходимым рассмотреть конструкционно-технологические отличия различных сошников сеялок: долотообразный (анкерный) и дисковый (двухдисковый), являющихся основными рабочими органами современных сеялок, обеспечивающих посев по различным технологиям, при этом не рассматриваются лаповые сошники, так как на недостаточно увлажненных почвах они дополнительно ее иссушают, что для озимых нежелательно при малых осенних осадках. Климатические особенности Поволжского региона (в том числе и Самарской области) характеризуются засушливым летне-осенним циклом, когда при посеве озимых культур всходы получаются поздними, изреженными, с недостаточной степенью кущения. Однако данное обстоятельство, как показывает практика, в большей степени характерно только для сеялок с двухдисковыми сошниками, в то время как долотовидные сошники способствуют дружным ранним всходам. Проведенный глубокий анализ сеялок, используемых в АПК России, производимых в РФ (г. Самара) АО «Евротехника» немецкой

компании «AMAZONEN-Werke» для самой ответственной технологической операции в земледелии – посева сельскохозяйственных культур, показал большую номенклатуру сеялок с долотовидными сошниками наряду с дисковыми. Многолетняя совместная научная работа компании «AMAZONEN-Werke» с Самарским ГАУ по многим ее сельскохозяйственным машинам [7-10, 21-25, 33-53, 59-69], но в большей степени по сеялкам как для традиционных технологий (*D9, Citan*), так и для энерго-, влагосберегающих – No-Till, Mini-Till (*Primera DMC, Condor, Cauena)*, позволяет рекомендовать для каждых конкретных почвенно-климатических условий и культур наиболее эффективные. И на сегодняшний день это, наряду с широко распространенной и используемой в РФ сеялкой *DMC*, – сеялка *Condor* как для прямого посева, так и для традиционных технологий с шириной захвата 12 и 15 м (рис. 81) [4, 7, 63], часовой производительностью 7-25 га/ч при рабочей скорости до 14 км/ч, сезонной выработкой на яровых и озимых культурах до 2 тыс. га.



Рис. 81. Сеялка прямого посева Condor с шириной захвата от 12 до 15 м

Прицепная сеялка *Condor* выполняет посев долотовидными высевающими сошниками *ConTeC pro* с индивидуальной подвеской с междурядьями 25 см и 31,3/33,3 см и, что самое важное, следом за каждым сошником работает опорное прорезиненное колесо, уплотняющее и улучшающее контакт высеянных семян с почвой, при этом подтягивается влага по капиллярам из нижележащих более влажных слоев, способствуя тем самым дружному и раннему

появлению всходов, которые в дальнейшем попадают под естественные осенние осадки и получают благоприятные условия для кущения и закладывания хорошего урожая. Данное сочетание долотовидного сошника и опорного прорезиненного колеса создает профильную поверхность поля, где в бороздах всходят и развиваются растения, защищенные от ветра и иссушения гребнями почвы по аналогии с используемыми ранее в АПК Советского Союза технологиями посева аналогичными с Канадскими и Американскими противоэрозионными сеялками *СЗС-2,1* с клинчатыми катками. Так что с использованием данной сеялки возможны интенсивные технологии возделывания озимых зерновых в засушливых регионах с континентальным климатом. При ширине захвата 12 и 15 м и объёме 3-секционного напорного бункера 8000 л сеялка *Condor* обеспечивает высокое качество посева, даже при недостатке влаги и при малом тяговом сопротивлении – значительную производительность. Особо отличительной и более благоприятной особенностью конструкции сеялки *Condor*, по сравнению с другими известными аналогичными сеялками, является расположение зернотукового большеобъемного бункера впереди сеялки, что обеспечивает сохранность защитных почвенных гребней без их разрушения опорными колесами бункера по сравнении с другими сеялками, у которых бункер агрегатируется сзади.

Наряду с сеялкой *Condor* АО «Евротехника» компании «AMAZONEN-Werke» выпускает и другие сеялки с долотовидными и дисковыми (особенно эффективны при достаточном почвенном увлажнении в начальный период прорастания семян, что характерно для весенней посевной) сошниками (рис. 79). То есть при более благоприятных по почвенному увлажнению условиях необходимые агрегаты можно выбрать из широкой гаммы сеялок с различными сошниками и различной шириной захвата при соответственно различной производительности, что дает возможность агропредприятиям комплектоваться необходимым количеством сеялок с учетом их земельных угодий и структуры посевных площадей с проведением посевных работ строго в агротехнические сроки – 5 дней по каждой культуре на одном поле (табл. 33, рис. 79). В связи с чем рассматриваются машины компании «AMAZONEN-Werke» для посева сельскохозяйственных культур, основанием чего явилась многолетняя совместная научная работа компании

«AMAZONEN-Werke» с Самарским ГАУ по многим сельскохозяйственным машинам, но в большей степени – по сеялкам как для традиционных технологий – *D9, Citan* (рис. 82*в,г*), так и энерго-, влагосберегающих No-Till, Mini-Till – *Primera DMC* (рис. 82*а,б*) [1-13].

В таблице 33 представлены основные технические характеристики зерновых сеялок, позволяющие подбирать агропредприятиям при модернизации наиболее эффективные как по технологическим показателям, так и по обеспечению проведения посевных работ в агротехнические сроки в соответствии со структурой посевных площадей, в том числе и с учетом площадей полей, и с имеющейся или приобретаемой «энергетикой-тракторами», а так же представлены расчетные данные по возможной сезонной выработке на возделываемых в агропредприятии культурах, включая озимые, которые в структуре посевных площадей занимают значительное место.

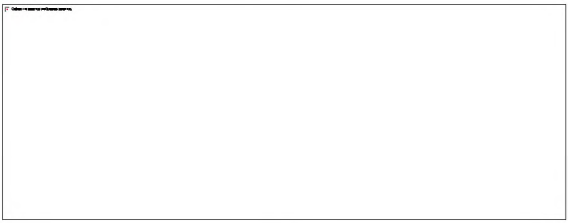
Таблица 33

Технико-технологическая классификация зерновых сеялок фирмы «AMAZONEN-Werke»

Технико-эксплуатационные показатели	Технологии							
	классическая			Mini-Till			No-Till	
	D9	*Citan*	*DMC*	*DMC*	*Condor*	*Cauena*	*DMC*	*Condor*
Ширина захвата, м	4-6	6-15	3-12	3-12	12-15	6	3-12	12-15
Часовая производительность при рабочих скоростях от 6,0 до 14,0 км/ч, га/ч	3-10	4-25	2-18	2-18	7-25	4-10	2-18	7-25
Выработка за агросрок 5 дней на одном поле, на одной культуре, га	160-840	200-1000	90-840	90-840	840-1000	200	90-840	840-1000
Возможная сезонная выработка на возделываемых культурах, включая озимые, га	1500	200	1500	1500	2000	500	1500	2000



а



б



в



г

Рис. 82. Сеялки АО «Евротехника»:
а – *DMC*; б – *Cauena* долотовидные сошники); в – *D-9*; г – *Citan* с шириной захвата от 9 до 15 м для посева зерновых (дисковые сошники)

В исследованиях по оптимизации машинно-тракторного парка агропредприятий, как крупных холдингов, так и средних и малых, за главный критерий при подборе необходимых сельхозмашин взята ширина захвата сеялок (для различных) технологий, обеспечивающая определенную производительность и сезонную выработку сеялочного агрегата в зависимости от рабочих скоростей, обеспечиваемых энергетическим средством в строго-рекомендуемые агротехнические сроки [3-4].

При систематизации сеялок по традиционным технологиям показано, что сеялки *D9* (рис. 82*в*) шириной захвата от 3 до 12 м (с использованием сцепки при скоростях от 6 до 14 км/ч) могут за агросрок (5 дней) засеять от 90 до 840 га, сеялка *Citan* (рис. 82*г*) шириной захвата от 9 до 15 м на тех же скоростях и при тех же агротребованиях может засеять до 1000 га за агросрок. Сеялка для прямого посева *DMC Primera* (рис. 82*а*) шириной захвата от 3 до 12 м на тех же рабочих скоростях, обеспечиваемых соответствующей тракторной техникой, сможет засеять в агросрок до 840 га.

Сеялки прямого посева *Condor* шириной захвата от 12 до 15 м могут засеять при максимальной рабочей скорости 14 км/ч от 840 до 1000 га.

В номограмме (рис. 83*а*) так же представлены результаты эксплуатационно-технологических возможностей другого зернового комплекса компании «AMAZONEN-Werke» *Cauena* – 6 м.

Для посева одной культуры, на одном поле рекомендован агросрок 5 дней. В соответствии с поставленными задачами по модернизации агропредприятий сеялочной техникой для различных технологий и для различных по площади полей с определенными условиями по агротребованиям, как к технологиям посева, так и к агротехническим срокам, построена номограмма (рис. 83*б*) для подбора зерновых сеялок фирмы «AMAZONEN-Werke», как для яровых, так и для озимых культур. Различные конструкции сеялок АО «Евротехника» позволяют агропредприятиям широкий маневр при полевых работах в зависимости от почвенно-климатических условий и структуры посевных площадей.

Таким образом, посев озимых культур новой сеялкой *Condor* с образованием рельефной поверхности почвы с расположением семян во влажном слое и при оптимальной глубине заделки 4-6 см в бороздке, образуемой сошниковой группой с индивидуальным для каждого сошника прикатывающим катком, при самых критических

погодных условиях (недостатке влаги из-за малого количества весенних, летних, осенних осадков), обеспечит ранние, дружные всходы, их осеннее кущение, хорошую перезимовку и повышенную урожайность зерновых культур по сравнению с технологией выровненной поверхности поля после посева. При этом сеялка *Condor* показывает высокую эффективность на яровых культурах – особенно в технологиях No-Till, Mini-Till.

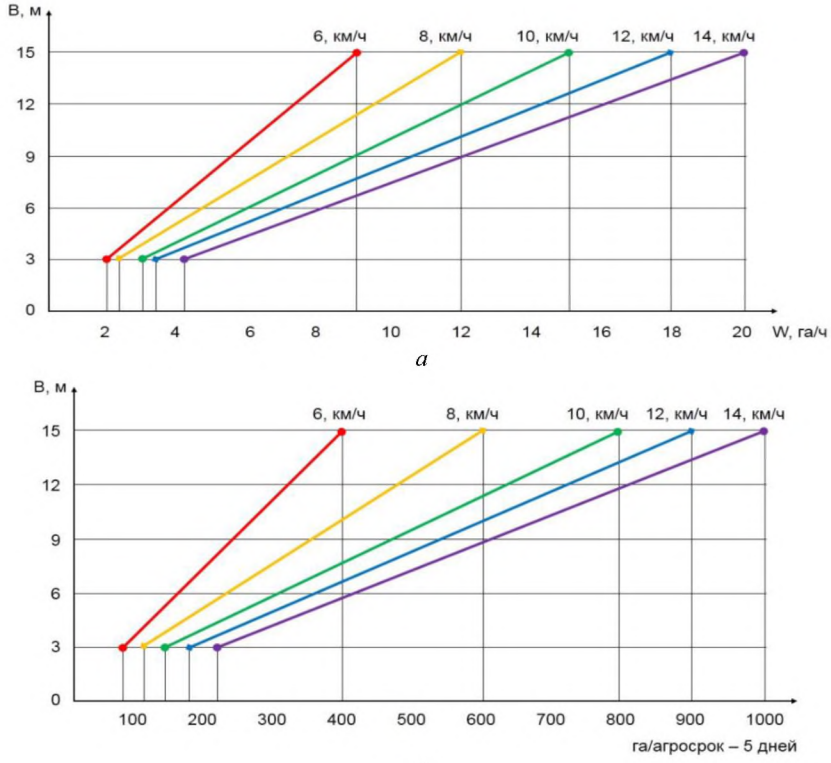


Рис. 83. Номограмма для подбора зерновых сеялок фирмы «AMAZONEN-Werke»:
а – производительность зерновых сеялок с различной шириной захвата (*B* = 3-15 м) и рабочими скоростями (*V* = 6-14 км/ч); б) для различных технологий (классическая, Mini-Till, No-Till) по выработке за агросрок (5дней)

Другие сеялки АО «Евротехника» также эффективны и популярны у аграриев, не случайно фирма занимает ведущее место по

прицепной технике в России, однако при особых условиях недостаточного увлажнения при посеве озимых зерновых сеялка *Condor* с технологией рельефной поверхности поля, после своего прохода при расположении семян в бороздах с их дополнительным прикатыванием индивидуальными каточками по следу сошников, показывает определенное преимущество по ранним и дружным всходам и интенсивному осеннему кущению, что является условием хорошей перезимовки озимых культур и их высокой урожайности с хорошим качеством зерна.

Итак, подводя итоги, можно констатировать, что климатические условия ряда регионов России, к которым относится и Самарская область, характеризуются малым количеством осадков и особенно в летне-осенний период перед посевом озимых культур. Соответственно земледелие носит «рискованный» характер, что требует совершенствования технологий возделывания сельскохозяйственных культур и конструкций сельскохозяйственных машин-особенно сошниковой группы сеялок.

Для засушливых условий Поволжья и других аналогичных регионов при сложившейся структуре земледелия (преобладания подсолнечника) при посеве озимых наиболее эффективными будут сеялки с долотовидными сошниками, обеспечивающими формирование рельефного гребне-бороздкового профиля поверхности поля, когда в бороздах размещаются посевы, а гребни защищают их от иссушения и выдувания влаги из почвы.

Наиболее эффективно в условиях недостаточного увлажнения работает сеялка *Condor 12000(15000)*, производимая в Самаре на АО «Евротехника».

При более благоприятных условиях с оптимальным увлажнением почвы конструкция сошников сеялок не оказывает решающего значения на всхожесть и развитие семян, при этом сохраняется значимость проведения посевных работ в строго рекомендуемые региональные агротехнические сроки.

Широкая номенклатура сеялок предприятия АО «Евротехника» в России (г. Самара) немецкой компании «AMAZONEN-Werke» позволяет аграриям подбирать для своих предприятий наиболее эффективные сеялки с учетом почвенно-климатических условий и принятой структуры посевных площадей с обеспечением посевных работ в рекомендуемые и строго лимитированные региональные агротехнические сроки.

На основании проведенных исследований на опытном поле ФГБОУ ВО Самарский ГАУ совместно с ПАО «КуйбышевАзот» и АО «Евротехника» инновационной технологии применения жидких минеральных удобрений на базе карбамидно-аммиачной смеси КАС-32 и новых удобрений КАС+S (КАС с серой) установлено их значительное положительное влияние на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в основных почвенно-климатических зонах Самарской области.

Восполнение в почве дефицита главных химических элементов (азота и серы), формирующих высокий потенциал озимой пшеницы, комплексным применением азотных удобрений: жидких – КАС-32, КАС+S в качестве различных корневых и внекорневых подкормок в весенне-летний период и гранулированных – карбамид + сера, сульфат аммония, в качестве основного удобрения с осени, производства ПАО «КуйбышевАзот», позволяет получать урожайность озимой пшеницы в засушливых условиях зоны «рискованного» земледелия Поволжского региона до 55 ц/га, а добавление в КАС ингибитора NСтрайкер (стабилизатор аммонийной формы) – до 87 ц/га или увеличение урожайности по сравнению с чистым КАС-32 – на 33% (данные производственных опытов в ООО «АгроАльянс» Сергиевского района Самарской области).

Одним из главных факторов, лимитирующих высокую урожайность и качество зерна сельскохозяйственных культур и особенно озимой пшеницы, является влажность почвы, которая в условиях Самарской области в агротехнические сроки посева как правило недостаточна, целесообразным будет производить посев озимых культур инновационной сеялкой *Condor* АО «Евротехника», обеспечивающей посев в более глубокие как правило лучше увлажненные слои при соблюдении (за счет конструктивно-технологических особенностей) оптимальной глубины посева 4-5 см.

5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МУЛЬТИИНЖЕКТОРА «ТУМАН» ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

На основании современных агрохимических рекомендаций и общей мировой и отечественной тенденции по сбалансированному питанию сельскохозяйственных культур при их возделывании с учетом дефицита азота и серы на значительном большинстве почв как в Самарской области, так и в других регионах РФ (главным образом в Приволжском Федеральном округе зоны среднего Поволжья), на опытных полях ФГБОУ ВО Самарского ГАУ в острозасушливые 2020-2021 гг. началось проведение полевых исследований по определению эффективности новых инновационных форм жидких азотных минеральных удобрений КАС с различным сочетанием серосодержащих элементов КАС + S производства ПАО «КуйбышевАзот» с использованием инновационной сельскохозяйственной техники ООО «Пегас-Агро»: самоходный опрыскиватель и самоходный мультиинжектор «Туман».

Получены первые результаты полевых исследований на озимой пшенице сорта Базис селекции Самарского НИИСХ со средствами защиты растений фирмы «Сингента», показывающие значительное повышение урожайности, качества продукции и эффективности технологий в целом в условиях дефицита влаги в острозасушливый 2020 г. и также острозасушливый с рекордно высокими летними температурами 2021 г. С учетом полученных результатов при переходе к использованию в земледелии инновационных жидких азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений производства ПАО «КуйбышевАзот» с помощью отечественной сельскохозяйственной техники ООО «Пегас-Агро» АПК Самарской области может получить дополнительно 2,5-3,0 млрд. руб. прибыли за счет повышения урожайности и качества зерна основной сельскохозяйственной культуры – озимой пшеницы.

Был исследован технологический процесс возделывания озимой пшеницы с определением эффективности инновационных машинных комплексов ООО «Пегас-Агро» для внесения жидких инновационных азотосеросодержащих минеральных удобрений – карбамидно-аммиачной смеси КАС + S (ПАО «КуйбышевАзот») по

различным технологиям. Для листовой подкормки озимой пшеницы жидкими удобрениями применялся самоходный опрыскиватель с крупнокапельными пятиструйными форсунками, а для внутрипочвенного внесения – инновационный агрегат – самоходный мультиинжектор. При работе опрыскивателя исследовалось два варианта листовой подкормки озимой пшеницы: 1 – КАС + S (содержание азота (*N*) – 23-24%, серы (*S*) – 3,6% в чистом виде с нормой внесения 200 л/га; 2 – КАС + S с нормой внесения 200 л/га с добавлением дефицитного в почве микроэлемента – меди – *Cu* ($CuSO_4$) с нормой 0,5 кг/га и органического удобрения – гумата калия с нормой 5 л/га. При обработке посевов озимой пшеницы мультиинжектором в соответствии с почвенным плодородием и зональными рекомендациями вносились азотные удобрения КАС + S внутрипочвенно с нормами 200, 300, 350 л/га.

Главной целью исследований было определение преимущества способов внесения жидких минеральных азотосеросодержащих минеральных удобрений на базе карбамидно-аммиачной смеси КАС + S в чистом виде и КАС + S и с добавлением меди *Cu* ($CuSO_4$) и гумата калия при возделывании озимой пшеницы во время весенних подкормок через листовую поверхность растений опрыскивателями с крупнокапельными струйными форсунками и внутрипочвенным внесением мультиинжектором ООО «Пегас-Агро». На основе полученных материалов исследований запланирована популяризация среди сельских товаропроизводителей инновационных технологий применения жидких азотных удобрений (КАС), а также новых форм жидких азотных серосодержащих удобрений производства ПАО «КуйбышевАзот» с использованием современных технических средств Самарской фирмы ООО «Пегас-Агро», в том числе инновационного агрегата мультиинжектора в почвенно-климатических условиях Среднего Поволжья (Самарская область), особенно при часто-повторяющихся засухах при «рискованном» земледелии и наступающем глобальном потеплении.

На базе научно-производственного полигона на территории землепользования ФГБОУ ВО Самарский ГАУ проводились исследования эффективности инновационных технических средств – мультиинжектора ООО «Пегас-Агро» с внесением инновационных минеральных удобрений жидких азотных серосодержащих на базе карбамидно-аммиачной смеси КАС с мезоэлементом, остро недостающим для роста и развития сельхозкультур в почвах Самарской

области и Российской Федерации, для получения высоких урожаев с хорошим качеством продукции.

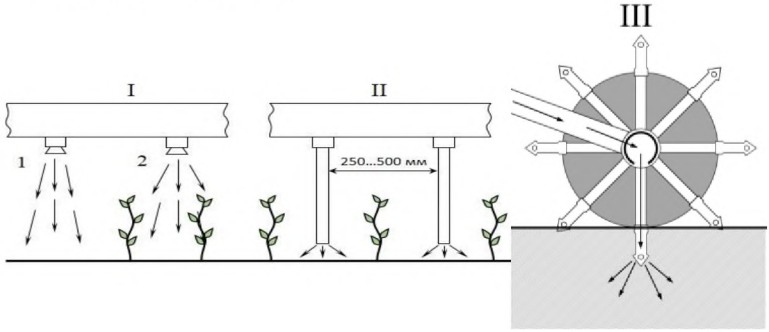
По результатам исследований разработаны инновационные технологии и подготовлены региональные и федеральные рекомендации по повышению эффективности растениеводства и земледелия для получения стабильных высоких урожаев сельхозкультур хорошего качества: в данных исследованиях – это озимая пшеница, являющаяся основной зерновой культурой в Самарской области и России, особенно в условиях недостаточного увлажнения и прогнозируемого глобального потепления.

Внесение жидких минеральных удобрений (в нашем случае КАС-32, КАС-32 + S, КАС с различными микроэлементами (серой (*S*)) и органическими удобрениями в исследованиях и на производственных посевах (гумат калия) технологически и экономически целесообразно проводить по разным технологиям и различными сельскохозяйственными машинами в зависимости от сроков внесения и фаз развития сельхозкультур и их вида, концентрации вносимых растворов по действующему веществу, условий внесения (при сильном ветре и высоких атмосферных температурах и т.п.) и т.д. В исследованиях использовались технические средства ООО «Пегас-Агро» (г. Самара, Россия), выпускающим наряду с широко применяемыми в АПК самоходными опрыскивателями и другими комбинированными агрегатами – мультиинжекторы для поверхностного (рис. 84*а*) и внутрипочвенного внесения жидких удобрений и в первую очередь КАС (рис. 84*б*) по известным и широко используемым технологиям:

- I – опрыскивателями с многоструйными или дефлекторными форсунками: 1 – на поверхность почвы – внекорневая подкормка; 2 – на растения и от растений и на поверхность почвы – комплексная листовая и внекорневая подкормки;
- II – опрыскивателями с шлангами-удлинителями на поверхность почвы – внекорневая подкормка;
- III – мультиинжектором – внутрипочвенное внесение КАС.

Следует подчеркнуть, что в настоящее время разработанная и серийно выпускаемая для АПК России специальная техника и оборудование к ней для внесения жидких удобрений обеспечивает эффективное их использование по разным технологиям с учетом био-

логических особенностей возделывания сельхозкультур, вида удобрений, передовых приемов внесения как поверхностно, так и локально (внутрипочвенно).



а *б*

Рис. 84. Технико-технологические схемы внесения жидких минеральных удобрений машинными комплексами ООО «Пегас-Агро»:
а – опрыскивателем через крупнокапельные форсунки и шланги удлинители;
б – мультиинжектором – внутрипочвенно

Общая характеристика инновационных машин ООО «Пегас-Агро» для внесения КАС

Имея определенные наработки по эффективному использованию КАС, и особенно в засушливых почвенно-климатических условиях, усугубляемых прогнозируемым глобальным потеплением, на базе Самарского ГАУ в 2021 г. продолжили научно-производственные исследования эффективности КАС с использованием инновационной техники ООО «Пегас-Агро» – самоходного мультиинжектора *«Туман-2»* для внутрипочвенного внесения КАС (рис. 87, 88) в сравнении с самоходным опрыскивателем с оборудованием для внесения КАС – *«Туман 3»* (рис. 85, 86).

Сегодня предприятие «Пегас-Агро» является одним из ведущих производителей сельскохозяйственной техники в РФ, а его продукция – самоходные опрыскиватели разбрасыватели линейки «Туман» – востребованы аграриям во всех регионах страны, а также ближнем и дальнем зарубежье.

Штанговый опрыскиватель (рис. 85, 86) решает задачу обработки посевов пестицидами как малыми, так и большими нормами внесения рабочей жидкости. Продуктивность модуля позволяет

быстро обработать большие площади до перехода вредителей и болезнетворных микроорганизмов в фазу наименьшей чувствительности к препаратам. Самоходные базы имеют облегченную конструкцию шасси и комплектуются двумя типами колес – узкими тракторными для работы по междурядьям и шинами низкого давления (0,4 атм.) для работы по мерзлоталой почве. Благодаря конструкционным особенностям *«Туманы»* могут выходить в поле на 2 недели раньше трактора и свободно передвигаться по ледяной корке и подсохшему грунту, не уплотняя почву и не повреждая посевы на ранних стадиях роста. Тракторные колеса самоходных баз линейки *«Туман»* самые узкие в своем классе – всего 240 мм. Благодаря этому фактору, а также небольшому весу машин (в среднем в 2,5 раза меньше, чем у высококлиренсных импортных опрыскивателей), происходит снижение повреждения растений при работе после выхода в трубку, а легкость и маневренность техники обеспечивает движение след в след на разворотах. Самоходные базы «Туман» движутся по полю со скоростью до 35 км/ч. Производительность штангового опрыскивателя составляет до 80 га/ч. То есть по своим характеристикам одна единица техники в среднем может заменить 3 трактора с прицепным или навесным оборудованием, а это позволяет сэкономить как на приобретении техники, так и на фонде заработной платы, поскольку три механизатора для обработки заменяются одним. Эксплуатация техники *«Туман»* тоже обходится дешевле: расход горючего составляет от 0,2 до 0,35 л/га.

«Туманы» оснащаются различными вариантами спутниковых систем навигации, которые позволяют решать самые сложные задачи, в том числе оптимизировать траектории движения, избегать перекрытий и «мертвых зон», повышать качество обработки и снижать затраты на удобрения. Машины могут комплектоваться подруливающим устройством, функцией дифференцированного внесения, функцией автоматического отключения секций, а также управления каждой форсункой на штанге. Доступна работа с программой картирования полей. То есть большая часть цифровых технологий, которые сегодня используются в мировой практике сельского хозяйства, успешно работают на самоходных опрыскивателях линейки *«Туман»*.



Рис. 85. Самоходный опрыскиватель «Туман-3»



Рис. 86. Внесение КАС + S с гуматом калия (5 кг/га) и медью – $CuSO_4$ (0,5 кг/га) (темный цвет раствора от гумата калия)

Мультиинжектор (рис. 87, 88) новый инновационный высокопроизводительный модуль от «Пегас-Агро» для обработки полей. Мультиинжектор – конструкция для точечного внутрипочвенного внесения жидких удобрений – КАС, ЖКУ, раствора мочевины и сульфата аммония, жидкого аммиака и прочего – в корневую систему растений. Такой способ внесения удобрений дает им возможность достигать корневой области без связывания свободными органическими частицами, не теряя азот при стекании или испарении. До настоящего времени на рынке был представлен один сельскохозяйственный агрегат для точечного внесения жидких удобрений – *Liquiliser* от голландской компании *Duport*. И если «голландец» представляет собой прицепное оборудование, для работы которого необходимо задействовать трактор, то Самарский мультиинжектор самоходный, и это уже четвертый модуль для *«Тумана-2»*. Как и все оборудование, мультиинжектор производится на заводе «Пегас-Агро» полностью – рама, диски, инъекционные иглы.

Рабочий диск (рис. 88) представляет собой двенадцатигранник. Такая форма упрощает технологию производства самого диска, а грани придают ему дополнительную жесткость при внесении удобрений. Инъекционные иглы являются одними из наиболее расходуемых деталей. Самарские конструкторы учли это и для удобства их замены вварили специальное гнездо, благодаря которому меняется только сама игла, которая спокойно выкручивается и вкручивается. Шланги также остаются на месте. Шланги на мультиинжекторе плотно прилегают к диску. При таком расположении не происходит забивание диска пожнивными остатками и почвой и срывание шлангов при работе на поле. За счет плавающей системы подвески обеспечивается копирование рельефа. А благодаря своему легкому весу *«Туман-2»* с мультиинжектором может выходить на поля с ранней весны до поздней осени. В 2021 г. при исследованиях эффективности мультиинжектора при возделывании сельхозкультур использовалась озимая пшеница, однако в дальнейшем планируется исследовать эффективность мультиинжектора при внесении КАС при возделывании пропашных культур: кукуруза, подсолнечник, соя, овощи и др.



Рис. 87. Мультиинжектор «Туман-2» для внутрипочвенного внесения жидких удобрений КАС



Рис. 88. Рабочий орган мультиинжектора и принцип внутрипочвенного внесения КАС

Для сравнения эффективности внутрипочвенного внесения КАС мультиинжектором с традиционной листовой и внекорневой подкормкой сельхозкультур использовался самоходный опрыскиватель *«Туман-3»*, так же производства ООО «Пегас-Агро».

Полевые опыты в 2020-2021 гг. проводились на озимой пшенице сорта Базис (Самарский НИИСХ) на опытном поле Самарского ГАУ по следующим вариантам:

1) внесение жидких азотосеросодержащих удобрений КАС + S внутрипочвенно инновационным агрегатом – мультиинжектором

ООО «Пегас-Агро» в фазе кущения озимой пшеницы с нормами 200, 300, 350 л/га в 3-й декаде апреля 2021 г.;

2) в качестве сравнения (контроля) использовалась листовая подкормка штанговым опрыскивателем *«Туман»* (ООО «Пегас-Агро») так же в фазе кущения озимой пшеницы с нормами 200 л/га КАС + S чистым раствором и с добавлением гумата калия – 5 л/га и мезоэлемента – меди – *Cu ($CuSO_4$)* – 0,5 кг/га.

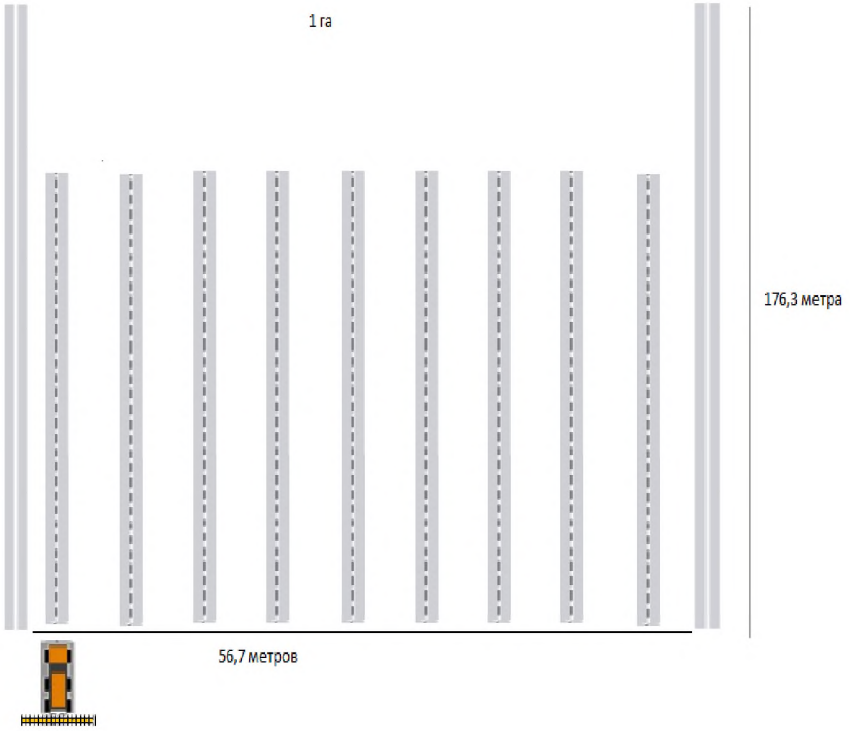


Рис. 89. Опытный участок (1 га) для исследования эффективности внутрипочвенного внесения жидких азотных серосодержащих удобрений КАС + S мультиинжектором ООО «Пегас-Агро» в фазе кущения озимой пшеницы

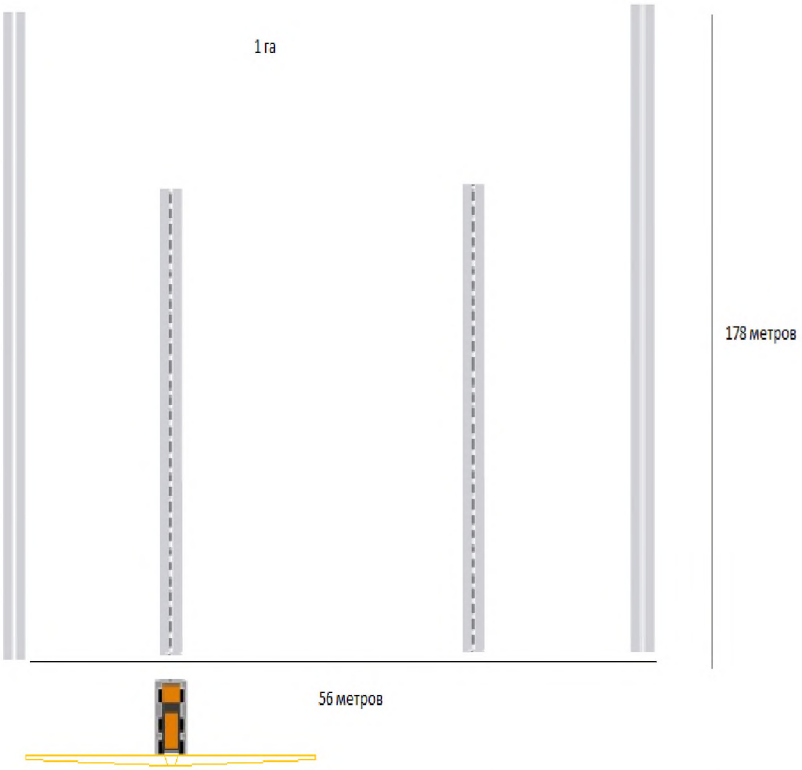


Рис. 90. Участок (1 га) для контроля – листовая подкормка штанговым опрыскивателем «Туман» (ООО «Пегас-Агро»)
в фазе кущения озимой пшеницы:
участок слева 1 га листовая подкормка – 200 л/га КАС + S; участок справа 1 га листовая подкормка – 200 л/га КАС + S + гумат калия 5 л/га и микроэлементы – медь – *Cu (CuSO4)* 0,5 кг/га

Технология внесения удобрений на полях ООО «Агроакадемия» предусматривала сравнительные испытания на озимой пшенице опрыскивателя и мультиинжектора ООО «Пегас-Агро» (рис. 89, 90). При расчете доз азотных удобрений учитывалась фактическая обеспеченность почвы на опытном участке доступным азотом: средний показатель 8,25 мг/100 г сухой почвы легкогидролизуемого азота в 0-30 см почвенном слое, а также коэффициенты выноса азота из почвы и удобрений по каждой культуре. Общие

дозы азотных удобрений рассчитаны, исходя из возможной урожайности зерна исследуемых культур, по среднемноголетней влагообеспеченности места выполнения полевого демонстрационного эксперимента (табл. 34).

Таблица 34

Совокупные дозы внесения азотных удобрений под культуры в демонстрационном опыте

Культуры	Плановая урожайность культур по влагообеспеченности территории, т/га	Дозы азотных удобрений общие (внесение за 3 приема) по азоту, кг/га, д.в.
Озимая пшеница сорта Базис	5,5	70

Перед посевом культур на участке демонстрационного опыта проведено агрохимическое обследование почвы на содержание в пахотном слое доступных форм азота, фосфора, калия и серы.

Развернутая схема опыта с разбивкой доз внесения удобрений в соответствии с нормами потребления каждой исследуемой культуры и каждому варианту внесения представлена в таблице 2.

Факторы применения КАС на озимой пшенице сорта Базис аналогичны рассмотренным в разделе 3 (с. 25-26).

Исследования проводились на опытном поле ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», которое располагается в центральной зоне Самарской области, в 2021 г.

Перед проведением исследований дополнительно для расчетов, необходимых для определения оптимальных норм внесения минеральных удобрений в 2021 г. с учетом агрохимических рекомендаций, в 2018-2020 гг. была проведена оценка почвы по количественному составу следующих элементов: *N, P, R, S, Cu, Fe, Mn, Ph*, органическое вещество – гумус (табл. 2).

Почвенные условия и порядок внесения минеральных удобрений на базе КАС аналогичны представленным в разделе 3 (с. 26, 27).

Метеорологические условия анализировались на основе данных АМС «Усть-Кинельское». Погода в 2020 и 2021 гг. (табл. 35) для озимых зерновых культур в Самарской области сложилась недостаточно благоприятной по влагообеспеченности. Средняя урожайность озимой пшеницы в 2021 г. составила всего 20 ц/га (находилась на уровне среднемноголетней), что ниже урожайности 2020 г. на 17 ц/га, которая была 37,2 ц/га.

Таблица 35

Осадки (мм) и температура (°С) в весенне-осенний периоды 2020-2021 гг. в Кинельском районе Самарской области

Месяцы	Декады	Температура, °С		Осадки, мм	
		по декадам	среднемноголет-няя	по декадам	среднемноголет-ние
1	2	3	4	5	6
Август	I	21,2	19,3	2,5	43,3
	II	16,7		38,7	
	III	18,8		1,8	
	Средние за месяц	18,9		43,0	
Сентябрь	I	15,9	13,2	10,7	43,8
	II	11,3		15,0	
	III	11,3		1,3	
	Средние за месяц	12,8		27,0	
Октябрь	I	10,2	5,9	-0,2	48,7
	II	9,4		22,6	
	III	2,6		22,8	
	Средние за месяц	7,4			
Ноябрь	I	3,6	-2,5	7,3	49,0
	II	-7,3		5,7	
	III	-5,4		21,2	
	Средние за месяц	-3,0		34,2	
Декабрь	I	-14,2	-8,5	-	50,4
	II	-12,4		2,4	
	III	-11,1		19,5	
	Средние за месяц	-12,6		21,9	
Январь	I	-8,4	-10,3	42,2	52,4
	II	-15,3		14,1	
	III	-7,4		8,0	
	Средние за месяц	-10,4		64,3	
Февраль	I	-8,9	-9,8	36,2	43,1
	II	-15,4		6,1	
	III	-18,4		18,7	
	Средние за месяц	-14,2		61,0	
Март	I	-6,7	-3,8	8,1	28,5
	II	-8,0		5,4	
	III	0,1		6,8	
	Средние за месяц	-4,9		20,3	
Апрель	I	4,3	7,1	12,5	34,7
	II	15,0		-	
	III	8,6		18,2	
	Средние за месяц	9,3		30,7	
Май	I	16,3	15,7	2,8	33,8
	II	23,3		0,1	
	III	22,5		17,9	
	Средние за месяц	20,7		20,8	
Июнь	I	19,0	19,7	34,5	54,6
	II	21,8		34,1	
	III	27,8		3,7	
	Средние за месяц	22,9		72,3	

Окончание табл. 35

1	2	3	4	5	6
Июль	I II III Средние за месяц	23,8 24,8 22,0 23,5	21,7	6,4 6,3 5,0 17,7	50,2
Август	I II III Средние за месяц	26,1 25,7 22,5 24,8	19.3	- - 0,6 0,6	43,3
За вегетацию	–	–	–	435,7	575,7

Ежегодно повторяющиеся частые засухи с высокими температурами воздуха и критически недостаточным для растений выпадением атмосферных осадков в зоне Поволжья и других регионах России (возможно из-за глобального потепления) требуют корректировки традиционных агрохимических мероприятий, в том числе и при применении минеральных удобрений. Период исследований (2020-2021 гг.) был благоприятным – заложен хороший потенциал для получения высокой урожайности озимой пшеницы с хорошим качеством, при этом главным фактором успеха являлось выполнение всех намеченных агрохимических мероприятий по эффективному использованию минеральных удобрений с обязательными защитными мероприятиями от сорняков, вредителей и болезней растений. Данные обстоятельства в процессе исследований позволили эффективно разработать и опробовать инновационную технологию возделывания озимой пшеницы с внесением жидких удобрений КАС производства ПАО «КуйбышевАзот» эффективной инновационной техникой – мультиинжектором для внутрипочвенного внесения жидких азотосероодержащих удобрений КАС сельхозмашиностроительного предприятия ООО «Пегас-Агро», использованием районированных семян местной селекции Самарского НИИ селекции и семеноводства и средств защиты растений фирмы «Сингента». Посеянная 26 августа озимая пшеница сорта Базис имела хорошие всходы, кущение перед уходом в зиму, пшеница успешно перезимовала и имела хорошее состояние весной в период ее обработки жидкими азотосероодержащими удобрениями КАС + S по программе исследований.

.



а



б

Рис. 91. Состояние посевов озимой пшеницы после перезимовки при внутрипочвенном внесении азотосеросодержащих минеральных удобрений КАС + S:
а – инновационным агрегатом мультиинжектором (ПАО «КуйбышевАзот»);
б – опрыскивателем ООО «Пегас-Агро»

Однако климатические особенности зоны Поволжья и Самарской области в том числе создают достаточно сложные условия для

формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур в течение всего периода вегетации, особенно во второй половине лета, когда жаркая погода с недостаточным количеством осадков подвергает сельхозкультуры большим стрессам, на почве образуются глубокие трещины (рис. 92) и в этом случае достаточно высока роль удобрений, так как хорошо удобренные растения менее требовательны к влаге. Особенно эффективными в этих условиях будут жидкие удобрения КАС.



Рис. 92. Почвенные трещины из-за недостатка влаги на опытном поле (16 июня 2021 г.)

Исследовательские работы в 2021 г. проводились на озимой пшенице Самарского НИИСХ Базис, посеянной 26 августа 2020 г. в малом инновационном предприятии А. П. Цирулева «Агроакадемия» на полях Самарского ГАУ (рис. 94). При обработке посевов 30 апреля 2021 г. в фазу кущения мультиинжектором (рис. 91*а*) вносились три нормы КАС + S: 200, 300 и 350 л/га; при обработке посевов опрыскивателем (рис. 91*б*) 28 апреля 2021 г. вносилась одна доза КАС + S с нормой 200 л/га в чистом виде и с добавлением гумата калия из расчета 5 л/га и меди (сернокислая медь ($CuSO_4$)) – 0,5 кг/га. Пробы почвы на показатели плодородия были взяты 21 июня. То есть применение жидких минеральных удобрений КАС + S, где главным элементом является азот (*N*), обеспечивает увеличение азота в почве (М. д. азота, %) пропорционально норме

внесения КАС + S (табл. 36). При этом обработка посевов озимой пшеницы мультиинжектором более эффективна, чем опрыскивателем при одинаковых нормах внесения (200 л/га). При дальнейшем увеличении норм внесения удобрений (200, 300, 350 л/га) естественным образом динамика содержания азота в почве возрастает, что положительно влияет на увеличение урожайности и повышение качества озимой пшеницы.

Таблица 36

Динамика изменения содержания азота в почве при обработке посевов озимой пшеницы жидкими минеральными удобрениями КАС + S

Вариант опыта	Массовая доля азота, %
Опрыскиватель «Туман» (ООО «Пегас-Агро»)	
КАС + S (200 л/га)	20,4
КАС + S (200 л/га) + гуматы (5 л/га) + медь (0,5 кг/га)	19,3
Мультиинжектор «Туман» (ООО «Пегас-Агро»)	
КАС + S (200 л/га)	19,7
КАС + S (300 л/га)	21,02
КАС + S (350 л/га)	31,26

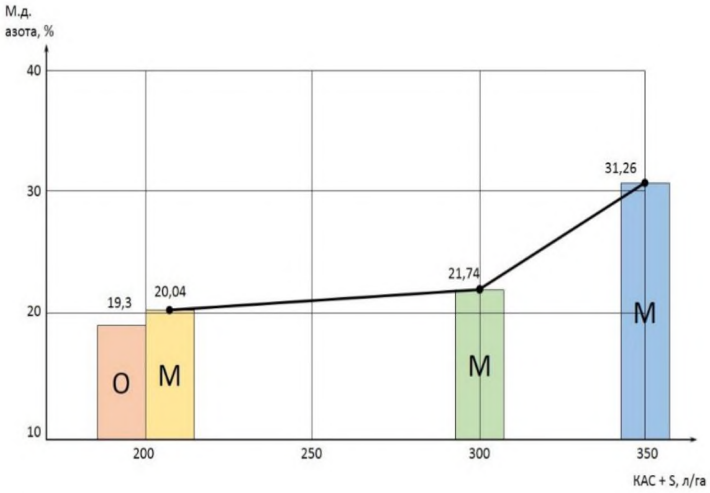


Рис. 93. Динамика изменения содержания азота (М.д. азота, %) в почве при обработке посевов озимой пшеницы жидкими минеральными удобрениями КАС + S:
О – опрыскиватель (200 л/га); М – мультиинжектор (200, 300, 350 л/га)



Рис. 94. Озимая пшеница сорта Базис, обработанная КАС+S (200 л/га) мультиинжектором и опрыскивателем ООО «Пегас-Агро»

В процессе дальнейших наблюдений за вегетацией озимой пшеницы по эффективности КАС, внесенного по различным технологиям, показано состояние посевов озимой пшеницы сорта «Базис» 24 мая 2021 г. (рис. 94), обработанной КАС + S мультиинжектором и опрыскивателем ООО «Пегас-Агро» (обработка 28-30 апреля 2021 г.). Лучшая эффективность наблюдается от обработки посевов озимой пшеницы мультиинжектором, когда высота растений составляла 60-70 см, при обработки посевов опрыскивателем с одинаковой нормой внесения КАС + S высота растений была меньше на 10-20 см, составив 40-50 см.

Также 24 мая 2021 г. была проведена оценка состояния листовой части озимой пшеницы прибором N-тестор по содержанию азота (*N*) в листьях озимой пшеницы (табл. 37), показавшая его увеличение после обработок КАС.

Таблица 37

Наличие азота в листьях озимой пшеницы (N-тестор) по вариантам опыта (24.05.2021 г.)

Вариант опыта	Содержание азота, ед.
Опрыскиватель «Туман» (ООО «Пегас-Агро»)	
КАС+S (200 л/га)	736
КАС+S (200 л/га) + гумат калия (5 л/га) + $CuSO_4$ (0,5 кг/га)	746
КАС+S (200 л/га) + мультиинжектор КАС+S (200 л/га)	760
Мультиинжектор «Туман» (ООО «Пегас-Агро»)	
КАС+S (200 л/га)	735
КАС+S (300 л/га)	740
КАС+S (350 л/га)	750

Установлено, что количество азота (*N*) в листьях на озимой пшеницы без применения жидких удобрений КАС + S составило 722 ед., что на 4% меньше, чем при обработке пшеницы мультиинжектором *«Туман»* с нормой 350 л/га.

Для дополнительной оценки эффективности применения жидких минеральных азотосеросодержащих удобрений КАС + S инновационной техникой ООО «Пегас-Агро» на озимой пшенице Базис, по сравнению с другими сортами озимой пшеницы (Малахит и Светоч), возделываемыми по технологии «органического земледелия» (без применения минеральных удобрений), были проведены наблюдения за вегетацией (рис. 95) и динамикой роста.

В результате наблюдений (на 1.06.2021 г.) было получено (рис. 95, табл. 38), что высота стебля (см) и размер колоса (см) озимой пшеницы сорта Базис, обработанной жидкими азотными минеральными удобрениями КАС + S превышали аналогичные показатели озимой пшеницы сортов Малахит и Светоч без обработки КАС + S, составив соответственно 72; 55; 60 см и 7,3; 6,6; 6,5 см.

Основное внимание в исследованиях, проводимых в 2021 г., было направлено на оценку состояния посевов озимой пшеницы Базис при полной спелости перед уборкой (рис. 96), обработанной в фазу кущения жидкими азотосеросодержащими минеральными удобрениями на базе КАС (ПАО «Куйбышев-Азот) КАС + S по различным инновационным технологиям внесения техникой ООО «Пегас-Агро»: опрыскивателем (листовая подкормка крупнокапельными форсунками) и мультиинжектором (внутрипочвенное

внесение): а) опрыскиватель, листовая подкормка в фазу кущения-КАС + S (200 л/га); б) опрыскиватель, листовая подкормка в фазу кущения КАС + S (200 л/га), гумат калия (5 л/га), медь ($CuSO_4$ (0,5 кг/га)); в) мультиинжектор, внутрипочвенное внесение в фазу кущения КАС + S (200 л/га); г) мультиинжектор, внутрипочвенное внесение в фазу кущения КАС + S (300 л/га); д) мультиинжектор, внутрипочвенное внесение в фазу кущения КАС + S (350 л/га); е) без удобрений (контроль).



а *б* *в*

Рис. 95. Озимая пшеница:
а – Малахит; б – Светоч; в – Базис

Таблица 38

Влияние удобрений на развитие озимой пшеницы

Сорт озимой пшеницы	Высота растений (средняя), см	Размер колоса (средний), см
Малахит	55	6,5
Светоч	60	6,6
Базис	72	7,3



а



б



в



г



д



е

Рис. 96. Посевы озимой пшеницы сорта Базис при полной спелости

Визуальная оценка и метрические замеры вегетативной части посевов озимой пшеницы Базис перед уборкой показали значительное положительное влияние на рост растений жидких минеральных удобрений на базе КАС + S, внесенных в фазу кущения по стеблям и листьям опрыскивателем с крупнокапельными 5-струйными форсунками и инновационным агрегатом внутрипочвенно (мультиинжектором) по сравнению с контролем (без удобрений).

Структурный анализ составляющих вегетативной массы возделываемой озимой пшеницы сорта Базис по вариантам опытов с определением урожайности по одной повторности проводился по стандартным методикам снопами с 1 м^2. Детальный разбор снопов по зерновой части – колосу и стеблям был проведен в Поволжском НИИ селекции и семеноводства кандидатом сельскохозяйственных наук Н. В. Саниной (табл. 39). В целом прослеживается устойчивое и значительное повышение всех показателей урожайности озимой пшеницы сорта Базис в исследованиях от действия жидких азотосеросодержащих минеральных удобрений КАС+S по сравнению с урожайностью пшеницы, где КАС не использовался.

Таблица 39

Структурный анализ вегетативной части озимой пшеницы сорта Базис по вариантам опытов (2021 г.)

Показатели	Без удобрений (контроль)	Мультиинжектор КАС+S (200 л/га)	Мультиинжектор КАС+S (300 л/га)	Мультиинжектор КАС+S (350 л/га)	Опрыскиватель КАС+S (200 л/га)	Опрыскиватель КАС + S + гуматы + Cu
1	2	3	4	5	6	7
Кол-во растений, шт./м^2	153	270	274	272	221	230
Кол-во продуктивных побегов на 1 м^2, шт.	285	497	453	498	418	545
Продуктивная кустистость на 1 м^2, шт.	1,86	1,84	1,65	1,83	1,89	2,37
Кустистость общая. Среднее из 50 растений, шт.	2,84	3,08	2,68	2,84	3,56	3,62
Кустистость продуктивная. Среднее из 50 растений, шт.	2,78	3,01	2,64	2,78	3,12	3,48
Высота растения, см	74,12	74,95	77,96	77,76	79,6	80,94

Окончание табл. 39

1		2	3	4	5	6	7
Высота стебля, см		66,98	67,78	70,48	69,36	73,12	73,4
Главный колос	длина средняя, см	7,14	7,17	7,48	8,4	6,48	7,54
	среднее число колосков, шт.	18,2	18,46	17,72	17,98	17,24	17,8
	масса зерна с 50 растений, г	80,18	86,68	83,94	84,98	69,8	74,03
	кол-во зерен с 50 растений, шт.	1750	1921	1701	1838	1394	1681
Боковые побеги	масса зерна с 50 растений, г	114,1	116,2	93,09	107,6	119,84	137,95
	кол-во зерен с 50 растений, шт.	2710	2820	2171	2543	2703	3238
Масса соломы с 1 растения	главного побега, г	1,24	1,25	1,35	1,36	1,13	1,25
	боковых побегов, г	1,80	1,95	1,65	1,75	2,08	2,55
	с растения, г	3,04	3,20	3,00	3,10	3,21	3,80
Масса колоса (мякина + зерно) на 1 растение, г	главного побега, г	2,23	2,30	2,29	2,29	1,97	2,00
	боковых побегов, г	3,05	3,26	2,56	2,94	3,30	3,81
	общая со всего растения, г	5,28	5,55	4,85	5,24	5,26	5,82
Масса зерна с растения, г		3,89	4,06	3,54	3,85	3,79	4,24
Масса зерна главного колоса, г		1,60	1,73	1,68	1,70	1,40	1,48
Масса зерна главного колоса, в % от всего растения		41,3	42,7	47,4	44,1	36,8	34,9
Среднее кол-во колосков на растении, шт.		1,92	2,08	1,92	2,04	1,62	1,89
Среднее кол-во зерен с растения, шт.		89,2	94,82	77,44	87,62	81,94	98,38
Среднее кол-во зерен в главном колосе, шт.		35,0	38,4	34,0	36,8	27,9	33,6
Кол-во зерен главного колоса от массы зерна с растения, %		39,2	40,5	43,9	42,0	34,0	34,2
Масса 1000 семян, г		46,03	45,66	45,8	46,2	45,5	44,93
Соотношение зерна к соломе, %		78,1	78,8	84,6	80,6	84,6	89,5
Отношение массы зерна к массе соломы		1,28	1,27	1,18	1,24	1,18	1,12
Вес неочищенного зерна с 1 м^2, г		396,3	645,5	570,8	640,1 (ср. 715,5) (max 790,9)	470,1	664
Вес очищенного зерна с 1 м^2, г		360,8	588,6	532,6	574,3	431,2	605
Выход зерна с 1 м^2, %		91	91,2	93,3	89,7	91,7	91,1
Биологическая продуктивность, т/га		0,59	1,10	0,97	1,05	0,84	0,98

Анализируя данные (табл. 39), полученные при исследованиях структуры вегетативной части озимой пшеницы Базис (Самарский НИИСХ) и её урожайности по вариантам опытов (2021 г.), необходимо отметить, что по всем параметрам применение на озимой пшенице инновационных жидких азотосеросодержащих минеральных удобрений КАС + S (ПАО «Куйбышев Азот») с использованием инновационных комплексов машин (ООО «Пегас-Агро») по сравнению с контролем (без применения жидких удобрений) обеспечивает устойчивую, значительную прибавку. Из-за более благоприятных условий, связанных с действием жидких азотосеросодержащих минеральных удобрений КАС+S, возросли практически все показатели, при чем в отдельных случаях – значительно. Так, кустистость пшеницы возросла почти в 2 раза – с 285 до 545 шт./м^2; продуктивная кустистость достигла 2,37 в опытах вместо 1,85 шт./м^2 в контроле, общая кустистость повысилась с 2,84 до 3,62 шт./м^2.

Высота растений пшеницы в контроле была меньше по сравнению с данным показателем во всех вариантах исследований на 0,83-6,82 см. Соответственно высота стебля возросла с 66,98 см в контроле до 73,4 см в вариантах с применением КАС или была выше на 6,4 см данного показателя в контроле. Средняя длина колоса в контроле составила 7,14 см, в опытах с КАС + S – 8,4 см или увеличилась на 18% относительно показателя в контроле.

Число колосков как в контроле, так и в опытах было практически одинаковым 17,8-18,46 шт. на главном колосе. Масса зерна с главного колоса (50 растений) при внесении КАС + S мультиинжектором с нормой 200 л/га была больше по сравнению с контролем на 6,5 г или на 8%. Масса соломы с одного растения также была больше на удобренных фонах по сравнению с контролем. Масса зерна с растения в опытах с КАС + S превышала на 9% массу зерна с растения в контроле. Среднее количество колосков на растении в контроле составляло 1,92 шт., а в опытах с КАС + S по вариантам от 1,62 до 2,08 шт. Среднее количество зерен с растения в опытах превышало контроль на 10%. Масса 1000 семян при обработке растений КАС + S по разным технологиям (опрыскивание листовой части растений и внутрипочвенное внесение мультиинжектором) была примерно одинаковой во всех вариантах, составляя 44,93-46,2 г. Соотношение зерна к соломе в опытах с КАС + S превышало данный показатель в контроле. Вес неочищенного зерна – бункерный вес (условная урожайность) в контроле составлял 396,3 г/м^2, а

в опытах с КАС + S при работе мультиинжектора в среднем был 715 г/м^2, а в отдельных повторностях достигал 790,9 г/м^2. В целом биологическая продуктивность 1 га в контроле без применения жидких удобрений КАС + S составляла 0,59 т/га, а при применении КАС по исследуемым технологиям достигала 1,1 т/га или была выше на 86% относительно показателя в контроле. Данное развитие озимой пшеницы при применении жидких азотосеросодержащих минеральных удобрений обеспечило её высокую урожайность и качество зерна (табл. 40, 41).

Таблица 40

Урожайность (ц/га) озимой пшеницы сорта Базис в опытах Самарского ГАУ в 2020-2021 гг. при различном питании жидкими минеральными удобрениями на базе КАС + S

Варианты технологий внесения	Урожайность, ц/га	Увеличение урожайности, % от контроля
Без удобрений (контроль)	39,9	–
Опрыскиватель, листовая подкормка в фазу кущения КАС + S (200 л/га)	48,4	21,2
Опрыскиватель, листовая подкормка в фазу кущения КАС + S (200 л/га), гумат калия (5 л/га), медь ($CuSO_4$) (0,5 кг/га)	62,8	57,4
Мультиинжектор, внутрипочвенное внесение в фазу кущения КАС + S (200 л/га)	56,1	40,5
Мультиинжектор, внутрипочвенное внесение в фазу кущения КАС + S (300 л/га)	58,2	45,7
Мультиинжектор, внутрипочвенное внесение в фазу кущения КАС + S (350 л/га)	71,55	79,1
Опрыскиватель, листовая подкормка-КАС + S (200 л/га) + мультиинжектор, внутрипочвенное внесение в фазу кущения КАС + S (200 л/га)	63,8	59,7

Таблица 41

Качество зерна озимой пшеницы сорта Базис в зависимости от инновационных технологий внесения жидких удобрений на базе КАС (КАС+S) (2021 г.)

Показатели	Контроль	Опрыскиватель		Мультиинжектор		
		КАС+S (200 л/га)	КАС + S (200 л/га) + Cu (0,5 кг/га) + гумат калия (5 л/га)	КАС+S (200 л/га)	КАС+S (300 л/га)	КАС + S (350 л/га)
Массовая доля белка, %	13,3	16,6	16,3	15,3	16,3	16,7
Класс	III кл.	I кл.	I кл.	I кл.	I кл.	I кл.
Массовая доля клейковины, %	25,7	31,4	30,3	29,6	30,9	31,2
Класс	III кл.	II кл.	II кл.	II кл.	II кл.	II кл.
ИДК, ед.	58,0	56,8	56,5	55,1	56,8	54,2
Группа	I гр.	I гр.	I гр.	I гр.	I гр.	I гр.
Стекловидность, %	39,6	40,4	39,6	37,5	39,6	38,6
Класс	III-IV кл.	III-IV кл.	III-IV кл.	III-IV кл.	III-IVкл	III-IV кл.

Анализ средней урожайности озимой пшеницы сорта Базис по вариантам опытов по сравнению с контролем (39,9 ц/га) показал, что обработка озимой пшеницы в фазу кущения самоходным опрыскивателем *«Туман-2»* жидкими азотосеросодержащими удобрениями на базе КАС существенным образом повышает урожайность. Так, при обработке посевов карбамидно-аммиачной смесью КАС + S с нормой 200 л/га урожайность возросла до 48,4 ц/га или на 21,1%, при той же норме 200 л/га, но с добавлением органического удобрения гумата калия – 5 л/га и микроэлемента меди (*Cu*) в количестве 0,5 кг/га урожайность возросла до 62,8 ц/га или на 57,4% по сравнению с контролем.

При обработке озимой пшеницы сорта Базис по программе исследований самоходным инновационным агрегатом – мультиинжектором *«Туман-3»* – жидкими азотосеросодержащими удобрениями на базе КАС наблюдается повышение урожайности по сравнению с урожайностью посевов, обработанных опрыскивателем. Так, при обработке посевов карбамидно-аммиачной смесью КАС + S мультиинжектором с нормами 200, 300 350 л/га урожайность соответственно возрастала до 56,1; 58,2 и 71,5 ц/га или увеличилась на 40,5; 45,7; 79,1% соответственно по сравнению с контролем.

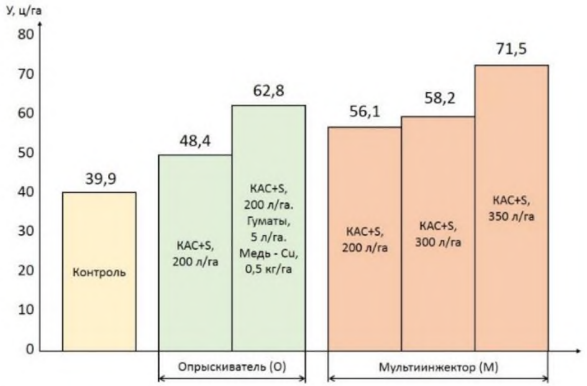


Рис. 97. Урожайность озимой пшеницы сорта Базис в зависимости от норм внесения КАС + S и технологий возделывания, ц/га (2021 г.)

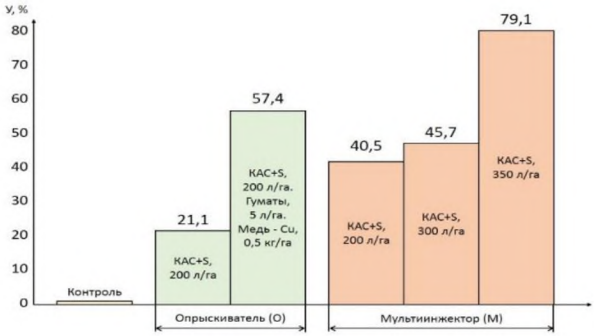


Рис. 98. Повышение урожайности озимой пшеницы сорта Базис в зависимости от норм внесения КАС + S и технологий возделывания, % (2021 г.)

В ходе проведенных опытов установлено, что применение КАС на озимой пшенице по принятым в опытах нормам в фазе кущения обеспечивает повышение основных хлебопекарных показателей качества муки – белка и клейковины. На рисунках 99-102 представлена динамика изменения основных показателей качества зерна (белка и клейковины) озимой пшеницы сорта Базис для оценки хлебопекарных свойств в зависимости от применяемой технологии: 1) инновационная технология с применением жидких азотосероодержащих минеральных удобрений производства ПАО

«КуйбышевАзот» и агрегата для их внутрипочвенного внесения – самоходного мультиинжектора ООО «Пегас-Агро»; 2) поверхностно-листовая подкормка посевов озимой пшеницы самоходным опрыскивателем *«Туман»*.

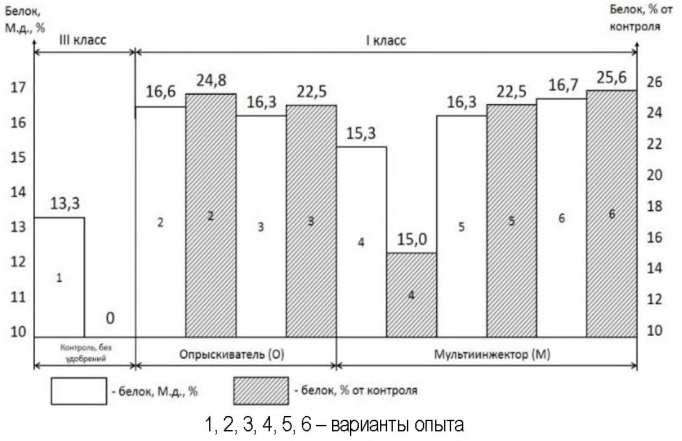


Рис. 99. Динамика изменения содержания белка в зерне озимой пшеницы сорта Базис, %, в зависимости от способов внесения жидких удобрений на базе КАС (КАС+S), 2021 г.

В ходе исследований установлено, что массовая доля белка в зерне пшеницы в контроле по сравнению с остальными вариантами была наименьшей, составляя 13,3%. При обработке посевов удобрениями КАС + S как в чистом виде, так и баковой смесью с добавлением гумата калия и меди в соответствии с программой опытов с использованием опрыскивателя производства ООО «ПегасАгро», массовая доля белка в зерне была практически одинаковой 16,6-16,3%, но значительно превосходила таковую в контроле на 22,5-24,8% (рис. 101).

Так же выявлено, что внутрипочвенное внесении КАС + S инновационным агрегатом мультиинжектором с нормой внесения (от 200 до 350 л/га) значительно повысило содержание белка в зерне. Так, при норме внесении 200, 300, 350 л/га жидких удобрений КАС + S массовая доля белка возросла по сравнению с контролем соответственно на 2; 3 и 3,4%, составив 15; 22,5 и 25,6% соответ-

ственно от контроля, что значительно улучшило показатель качества зерна пшеницы и позволило классифицировать его как I класс качества при III классе качества в контроле (рис. 99).

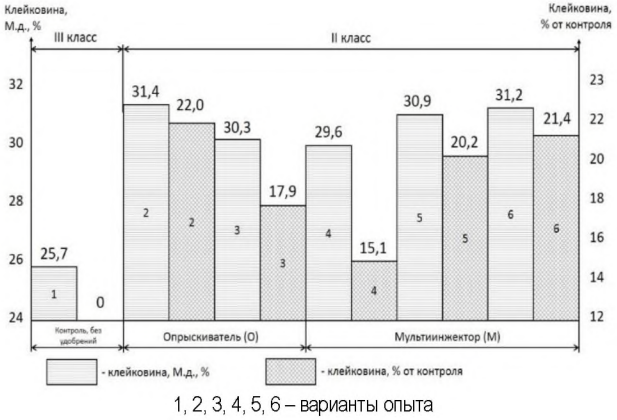


Рис. 100. Динамика изменения содержания клейковины в зерне озимой пшеницы сорта Базис, %, в зависимости от способов внесения жидких удобрений на базе КАС (КАС+S), 2021 г.

Установлено, что в контроле, на посевах без обработки жидкими азотосеросодержащими минеральными удобрениями КАС+S, массовая доля клейковины в зерне озимой пшеницы была наименьшей, составив 25,7%. При обработке посевов жидкими азотосеросодержащими минеральными удобрениями КАС + S в чистом виде и баковой смесью с добавлением гумата калия и меди в соответствии с программой опытов массовая доля клейковины соответственно составила 31,4 и 30,3% или возросла относительно данного показателя в контроле на 22 и 17,9% (рис. 100). Внутрипочвенное внесение КАС + S инновационным агрегатом мультиинжектором с нормами внесения от 200 до 350 л/га значительно повлияло на увеличение содержания клейковины в зерне. Так, при внесении жидких удобрений КАС + S при норме 200, 300 и 350 л/га массовая доля клейковины возросла по сравнению с контролем соответственно на 4; 5,2 и 3,4%, составив 15,1; 20,2 и 21,4% от контроля. Таким образом, значительно улучшились показатели качества зерна пшеницы, позволив классифицировать его как II класс качества, при III классе в контроле (рис. 102).

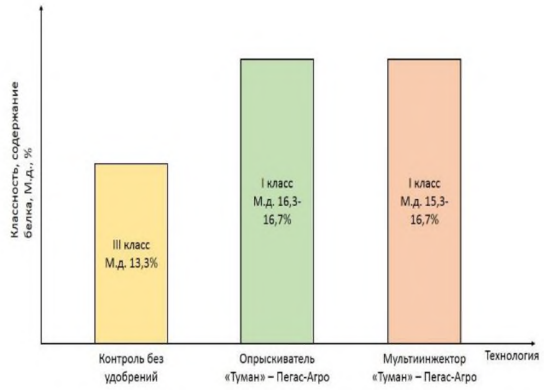


Рис. 101. Повышение классности и качества зерна по белку озимой пшеницы сорта Базис в зависимости от способов внесения жидких удобрений на базе КАС (КАС+S), 2021 г.

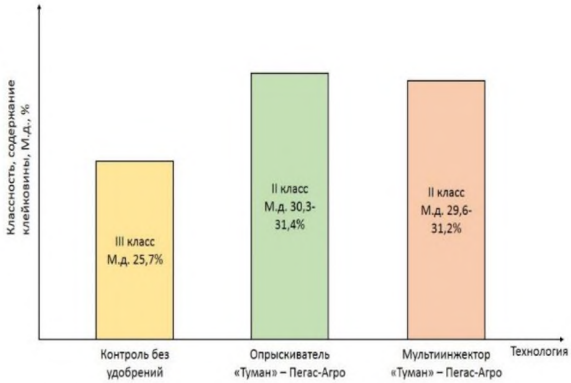


Рис. 102. Повышение классности и качества зерна по клейковине озимой пшеницы сорта Базис в зависимости от способов внесения жидких удобрений на базе КАС (КАС+S), 2021 г.

Таким образом, проведенные на опытном поле ФГБОУ ВО Самарского ГАУ научно-производственные исследования совершенствования технологии возделывания озимой пшеницы с использованием жидких азотных минеральных удобрений на базе карбамидно-аммиачной смеси КАС с серой – КАС+S (ПАО «КуйбышевАзот») при листовой подкормке опрыскивателем и при внутрипочвенном внесении мультиинжектором (ООО «Пегас-Агро»)

определили эффективность инновационной технологии возделывания основной зерновой культуры озимой пшеницы в Российской Федерации и Поволжском регионе (Самарская область) при использовании инновационных жидких минеральных азотосероодержащих удобрений на базе карбамидно-аммиачной смеси КАС с добавлением мезоэлемента – серы (*S*) и инновационной техники – мультиинжектора. Традиционное внесение КАС опрыскивателем с крупнокапельными форсунками так же эффективно.

Внесение жидких минеральных азотосероодержащих удобрений КАС + S на озимой пшенице сорта Базис селекции Самарского НИИСХ, несмотря на неблагоприятные засушливые и рекордно жаркие погодные условия 2021 г., обеспечило высокую урожайность пшеницы – до 70 ц/га (в отдельных вариантах опытов). Эффективность применения жидких азотосероодержащих удобрений КАС + S обеспечивается различными инновационными технологиями: как через вегетирующую часть растений – листовую поверхность опрыскивателями с крупнокапельными форсунками, так и через корневую систему внутрипочвенным внесением жидких удобрений инновационным агрегатом-мультиинжектором.

Исследованная и рекомендуемая данная инновационная технология применения КАС + S с инновационным агрегатом-мультиинжектором обеспечила в опытах повышение урожайности озимой пшеницы по сравнению с внесением опрыскивателем с крупнокапельными форсунками при минимальной норме (200 л/га) внесения КАС до 20% – с 48,4 до 56,1 ц/га (в контроле без жидких удобрений КАС + S урожайность составляла 39,9 ц/га). При более высоких нормах (350 л/га) внесения жидких удобрений КАС +S мультиинжектором урожайность озимой пшеницы в опытах достигала 71,5 ц/га.

Внесение жидких азотосероодержащих удобрений КАС + S как опрыскивателем по листовой части растений, так и мультиинжектором при внутрипочвенном внесении по программе исследований позволило увеличить урожайность и улучшить качество зерна озимой пшеницы сорта Базис, повысив основные хлебопекарные показатели – белок и клейковину. Таким образом, инновационная технология применения КАС на озимой пшенице обеспечила по белку I класс качества по сравнению с III классом качества при традиционной технологии; по клейковине – II класс качества по сравнению с III классом качества при традиционной технологии.

6. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ (ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК КАС ОТ ЗАВОДА ДО ПОТРЕБИТЕЛЯ) И ХРАНЕНИЯ

По отработанной ПАО «КуйбышевАзот» и ФГБОУ ВО Самарским ГАУ технологии использования жидких минеральных удобрений на базе КАС при возделывании сельхозкультур, остается комплексно нерешенной проблема их логистики – доставки и заводского, регионального, внутрихозяйственного хранения. В связи с чем на сегодняшний день выстраивается эффективная логистическая схема (рис. 103) доставки относительно нового для села продукта – жидких удобрений, которая представляет достаточно сложный механизм взаимодействия завода-производителя ПАО «КуйбышевАзот», транспортных предприятий завода (железнодорожный транспорт – доставка удобрений в цистернах) и транспортных предприятий главным образом специализированных на перевозках жидкостей цистернами, бойлерами и грузовым транспортом, оборудованным специальными съемными емкостями различного объема (как правило пластиковыми). На рисунке 103 схематично представлена транспортная логистика доставки жидких минеральных удобрений от завода до сельхозмашины, вносящей удобрения в поле. Произведенные на ПАО «КуйбышевАзот» жидкие удобрения, на сегодняшний день это главным образом КАС-32 как в чистом виде, так и с добавками (сера, микроэлементы), для дальних перевозок загружаются в цистерны и железнодорожным транспортом отправляются в регионы: или на железнодорожные станции с дальнейшей перегрузкой в специализированный автомобильный транспорт, или на складские базы, оборудованные емкостями для приема, хранения и отгрузки КАС в специализированный автотранспорт для перевозки жидких удобрений на внутрихозяйственные склады для жидких удобрений или непосредственно в поле к сельскохозяйственным агрегатам для их загрузки и внесения КАС под сельхозкультуры по различным технологиям.

ПАО «КуйбышевАзот» создал и продолжает создавать ряд региональных, в частности в Самарской, Ростовской и других областях, центров-представительств по концентрированному местному накоплению жидких минеральных удобрений КАС-32, доставляе-

мых заводом специализированным железнодорожным и автомобильным транспортом (ПАО «КуйбышевАзот») в цистернах, их распределению и отпуску потребителям так же для перевозки специализированным автомобильным транспортом транспортных компаний или собственным транспортом (рис. 104).

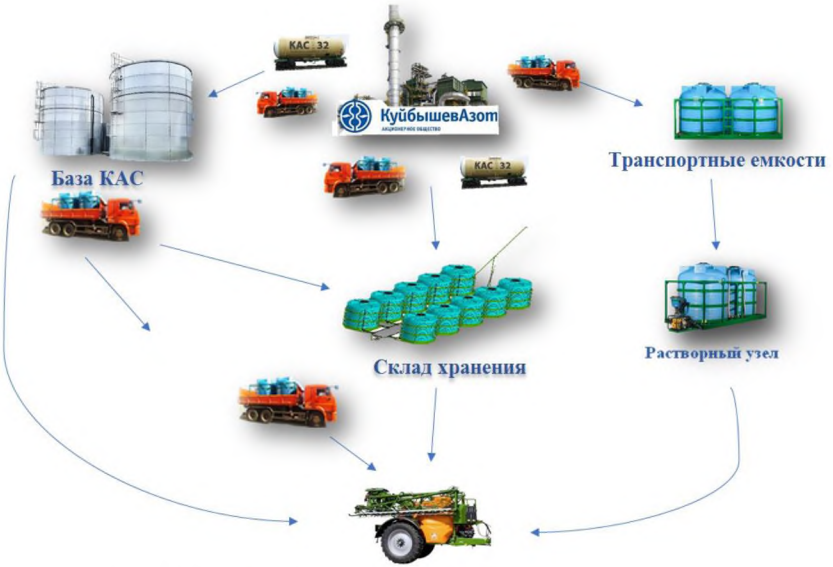


Рис. 103. Логистическая схема доставки произведенных на ПАО «КуйбышевАзот» жидких удобрений железнодорожным и автомобильным транспортом на базы, склады хранения и к сельхозагрегатам
(на схеме опрыскиватель, оборудованный для внесения КАС (АО «Евротехника»), с использованием пластиковых емкостей и растворного узла для баковых смесей (ООО «Регион»))

В настоящее время отечественная промышленность для транспортировки жидкостей и хранения наряду со специализированным автотранспортом и хранилищами предлагает альтернативные варианты для перевозки удобрений грузовым транспортом за счет установки в кузове пластиковых емкостей по форме и объемам применительно к конкретному транспортному средству, при этом эффективность грузового транспортного средства повышается за счет рас-

ширения номенклатуры перевозимых грузов и мобильности в монтаже и демонтаже емкостей. Также наряду с металлическими цистернами для хранения жидких удобрений предлагаются пластиковые емкости и мягкие резервуары, комплектуемые для внутрихозяйственного склада-хранилища различной вместимостью с насосным оборудованием (рис. 105).



Рис. 104. Способы перевозки жидких минеральных удобрений КАС в автомобильных и железнодорожных цистернах

В процессе логистических исследований Самарским ГАУ признано эффективным наряду с металлическими емкостями, защищаемыми заводом-производителем от коррозии введением в КАС специальных химических средств, использование широкой номенклатуры пластиковой продукции Самарского (г. Кинель) специализированного предприятия ООО «Регион», которое выпускает и поставляет многим агропредприятиям России емкости различных форм и объемов для перевозки и хранения жидких удобрений, в нашем случае производства ПАО «КуйбышевАзот», и других аналогичных продуктов, а также растворные узлы для баковых агрохимических смесей и другую продукцию для аналогичных целей (рис. 106). Так же положительным фактом расширения применения КАС в агропромышленном комплексе – во всяком случае преимущественно для Поволжского региона, является наличие в Самарской области ООО «Стафф Ойл» (г. Тольятти), выпускающего мягкие резервуары (рис. 107). При этом следует отметить, что в отличии от безводного аммиака КАС очень удобен и безопасен для транспортировки и хранения, он не замерзает при низких температурах, а только густеет, и не теряет азот при хранении и внесении как внутрипочвенно, так и на поверхность при внекорневых подкормках.

При организованной и развитой межрегиональной, региональной и внутрихозяйственной оптимальной логистики жидких удобрений себестоимость технологии возделывания сельхозкультур с использованием этих удобрений по сравнению с твердыми будет снижаться с опережающей тенденцией. Уже сегодня многие высокоразвитые агропредприятия РФ, в том числе и в Самарской области, активно используют жидкие удобрения в своих производствах и отмечают их высокую эффективность. Для внесения удобрений без задержек необходимо создавать, особенно в крупных агропредприятиях, холдингах, внутрихозяйственные базы-хранилища для жидких минеральных удобрений с формированием сезонного технологического запаса и для использования возможностей экономии финансовых средств в межсезонье и скидок на закупаемую продукцию. Для решения складских внутрихозяйственных центров хранения удобрений можно использовать предложения ряда фирм по различным емкостям: металлические, в том числе б/у цистерны, пластиковые и мягкие резервуары из полимерных материалов (рис. 107).



Рис. 105. Пластиковые емкости ООО «Регион» для перевозки КАС-32 автомобильным транспортом: в трейлерах и КАМАЗах с прицепом

Самарский ГАУ, в определенной степени отработав первую часть рассматриваемой проблемы, имея опыт организационного создания и эффективного функционирования межрегиональных, региональных (областных), межрайонных и хозяйственных производственных формирований машинно-технологических станций – МТС, разрабатывает идеологию создания, комплектации и использования внутрихозяйственных центров хранения удобрений совместно с Самарским широкопрофильным предприятием по выпуску пластиковых емкостей ООО «Регион» широкой номенклатуры по назначению и решаемым задачам. Для перевозки и хранения КАС наиболее подходящими являются емкости с толщиной стенки 9-10 мм из высококачественного пищевого, химически-стойкого полиэтилена в усиленном металлическом каркасе (рис. 105-107). Каждая емкость оборудована откидной крышкой на петле диаметром 400 мм с шариковым клапаном, а также химически стойким шаровым (двухходовым) краном диаметром 50/70 мм. При

этом обеспечивается продольный или торцевой слив. Также имеется лестница, площадка сверху, дополнительное усиленное основание, стойки и удерживающие обручи-хомуты – 3 шт. Емкости имеют объем: 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 5,5; 6,0;10,0;11,0; 15,0 и 16,5 м^3. Данные емкости рассчитаны для агрессивных жидкостей плотностью 1,4 г/см^3, к которым относится и КАС-32.



а



б

Рис. 106. Пластиковые емкости ООО «Регион» для хранения жидких удобрений КАС-32:
а – секция для двух пластиковых емкостей, на внутрихозяйственных складах;
б – организация внутрихозяйственного склада из пластиковых емкостей

По предварительным расчетам с соответствующей систематизацией рекомендуются примерные объемы внутрихозяйственных емкостей для обеспечения гарантированного запаса жидких минеральных удобрений с учетом уровня агропредприятия по посевной площади, рекомендуемых норм и объемов внесения удобрений для ведения эффективного сельскохозяйственного производства. Совместно с ООО «Регион» подбирается оптимальный состав складского центра из производимых предприятием емкостей (рис. 107) с

соответствующей их комплектацией и обвязкой транспортно-перекачивающим оборудованием для приема, хранения и отпуска жидких минеральных удобрений и их перевозки к технологическим агрегатам – опрыскивателям АО «Евротехника» для внесения удобрений по соответствующим технологиям.



а



б



в



г





д

Рис. 107. «Буферные» склады КАС:
а – ёмкости для КАС-32 Товарищество «Блас-Трейдинг»; б – складской центр ООО «Альметьевская база удобрений» и ООО «Сабыагрохим», Татарстан (из ж/д б/у цистерн); в – склад из ёмкостей ООО «Регион»; г – склад агропредприятия ООО «Степные Зори», Самарская область; д – мягкие ёмкости

Уже сегодня многие высокоразвитые агропредприятия РФ активно используют жидкие удобрения в своих производствах и отмечают их высокую эффективность. Одно из передовых агропредприятий Самарской области в южной ее части «Степные зори» с площадью посевных площадей 14 тыс. га, применив в 2020 г. 1000 т КАС-32 с высокоэффективной подкормкой посевов (в некоторых случаях трижды) получили в засушливых условиях 2020 г. высокий урожай озимых – 45 ц/га с хорошим качеством на уровне 3 класса по всем показателем и высокой ценой реализации. Агропредприятие, используя пластиковые емкости ООО «Регион» (рис. 106, 107), на специально-оборудованной площадке создает, с привязкой необходимого перекачивающего КАС оборудования по программе складской логистики, внутрихозяйственный склад с учетом «оборота» емкостей для эффективного их использования, что обеспечит бесперебойную работу с агрохимическими мероприятиями при возделывании сельхозкультур. В связи с добавлением заводом ПАО «КуйбышевАзот» в КАС специального химического вещества жидкое минеральное удобрение не вызывает коррозию металла и для его хранения в агропредприятиях возможно использовать различные емкости, в том числе и металлические из-под ГСМ.

Сегодня стали особенно популярны и востребованны мягкие резервуары для хранения КАС (рис. 104), которые выпускают многие отечественные и зарубежные предприятия, в том числе и ООО «Стафф Ойл» (г. Тольятти).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных обзорных, аналитических, научных, лабораторно-полевых и др. исследований, информация и материалы которых представлены в данной работе, свидетельствуют о целесообразности широкого внедрения в АПК Самарской области и России в целом более эффективных инновационных технологий возделывания сельхозкультур со значительным повышением их урожайности и качества продукции. Приведенные материалы исследований направлены на эффективное решение главной задачи – повышение плодородия почвы.

Сегодня основная задача земледелия – удовлетворить растущие потребности мирового населения (в том числе населения РФ) в продовольствии. Продовольственная ситуация, когда в Мире более 2,5 млрд. людей голодают, требует более интенсивных действий при внедрении инновационных технологий, при их использовании с учетом представленных рекомендаций и предложений – минимально допускать просчеты в производстве, так как жидкие удобрения КАС – это продукт, улучшающий плодородие почв, продуктивность и качество сельхозкультур, требует на начальной стадии применения особого внимания к составляющим данной инновационной технологии.

Без веры и «любви» к КАС с его преимуществами, возможностями, но и некоторыми особенностями при работе, невозможно добиваться успехов в земледелии, особенно в прогнозируемых условиях глобального климатического потепления, что особенно важно для России, где темпы нежелательных последствий для земледелия по повышению температуры воздуха возрастают по сравнению с другими странами более чем в 2,5 раза.

По отработанным ПАО «КуйбышевАзот» и ФГБОУ ВО Самарским ГАУ и другими организациями инновационным технологиям использования жидких минеральных удобрений на базе КАС при возделывании сельхозкультур до конца не решена проблема их логистики – доставки и заводского, регионального, внутрихозяйственного хранения.

Поэтому на сегодняшний день выстраивается эффективная логистическая схема доставки и промежуточного хранения относительно нового для села продукта – жидких удобрений.

В связи с важностью решаемой проблемы для АПК предлагается и уже принято руководством Минсельхоза Самарской области решение о корректировке Программы по развитию сельского хозяйства Самарской области в разделе сохранения и повышения плодородия земель сельскохозяйственного назначения за счет значительного увеличения применения минеральных удобрений, в том числе как жидких азотных и азотосеросодержащих, так и твердых – сульфата аммония, нитросульфата, карбамида с серой и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аканов, Э. Н. Экологическая оценка эффективности применения тиосульфата аммония в смеси с КАС-32 / Э. Н. Аканов, М. М. Визирская, Н. И. Аканова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – №5(37). – С. 4-7.

2. Барышникова, Л. С. Биологические особенности сои при ее возделывании на богаре с применением жидких минеральных удобрений КАС / Л. С. Барышникова, Н. В. Праздничкова // Инновационные технологии производства, хранения, переработки и экспертизы сельскохозяйственного сырья и продуктов питания : сб. науч. тр. национальной науч.-практ. конф. с международным участием, посвященной 70-летию В. А. Милюткина. – Кинель, 2021. – С. 48-52.

3. Блинова, Ю. А. Эффективность жидких минеральных азотосеросодержащих удобрений на базе КАС-32 // Современные проблемы агропромышленного комплекса : сб. науч. тр. 73-й Международной науч.-практ. конф. – Кинель, 2020. – С. 5-7.

4. Блинова, Ю. А. Сравнительная эффективность жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 с твердыми – аммиачная селитра при возделывании подсолнечника // Современные проблемы агропромышленного комплекса : сб. науч. тр. 73-й Международной науч.-практ. конф. – Кинель, 2020. – С. 8-10.

5. Буксман, В. Э. Инновационные опрыскиватели с цифровым управлением технологического процесса – экологично, эффективно, перспективно / В. Э. Буксман, В. А. Милюткин, С. А. Толпекин // Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК : мат. Международной науч.-практ. конф. – Курган, 2021. – С. 11-16.

6. Буксман, В. Э. Инновационная техника для инновационных технологий No-Till И Mini-Till для обработки почвы и посева в России / В. Э. Буксман, В. А. Милюткин, Д. С. Сазонов // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий : сб. V Всероссийской (национальной) науч. конф. – Новосибирск, 2020. – С. 346-349.

7. Буксман, В. Э. Новейшие сельскохозяйственные агрегаты для внесения всех видов удобрений по высокоэффективным технологиям // Плодородие почв России: состояние, тенденции и прогноз : мат. Международной конф., посвященной 100-летию со

дня рождения академика ВАСХНИЛ Тамары Никандровны Кулаковской / под ред. В. Г. Сычева. – Минск, 2019. – С. 39-49.

8. Буксман, В. Э. Технико-технологическое обоснование рациональных комплексов сельхозмашин АО «Евротехника» немецкой компании «AMAZONEN-Werke» для No-Till, Mini-Till в России / В. Э. Буксман, В. А. Милюткин // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : мат. X Международной науч.-практ. : в 2-х т. – Ульяновск, 2020. – С. 362-370.

9. Буксман, В. Э. Комплексное фирменное оснащение АПК России эффективной техникой технологий Mini-Till, No-Till для условий недостаточного увлажнения / В. Э. Буксман, В. А. Милюткин // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса : сб. мат. Международной науч.-практ. конф. – с. Соленое Займище, 2020. – С. 674-680.

10. Иванов, В. А. Тенденции применения посевной техники с одновременным внесением жидких и твердых удобрений // Технологии, машины и оборудование в сельском хозяйстве : мат. студенческой науч.-практ. конф. – Кинель, 2021. – С. 12-16.

11. Иванова, Ю. А. Биологические особенности возделывания кукурузы с использованием жидких азотных удобрений КАС / Ю. А. Иванова, О. А. Блинова // Инновационные технологии производства, хранения, переработки и экспертизы сельскохозяйственного сырья и продуктов питания : сб. науч. тр. национальной науч.-практ. конф. с международным участием, посвященной 70-летию В. А. Милюткина. – Кинель, 2021. – С. 53-58.

12. Кудрякова, Е. П. Эффективное влияние жидких азотно-серосодержащих удобрений на базе КАС-32 на урожайность и качество яровой пшеницы в засушливых условиях // Современные проблемы агропромышленного комплекса : сб. науч. тр. 73-й Международной науч.-практ. конф. – Кинель, 2020. – С. 16-19.

13. Лазарев, В. И. Эффективность применения препарата КАС-32 на посевах яровой пшеницы / В. И. Лазарев, Т. В. Гаврилова // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов : сб. докл. Международной науч.-практ. конф. – Курск, 2020. – С. 56-60.

14. Милюткин, В. А. Комплексное решения программы эффективного использования жидких минеральных удобрений КАС в сельскохозяйственном производстве России / В. А. Милюткин,

Н. Г. Длужевский // Развитие научного наследия великого учёного на современном этапе : сб. Международной науч.-практ. конф., посв. 95-летию члена-корреспондента РАСХН, Заслуженного деятеля науки РСФСР и РД, проф. М. М. Джамбулатова. – Махачкала, 2021. – С. 104-110.

15. Милюткин, В. А. Эффективность азотных жидких минеральных удобрений КАС-32, КАС+S при предпосевном внесении и внекорневых подкормках кукурузы / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский // Развитие научного наследия великого учёного на современном этапе : сб. Международной науч.-практ. конф., посв. 95-летию члена-корреспондента РАСХН, Заслуженного деятеля науки РСФСР и РД, проф. М. М. Джамбулатова. – Махачкала, 2021. – С. 110-116.

16. Милюткин, В. А. Значимость азотосеросодержащих минеральных удобрений в растениеводстве, технологии и технические средства для внесения / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях : мат. Международной науч.-практ. конф. – Волгоград, 2021. – С. 179-186.

17. Милюткин, В. А. Жидкие минеральные удобрения КАС-32 и новые формы с серой при возделывании подсолнечника современными сельхозмашинами / В. А. Милюткин, В. Н. Сысоев, Н. Г. Длужевский // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. мат. XVI Международной науч.-практ. конф. : в 2-х кн. – Барнаул, 2021. – С. 187-189.

18. Милюткин, В. А. Жидкие удобрения на базе КАС при засухах и прогнозируемом «глобальном потеплении» / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский // Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки : сб. науч. тр. национальной науч.-практ. конф. – Кокино, 2021. – С. 20-26.

19. Милюткин, В. А. Инновационная технология возделывания яровой пшеницы с учетом ее биологии при использовании жидких минеральных удобрений / В. А. Милюткин, В. Н. Сысоев, А. Н. Макушин [и др.] // Инновационные технологии производства, хранения, переработки и экспертизы сельскохозяйственного сырья и продуктов питания : сб. науч. тр. национальной науч.-практ. конф. с международным участием, посвященной 70-летию В. А. Милюткина. – Кинель, 2021. – С. 43-48.

20. Милюткин, В. А. Целесообразность применения азотных серосодержащих удобрений для повышения урожайности и качества сельхозкультур / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский, О. Н. Длужевский, С. В. Обущенко // Приоритетные направления регионального развития : сб. ст. по мат. II Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием / под общ. ред. И. Н. Миколайчика. – Курган, 2021. – С. 438-442.

21. Милюткин, В. А. Комплексное техническое перевооружение агропредприятий для применения жидких удобрений КАС / В. А. Милюткин, Х. Х. Ашабоков // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты : сб. науч. тр. Всероссийской науч.-практ. конф. – Нальчик, 2021. – С. 88-92.

22. Милюткин, В. А. Совершенствование технологии возделывания кукурузы с применением жидких азотных удобрений / В. А. Милюткин, В. Н. Сысоев, А. Н. Макушин, С. А. Толпекин // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты : сб. науч. тр. Всероссийской науч.-практ. конф. – Нальчик, 2021. – С. 92-95.

23. Милюткин, В. А. Совершенствование технологии возделывания подсолнечника с повышением урожайности и качества продукции в засушливых почвенно-климатических условиях / В. А. Милюткин, В. А. Шахов, Н. К. Комарова [и др.] // Известия Оренбургского ГАУ. – 2021. – №1 (87). – С. 152-158.

24. Милюткин, В. А. Исследование эффективности жидких азотных и азотосеросодержащих минеральных удобрений на урожайность и качество подсолнечника в засушливых условиях Приволжского федерального округа / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский, О. Н. Длужевский, Г. В. Левченко // Аграрный научный журнал. – 2021. – №3. – С. 73-77.

25. Милюткин, В. А. Жидкие удобрения на базе КАС при засухах и прогнозируемом «глобальном потеплении» / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2021. – №1 (20). – С. 37-43.

26. Милюткин, В. А. Внесение жидких удобрений КАС под сельхозкультуры с учетом их биологии / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский // Биологическая интенсификация систем земледелия: опыт и перспективы освоения в современных условиях развития : мат. национальной науч.-практ. конф., посвященной 90-летию со дня

рождения д-ра с.-х. наук, проф., Академика Международной академии аграрного образования, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области Владимира Ивановича Морозова. – Ульяновск, 2021. – С. 225-233.

27. Милюткин, В. А. Анализ сошников для посева с одновременным внесением удобрений / Милюткин В. А., Иванов В. А. // Теория и практика современной аграрной науки : сб. IV национальной науч. конф. – Новосибирск, 2021. – С. 480-485.

28. Милюткин, В. А. Инновационные немецко-российские агрегаты для внесения жидких минеральных удобрений / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман, Н. Г. Длужевский О. Н. Длужевский // Актуальные проблемы АПК и инновационные пути их решения : сб. ст. – Курган, 2021. – С. 76-80.

29. Милюткин, В. А. Эффективные агрохимические мероприятия для высоких урожаев сельхозкультур с учетом мониторинга почв и влагообеспеченности / В. А. Милюткин, М. А. Канаев, Н. Г. Длужевский, О. Н. Длужевский // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : мат. XVIII Международной науч. конф. – Кокино, 2021. – С. 112-119.

30. Милюткин, В. А. Сравнительная эффективность инновационных технологий внесения жидких минеральных удобрений КАС внутрипочвенно и поверхностно по вегетирующей части – листьям сельхозкультур // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия : сб. науч. тр. по мат. Международной науч.-практ. конф., посвященной 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова. – Нальчик, 2021. – С. 129-132.

31. Милюткин, В. А. Цифровые технологии управления технологическим процессом возделывания сельхозкультур / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман, С. В. Жильцов, Д. С. Сазонов // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : мат. XVIII Международной науч. конф. – Кокино, 2021. – С. 66-71.

32. Милюткин, В. А. Эффективность сеялки Condor при посеве озимых в засушливых условиях // Аграрная наука. – 2021. – №3. – С. 105.

33. Милюткин, В. А. Техническое обеспечение агрохимической обработки посевов с цифровизацией опрыскивателей – дальнейшее

развитие ресурсосберегающих, адаптивных и экологически безопасных технологий в земледелии / В. А. Милюткин, А. В. Калашников, А. Диоп // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства : сб. ст. V Международной науч.-практ. конф. – Пенза, 2020. – С. 102-107.

34. Милюткин, В. А. Агроинженерно-технологическое обоснование создания комплексного агрегата для посева с одновременным внесением жидких и твердых минеральных удобрений / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Проблемы современной аграрной науки : мат. Международной науч. конф. – Красноярск, 2020. – С. 165-169.

35. Милюткин, В. А. Производство высоколиквидных сельхозкультур-подсолнечник, кукуруза в самарской области в засушливых климатических условиях // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов : сб. докл. Международной науч.-практ. конф. – Курск, 2020. – С. 18-22.

36. Милюткин, В. А. Повышение эффективности производства сельхозкультур в засушливых климатических условиях применением жидких минеральных удобрений / В. А. Милюткин, А. Н. Макушин, Н. Г. Длужевский, В. Н. Сысоев // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса : сб. мат. Международной науч.-практ. конф. – с. Соленое Займище, 2020. – С. 186-191.

37. Милюткин, В. А. Опыт использования инновационных технико-технологических агроприемов при возделывании подсолнечника / В. А. Милюткин, В. Н. Сысоев, А. Н. Макушин // Актуальные вопросы совершенствования систем земледелия в современных условиях : мат. Всероссийской науч.-практ. конф. – Махачкала, 2020. – С. 226-231.

38. Милюткин, В. А. Эффективность баковых гербицидно-удобрительных смесей при возделывании озимой пшеницы в засушливых условиях Поволжья / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский, О. Н. Длужевский // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. мат. XV Международной науч.-практ. конф. – В 2-х кн. – Барнаул, 2020. – С. 270-272.

39. Милюткин, В. А. Преимущественный выбор сельхозмашиностроительных компаний с многопрофильной номенклатурой вы-

пускаемой высокоэффективной техники (на примере АО «Евротехника» (г. Самара) немецкой компании «AMAZONEN-Werke») / В. А. Милюткин, Д. С. Сазонов, В. Э. Буксман // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства : мат. Международной науч.-практ. конф., посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАНКР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я. В. – Рязань, 2020. – С. 280-285.

40. Милюткин, В. А. Оптимизация транспортной логистики жидких удобрений ПАО «КуйбышевАзот» по программе завод – поле / Н. Г. Длужевский, В. А. Милюткин // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий : сб. V Всероссийской (национальной) научной конференции. – Новосибирск, 2020. – С. 1138-1142.

41. Милюткин, В. А. Эффективное применение жидких удобрений на базе КАС с созданием регионально-хозяйственной логистики по их доставке и хранению (с помощью емкостей и оборудования ООО «Регион» г. Самара) // Теоретические и концептуальные проблемы логистики и управление цепями поставок : сб. ст. II Международной науч.-практ. конф. – Пенза, 2020. – С. 40-45.

42. Милюткин, В. А. Обоснование оптимального состава инновационной техники для технологий No-Till и Mini-Till / В. А. Милюткин, Д. С. Сазонов // Инновационные достижения науки и техники АПК : сб. науч. тр. Международной науч.-практ. конф. – Кинель, 2020. – С. 415-419.

43. Милюткин, В. А. Логистика жидких удобрений ПАО «Куйбышевазот» – от завода до сельхозпредприятия АПК // В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский // Теоретические и концептуальные проблемы логистики и управление цепями поставок : сб. ст. II Международной науч.-практ. конф. – Пенза, 2020. – С. 49-53.

44. Милюткин, В. А. Стабильная эффективность сельхозкультур от повышения плодородия почв жидкими минеральными удобрениями / В. А. Милюткин, Н. В. Сысоев, А. Н. Макушин, А. С. Васильев // Приоритетные направления регионального развития : мат. Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. с международным участием. – Лесниково, 2020. – С. 553-558.

45. Милюткин, В. А. Научные направления исследований технологий возделывания сельхозкультур в условиях дефицита влаги и повышенных температур в Поволжье (Самарская область) // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса : сб. мат.

Международной науч.-практ. конф. – Соленое Займище, 2020. – С. 657-663.

46. Милюткин, В. А. Оптимальная комплектация агропредприятий сельхозтехникой для инновационных технологий в соответствии с региональными агросроками / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов : сб. докл. Международной науч.-практ. конф. – Курск, 2020. – С. 67-71.

47. Милюткин, В. А. Жидкие азотные и азотосеросодержащие удобрения на базе КАС – эффективная альтернатива твердым минеральным удобрениям / В. А. Милюткин, С. А. Толпекин, Н. Г. Длужевский, О. Н. Длужевский // Проблемы современной аграрной науки : мат. Международной науч. конф. – Красноярск, 2020. – С. 71-74.

48. Милюткин, В. А. Инновационные технологии для внесения жидких минеральных удобрений в засушливых условиях / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский // Инновационные достижения науки и техники АПК : сб. науч. тр. Международной науч.-практ. конф. – Кинель, 2020. – С. 72-77.

49. Милюткин, В. А. Внедрение в земледелии АПК России сельхозмашин нового поколения с цифровым управлением технологического процесса / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного комплекса : сб. ст. по мат. Международной науч.-практ. конф., посвященной 125-летию со дня рождения Терентия Семеновича Мальцева. – Курск, 2020. – С. 728-734.

50. Милюткин, В. А. Преимущественная эффективность жидких минеральных удобрений на базе КАС при повторяющихся летних засухах с обеспечением высокой урожайности и качества зерна пшеницы и подсолнечника / В. А. Милюткин, В. Н. Сысоев, А. Н. Макушин [и др.] // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий : сб. V Всероссийской (национальной) научной конференции. – Новосибирск, 2020. – С. 84-88.

51. Милюткин, В. А. Технико-технологическое обеспечение АПК РФ машинными комплексами АО «Евротехника» (г. Самара) для внесения жидких минеральных удобрений / В. А. Милюткин, В. А. Иванов // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса : сб. тр. Международной науч.-практ. онлайн конф. – Новосибирск, 2020. – С. 87-92.

52. Милюткин, В. А. Обоснование оптимального почвообрабатывающего агрегата по технологии No-Till на базе универсального культиватора Genius (АО «Евротехника») и тракторов России / В. А. Милюткин, С. А. Толпекин // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса : сб. тр. Международной науч.-практ. онлайн конф. – Новосибирск, 2020. – С. 92-97.

53. Милюткин, В. А. Технико-технологическое обоснование эффективности жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 целесообразность и возможность расширения их использования / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский, О. Н. Длужевский // АгроФорум. – 2020. – № 2. – С. 47-51.

54. Милюткин, В. А. Эффективный технико-технологический сеялочный комплекс Condor Российского производства (АО «Евротехника» г. Самара) при посеве озимых при недостаточном почвенном увлажнении / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // АгроФорум. – 2020. – № 3. – С. 64-67.

55. Милюткин, В. А. Исследования новых видов азотосероводержащих жидких удобрений и способов внесения при возделывании подсолнечника / В. А. Милюткин, А. П. Цирулев, С. А. Толпекин, Н. Г. Длужевский // Актуальные проблемы рационального использования земельных ресурсов : сб. ст. по мат. III Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. / под общ. ред. С. Ф. Сухановой. – Лесниково, 2019. – С. 116-122.

56. Милюткин, В. А. Немецкий высокоэффективный агрегат для внесения жидких удобрений, производимый в России (г. Самара) – АО «Евротехника» / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Стратегия развития сельского хозяйства в современных условиях – продолжение научного наследия Листопада Г. Е., академика ВАСХНИЛ (РАСХН), д-ра техн. наук, проф. – Волгоград, 2019. – С. 16-27.

57. Милюткин, В. А. Совершенствование технологий применения жидких азотных и азотосероводержащих удобрений при возделывании твердой яровой пшеницы (при недостатке влаги) / В. А. Милюткин, Н. П. Цирулев, Г. В. Кнурова, Н. Г. Длужевский // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий : мат. Международной науч.-практ. конф., проведенной в рамках Международного науч.-практ. форума, посвященного 75-летию образования Волгоградского ГАУ. – Волгоград, 2019. – С. 195-201.

58. Милюткин, В. А. Эффективность применения жидких азотных удобрений КАС и азотосеросодержащих при возделывании твердой яровой пшеницы (при недостатке влаги) / В. А. Милюткин, А. П. Цирулев, Н. Г. Длужевский // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. мат. XIV Международной науч.-практ. конф. – В 2-х кн. – Барнаул, 2019. – С. 228-230.

59. Милюткин, В. А. Комплектация агропредприятий современными сельхозмашинами для агрохимического обслуживания земледелия/ В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Научно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса в реализации Государственной программы развития сельского хозяйства до 2020 г. : сб. ст. по мат. Международной науч.-практ. конф., посвященной 75-летию Курганской ГСХА им. Т. С. Мальцева / под общ. ред. С. Ф. Сухановой. – Лесниково, 2019. – С. 310-315.

60. Милюткин, В. А. Эффективные технико-технологические решения при возделывании озимой пшеницы / В. А. Милюткин, С. А. Толпекин // Перспективы внедрения инновационных технологий в АПК : сб. ст. II Российской (Национальной) науч.-практ. конф. – Барнаул, 2019. – С. 31-33.

61. Милюткин, В. А. Увеличение урожайности яровой твердой пшеницы на основании углубленного мониторинга плодородия почвы (содержание серы *S*) и внесения новых видов азотосеросодержащих удобрений / В. А. Милюткин, А. П. Цирулев, Н. Г. Длужевский // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : мат. XVI Международной науч. конф. – Кокино, 2019. – С. 31-37.

62. Милюткин, В. А. Сельскохозяйственная техника с использованием интеллектуальных цифровых агрохимических технологий в АПК России – перспектива обеспечения экологической безопасности продукции / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Экология: вчера, сегодня, завтра : мат. Всероссийской науч.-практ. конф. – Махачкала, 2019. – С. 332-337.

63. Милюткин, В. А. Эффективность высокопроизводительной универсальной (Mini-Till, No-Till, классика) сеялки Condor (АО «Евротехника» г. Самара немецкой компании «AMAZONEN-Werke») при посеве озимых при недостатке влаги / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Приоритетные научные исследования и инновационные технологии в АПК: наука – производству : мат. национальной науч.-практ. конф. – Волгоград, 2019. – С. 36-43.

64. Милюткин, В. А. Новые технологии применения новых жидких азотосеросодержащих удобрений при возделывании твердой яровой пшеницы (при недостатке влаги) / В. А. Милюткин, А. В. Васин, А. П. Цирулев, Н. Г. Длужевский // Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК : мат. национальной науч.-практ. конф. Воронежского ГАУ им. императора Петра I / под общ. ред. О. М. Костикова, А. В. Божко. – Воронеж, 2019. – С. 37-43.

65. Милюткин, В. А. Системное технико-технологическое внесение жидких минеральных удобрений / В. А. Милюткин, Г. В. Кнурова, В. Э. Буксман // Современному АПК – эффективные технологии : мат. Международной науч.-практ. конф., посвященной 90-летию д-ра с.-х. наук, проф., Заслуженного деятеля науки Российской Федерации, Почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Валентины Михайловны Макаровой. – Ижевск, 2019. – С. 42-46.

66. Милюткин, В. А. Технико-технологическое обеспечение АПК РФ сельхозмашинами для внесения новых видов жидких минеральных и органических удобрений / В. А. Милюткин, С. А. Толпекин, В. Э. Буксман, Н. Г. Длужевский // Традиции и инновации в развитии АПК : мат. Международной науч.-практ. конф. – Великие Луки, 2019. – С. 462-468.

67. Милюткин, В. А. Совершенствование технологий и техники компанией «AMAZONEN-Werke» для АПК России при внесении жидких минеральных удобрений / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман, Н. Г. Длужевский, А. П. Цирулев // Стратегия развития сельского хозяйства в современных условиях – продолжение научного наследия Листопада Г. Е., академика ВАСХНИЛ (РАСХН), д-ра техн. наук, проф. – Волгоград, 2019. – С. 58-63.

68. Милюткин, В. А. Новые комплексы для ресурсо-, энергосберегающих технологий с возможным одновременным внесением жидких и твердых удобрений при посеве / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : мат. XVI Международной науч. конф. – Кокино, 2019. – С. 947-952.

69. Милюткин, В. А. Технико-технологическое обеспечение эффективного внесения на пропашных культурах жидких азотных и азотосеросодержащих удобрений на базе КАС-32 / В. А. Милюткин,

В. Н. Сысоев В. А. Шахов, Н. Г. Длужевский // Известия Оренбургского ГАУ. – 2019. – № 5 (79). – С. 149-152.

70. Милюткин, В. А. Технико-технологическое применение жидких азотных и азотосероодержащих удобрений на базе КАС-32 в посевах зерновых и зернобобовых культур / В. А. Милюткин, А. М. Петров, О. Н. Кухарев, Н. Г. Длужевский // Нива Поволжья. – 2019. – № 4 (53). – С. 79-85.

71. Прокопенко, Д. Н. Эффективность комплексного применения жидкого азотного удобрения КАС и средств защиты растений при возделывании яровой пшеницы и ярового рапса на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Прокопенко Дмитрий Николаевич. – Минск, 2004. – 16 с.

72. Толпекин, С. А. Эффективность жидких азотосероодержащих удобрений при дефиците влаги / С. А. Толпекин, Н. Г. Длужевский // Плодородие почв России: состояние, тенденции и прогноз : мат. Международной конф. (к 100-летию со дня рождения академика ВАСХНИЛ Т. Н. Кулаковской) / Под ред. В. Г. Сычева. – Минск, 2019. – С. 186-192.

73. Шакурова, К. И. Эффективность многокомпонентных баковых смесей на основе КАС-32 с различными удобрительными добавками и гербицидами при возделывании озимой пшеницы // Современные проблемы агропромышленного комплекса : сб. науч. тр. 73-й Международной науч.-практ. конф. – Кинель, 2020. – С. 35-37.

74. Шарипова, А. И. Эффективные способы применения жидких азотосероодержащих удобрений на базе КАС-32 на кукурузе и безопасная концентрация химраствора при листовой обработке / А. И. Шарипова, А. Р. Лимаренко // Современные проблемы агропромышленного комплекса : сб. науч. тр. 73-й Международной науч.-практ. конф. – Кинель, 2020. – С. 22-26.

75. Milyutkin, V. A. Technical and technological application of liquid nitrogen and nitrogen-containing fertilizers on the basis of KAS-32 in seeding cereal and grain legume crops / V. A. Milyutkin, A. M. Petrov, O. N. Kukharev, N. G. Dluzhevsky // Volga Region Farmland. – 2019. – № 4 (4). – P. 53-57.

76. Milyutkin, V. A. Feasibility demonstration of the effective design of the opener group of the seeder for winter wheat in arid conditions / V. A. Milyutkin, S. N. Zhiltsov, I. N. Guzhin [et al.] //

Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources : BIO Web of Conf. – Kazan, 2021. – P. 00120.

77. Milyutkin, V. A. Improvements in corn production technology using liquid nitrogen fertilizers / V. A. Milyutkin, V. N. Sysoev, O. A. Blinova [et al.] // Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources : BIO Web of Conf. – Kazan, 2021. – P. 00122.

78. Milyutkin, V. A. Innovative complex for in-soil fertilizer X Tender + Cenius for MINI-TILL technology / V. A. Milyutkin, V. E. Buxmann, B. Ch. Meskhi [et al.] // Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry : XIV International Scientific Conf. – 2021. – Vol. 1. – P. 122-129. – (Ser. «Lecture Notes in Networks»).

79. Milyutkin, V. A. Further improvement and adaptation of the PRIMERA DMC seeder, Germany / V. A. Milyutkin, V. E. Buxmann, O. Polushkin [et al.] // Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry : XIV International Scientific Conf. – 2021. – Vol. 1. – P. 130-137. – (Ser. «Lecture Notes in Networks»).

80. Milyutkin, V. A. Modern technology for cultivation of agricultural crops in zones of «risk farming» with conservation and accumulation of atmospheric moisture / V. A. Milyutkin, V. E. Buxmann, A. V. Mozgovoy [et al.] // Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry : XIV International Scientific Conf. – 2021. – Vol. 1. – P. 138-146. – (Ser. «Lecture Notes in Networks»).

81. Milyutkin, V. A. Echnical and technological operations for the adaptation of agriculture to global warming conditions / V. A. Milyutkin, V. N. Sysoev A. P. Trots [et al.] // Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources : International Scientific-Practical Conf. – (FIES 2019). – 2020. – P. 00075

АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Амидный азот, 7
Аммонийный азот, 7
Аммофос, 37

Б

Безопасная концентрация, 57, 58, 175

В

Внекорневые подкормки, 12, 93, 98, 102, 104, 124
Внутрипочвенное внесение, 151

Г

Гумат калия, 126, 130, 133, 139, 149, 151, 152

Д

Дефицит
влаги, 29, 106
серы, 10

Ж

Жидкие минеральные удобрения, 4, 6, 9, 12, 13, 21, 22, 27, 29, 41, 46, 47, 49, 56, 59, 60, 68, 70, 72, 78, 79, 80, 81, 83, 85, 87, 88, 103, 114, 124, 127, 128, 139, 145, 155, 157, 158, 160, 161, 163, 165, 166, 167, 169, 171, 172, 174

З

Зона рискованного земледелия, 8

К

Калий хлористый гранулированный, 37
КАС, 1-12, 14, 15, 18, 21, 24-29, 33, 34, 37-40, 42, 44-48, 54-60, 66-70, 72, 76-83, 85-92, 96, 97, 98, 102-106, 112-114, 124-128, 130-142, 145, 147-163, 165-175, 180
КАС+S, 11, 12, 25, 72, 79, 82, 103, 104, 124, 141, 142, 145, 147, 149, 151-153, 167
КАС-28, 6
КАС-30, 6
КАС-32, 6, 8, 11, 12, 14, 25-27, 29, 33, 34, 37-40, 42, 44-48, 54-60, 66-70, 72, 76-79, 82, 85, 87, 88, 91, 92, 96, 97, 98, 102-105, 112, 124, 127, 155, 159, 160-162, 165-167, 172, 174, 175
Качество зерна, 42, 49, 96, 98, 112, 124, 148, 154
Комбайн *TERRION 2010*, 42
Корневая система, 7
Крупнокапельные форсунки, 13, 14, 26, 57, 69, 87, 89, 102, 142, 154
Кукуруза, 3, 12, 14-16, 20, 22, 25, 27, 32-36, 47-58, 78, 79, 81, 83, 84, 131, 166-169
гибрид *НК Фалькон*, 36, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 83
гибрид *Пионер 7709*, 36, 49, 50, 54, 55, 56, 83
Культиватор *Cenius*, 13

Л

Листовая подкормка
опрыскивателем, 153
Логистическая схема доставки, 156

М

Массовая доля
белка, 151
клейковины, 152
Медь, 27, 89, 126, 133, 139, 149, 151, 152
Мезоэлемент, 133, 154
Мультиинжектор «*Туман*», 128

Н

Нитратный азот, 7
Нормы внесения, 18, 22

О

Озимая пшеница
сорт *Базис*, 88, 89, 97, 98, 142, 144, 145, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154
сорт *Ресурс*, 113
сорт *Светоч*, 104
Опрыскиватели, 8, 9, 13, 14, 84, 112, 126, 127, 154
Pantera SX4000, 18
UR 3000, 38
UX 11200, 18
Оценка почвы, 26, 135

П

Перевозка жидкостей, 155
Плодородие почвы, 27, 78, 85, 93, 94, 96, 98, 99, 100-102, 173
Подсолнечник, 3, 12, 14, 16, 20, 22, 25, 30, 34, 36-38, 56, 69, 72, 78, 84, 131, 169
гибрид *НК Фортими*, 63, 73, 74
Посев, 35-37, 42, 56, 70, 108, 123, 135
Предпосевная культивация, 40, 48, 59, 60, 69, 70
Прибавка урожайности, 44, 54, 71
Прибор N-тестор, 141

Р

Рабочий диск, 131
Ресурсосберегающие технологии, 33

С

Сеялка
Cauena, 117, 119, 121
Citan, 115, 117, 119, 120, 121
Condor, 13, 109, 111, 118, 173
D-9, 99, 100, 120
DMC, 23, 35, 36, 37, 100
Primera, 13
EDX, 13
Соя, 3, 12, 16, 20, 22, 25, 34, 36, 37, 38, 56, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 78, 83, 84, 131
сорт *Волма*, 59
сорт *Самер-2*, 36, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68
сорт *Самер-4*, 36

Т

Традиционные технологии, 117, 119
Транспортировка жидкостей, 156

У

Удобрение, 12
Усвоение питательных веществ, 12

Ф

Фаза интенсивного роста, 36
Формирование плодов, 36

Х

Хранение жидких удобрений, 157, 158, 160

Ш

Шланги-удлинители, 13, 18, 127

Э

Экономическая эффективность, 46, 55, 67, 77
Энерго- и влагосберегающие технологии, 117, 119

Я

Яровая твёрдая пшеница сорт *Марина*, 40-46

Научное издание

Милюткин Владимир Александрович
Заслуженный деятель науки РФ, Почетный работник АПК РФ,
Почетный работник высшего профессионального образования РФ,
доктор технических наук, профессор

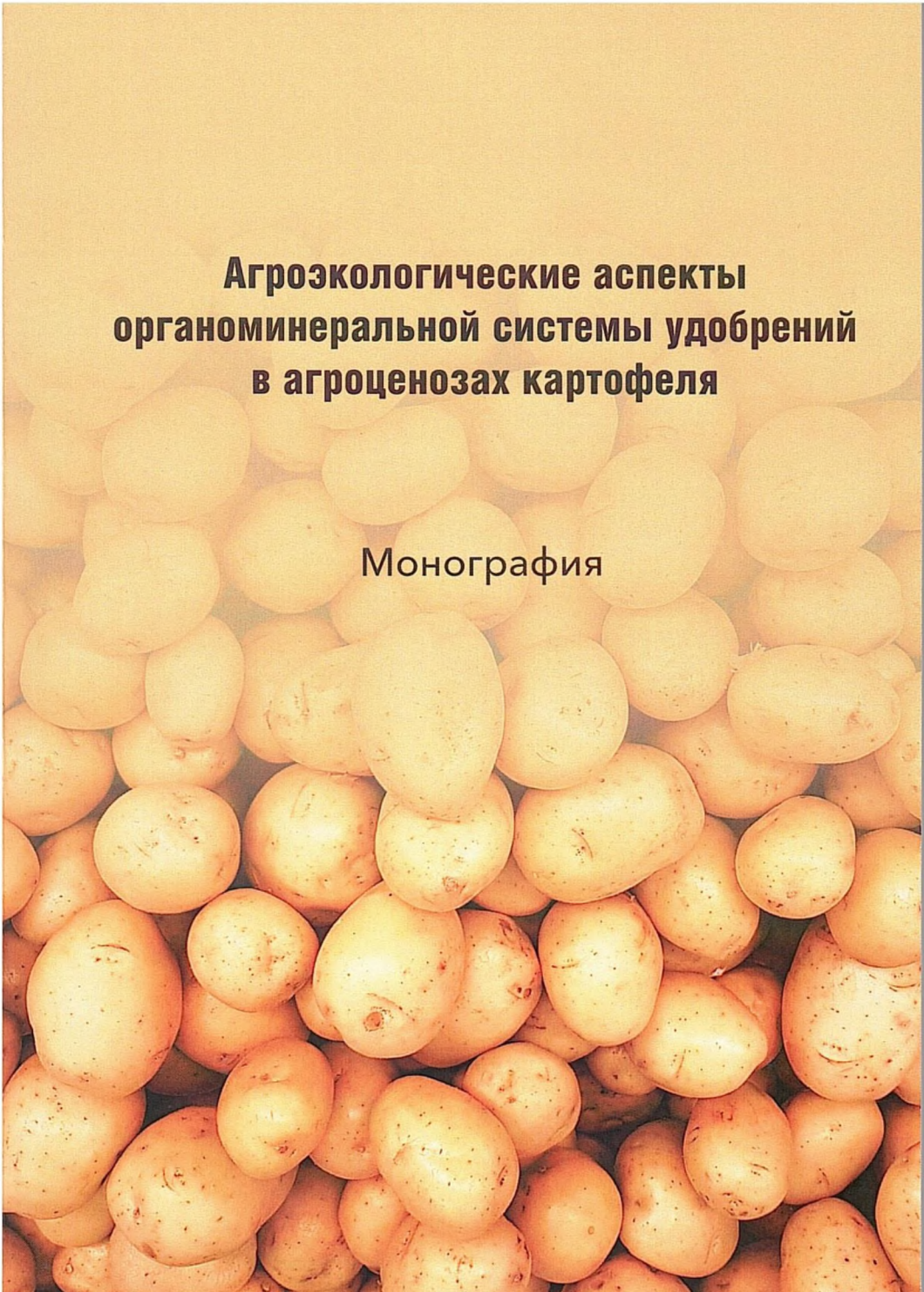
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ КАС В РЕГИОНАХ С НЕДОСТАТОЧНЫМ УВЛАЖНЕНИЕМ ПРИ ПРОГНОЗИРУЕМОМ ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ

Монография

Подписано в печать 23.11.2021. Формат 60×841/16
Усл. печ. л. 10,52, печ. л. 11,31.
Тираж 500. Заказ №264.
Отпечатано с готового оригинал-макета
в издательско-библиотечном центре Самарского ГАУ
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru

Агроэкологические аспекты органоминеральной системы удобрений в агроценозах картофеля

Монография



Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Агроэкологические аспекты органоминеральной системы удобрений в агроценозах картофеля

Монография

Кинель 2022

УДК 631.89:635.21

ББК 42.15
А26

Рекомендовано научно-техническим советом Самарского ГАУ

Рецензенты:
д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой «Агрономия и агротехнологии»,
ФГАОУ ВО Рязанский ГАТУ им. П. А. Костычева,
Д. В. Виноградов;
д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Биология, технология хранения
и переработки продукции рестениеводства»,
ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ им. П. А. Столыпина»,
В. А. Исайчев

Авторский коллектив:
Г. И. Чернякова, Н. М. Троц, Е. П. Цирулев, Н. И. Аканова,
В. Б. Троц, О. В. Горшкова, А. И. Черняков

А26 Агроэкологические аспекты органоминеральной системы удобрений в агроценозах картофеля : монография / Г. И. Чернякова, Н. М. Троц, Е. П. Цирулев [и др.]. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 143 с.
ISBN 978-5-88575-668-6

В монографии на основе длительного мониторинга (2003-2014 гг.) приведены данные о закономерностях изменения основных агрохимических параметров почв в условиях степной зоны Заволжской провинции в зависимости от интенсивности антропогенного воздействия, динамика содержания органического вещества почв, параметры для создания бездефицитного баланса гумуса. Выявлены количественные параметры загрязнения почв тяжелыми металлами (Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe) при экстенсивном ведении земледелия и использовании органоминеральной системы удобрений в технологии возделывания картофеля, приведены приемы повышения плодородия и детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

УДК 631.89:635.21
ББК 42.15

ISBN 978-5-88575-668-6

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
Чернякова Г. И., Троц Н. М., Цирулев Е. П., Аканова Н. И.,
Троц В. Б., Горшкова О. В., Черняков А. И., 2022

Оглавление

Введение..... 4
1. Состояние и перспективы картофелеводства в Самарской области 5
2. Роль удобрений при выращивании картофеля..... 11
3. Устойчивость картофеля к фитотоксичности тяжелых металлов... 19
4. Агрохимические приемы, снижающие фитотоксичность тяжелых металлов..... 33
5. Природно-климатические и погодные условия возделывания картофеля 39
6. Агротехника выращивания картофеля в условиях орошения на примере четырехпольного севооборота 44
7. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах картофельных плантаций и растениях картофеля..... 63
7.1. Агрохимические показатели почв производственных плантаций картофеля..... 63
7.2. Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве плантаций сортового картофеля..... 87
7.3. Особенности химического состава и аккумуляции тяжелых металлов в растениях сортового картофелях..... 93
8. Эффективность использования органоминеральной системы удобрений, урожайность картофеля и плодородие чернозема обыкновенного..... 99
8.1. Расчет потребности в органических удобрениях для восстановления бездефицитного баланса гумуса при возделывании картофеля..... 99
8.2. Влияние различных доз удобрений органоминеральной системы на химический состав и накопление тяжелых металлов в агроценозах картофеля..... 104
9. Оценка экономической эффективности использования органических удобрений для получения экологически безопасной продукции картофеля 118
Заключение..... 120
Литература..... 123
Алфавитно-предметный указатель..... 141

Введение

В Самарской области картофель является традиционной продовольственной культурой, выращиванием которой заняты предприятия северной, центральной и южной агроклиматических зон области [102, 97]. Значительную долю в показатели урожайности картофеля региона вносят показатели хозяйств, расположенных в низменном степном Заволжье.

Рыночная экономика и конкуренция вынуждают производителей снижать затраты на единицу продукции за счёт более интенсивного использования пашни с минимизацией затрат на поддержание её плодородия. При этом не уделяется должное внимание соблюдению экологических и санитарно-гигиенических требований к качеству продукции, в том числе содержанию тяжелых металлов в клубнях.

Для загрязненных почв приемы, снижающие подвижность и транслокацию тяжелых металлов, в основном сводятся к их переводу в слабодоступные для растений формы. Одним из таких агрохимических приемов является внесение органических удобрений [122, 152, 172] .

Но, несмотря на накопленный фактический материал, исследований по этой проблеме крайне недостаточно, а сложность почвы как объекта исследований приводит к тому, что результаты часто носят противоречивый характер.

В связи с этим агроэкологическая оценка состояния почв региона, разработка приемов сохранения и воспроизводства их плодородия, получения экологически безопасной продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим требованиям, актуальна и представляет существенную производственную значимость.

1. Состояние и перспективы картофелеводства в Самарской области

Система земледелия товарного производства картофеля рассматривается, в первую очередь, как средство получения растительной продукции при активном хозяйственном воздействии на почвенный покров [185].

Самарская область занимает особое место в истории современного российского картофелеводства. Это один из тех регионов, с которых в 90-е годы XX века в России началась отраслевая революция: переход к высокомеханизированному эффективному производству картофеля [79, 80].

Картофель в Среднем Поволжье традиционно относится к числу важнейших сельскохозяйственных культур и используется, прежде всего, на продовольствие, а также для переработки и кормовых целей [15].

Характер почвенно-климатических условий Самарской области предполагает повышенную стрессовую нагрузку на растения картофеля в период вегетации (высокая температура воздуха, почвенная и воздушная засуха, повышенный инфекционный фон). При этом основными лимитирующими факторами, сдерживающими рост урожайности, являются высокая температура воздуха и недостаточное увлажнение, что ведет к широкому распространению вирусных и грибковых заболеваний [14].

В Самарской области с картофелем отношения особые: производство его это не только результат труда картофелеводов, но и один из первых проектов, в котором были применены самые современные технологии и инновационная техника. На примере этой культуры было показано, как можно системно подходить к производству конкретного вида сельскохозяйственной продукции. Сегодня в Самарской области на урожайность картофеля и те объёмы, которые есть, дают возможность обеспечить продукцией не только жителей региона, но и реализовывать её далеко за пределами Самарской губернии [79, 80].

Основным направлением в картофелеводстве было выбрано эффективное использование современной технологической базы, достижение проектной урожайности на основе использования

лучших селекционных достижений и качественного семенного материала, достаточных ресурсных вложений (особенно в средства химизации), выполнения технологических требований возделывания картофеля, а также формирования устойчивого рынка по области и в России.

В начале 90-х годов прошлого столетия урожайность картофеля в хозяйствах Самарской области находилась на уровне 60-70 ц/га. В этот период в регион стали поступать партии семенного картофеля импортного производства (в основном, немецкой селекции: одним из первых поставщиков стало немецкое подразделение концерна Solana). На полях, где выращивался зарубежный картофель, урожайность достигала невиданных тогда 330 ц/га.

Со временем часть семенного материала импортных сортов стала производиться уже на территории Самарской области. Зарубежные специалисты не только контролировали процесс выращивания, но и вели активную работу по испытанию и отбору новых скрещенных линий, получали интересные результаты. Именно тогда были заложены традиции, благодаря которым регион и сегодня сохраняет статус семеноводческого. Ежегодно за пределы Самарской области реализуется порядка 10 тыс. тонн семенного картофеля высоких репродукций.

Многие из районированных сортов картофеля недостаточно адаптированы к почвенно-климатическим условиям Самарской области, что приводит к потерям урожайности и ее широкой вариабельности по годам. Поэтому приобрели актуальность вопросы создания новых сортов, обладающих высоким адаптивным потенциалом к местным агроэкологическим условиям и сочетающих высокую продуктивность, высокую полевую устойчивость к заболеваниям и раннее накопление товарного урожая.

В середине 90-х годов прошлого столетия, на волне общего интереса к культуре, селекцией и семеноводством картофеля начали заниматься и в научных институтах области, ранее в большей степени ориентированных на традиционные для области пшеницу и кукурузу. Так, специалисты ФГБНУ Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н. М. Тулайкова создали три сорта картофеля, вошедшие в Государственный реестр селекционных достижений: Самарский (2002 г.), Жигулевский (2006 г.) и Безенчукский (2016 г.).

Сегодня Самарский НИИСХ им. Н. М. Тулайкова продолжает работу по селекции и семеноводству картофеля: разработана программа ускоренного размножения и внедрения оздоровленного семенного материала, свободного от вирусной, вироидной, грибной и других инфекций с использованием биотехнологических методов, сформирован банк оздоровленных сортов картофеля, наиболее адаптированных к агроклиматическим условиям Самарской области.

Дальнейшее выращивание семян суперэлиты, элиты и первой репродукции организовано в специализированных семеноводческих предприятиях области.

Постоянное улучшение качества сортового пакета – необходимое условие интенсификации картофелеводства [14].

Схема семеноводства позволяет сократить срок воспроизводства семенного материала от момента получения здорового растения до реализации в сельскохозяйственные организации и населению области до 4-х лет. Ее внедрение позволит сельскохозяйственным организациям и населению Самарской области перейти на использование в обороте семенного материала высоких репродукций, что, в свою очередь, значительно повысит продуктивность и валовые сборы картофеля, вытеснит с рынка области поставщиков из других регионов, обеспечит более грамотное ведение сортосмены и сортообновления в картофель производящих хозяйствах Самарской области [108].

Сегодня самарским картофелеводам есть чем гордиться: у них за плечами многолетний опыт производства высококачественного семенного и продовольственного картофеля, область занимает одно из ведущих мест в России по урожайности картофеля (по итогам 2018 года средний показатель урожайности – на уровне 295 ц/га) [79, 80].

Основными районами, в которых выращивают картофель, являются Безенчукский, Волжский, Ставропольский, Приволжский, Сызранский, Похвистневский.

Тем не менее, в последние годы площади выращивания (а, следовательно, и объемы производства) столового картофеля в области неуклонно сокращаются. По данным министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области, в 2018 году в регионе картофель был посажен на площади 4,4 тыс. га (для сравнения, в 2012-м под данную культуру отводилось

7,2 тыс. га). Во всех категориях хозяйств области картофеля собрано 274,4 тыс. тонн (90,6% к уровню 2017 года) (табл. 1).

В специализированных хозяйствах Самарской области в 2019 г. с площади 4,1 тыс. га было собрано 118,3 тыс. тонн картофеля при средней урожайности 283 ц/га (на 05.11.2019 г.), на тот же период 2018 г. было убрано 4,4 тыс. га, валовый сбор составил 129,5 тыс. тонн при средней урожайности 295,0 ц/га [74].

Во всех категориях хозяйств собрано 275 тыс. тонн, что незначительно превышает уровень 2018 года (+0,2%) [74].

Таблица 1

Показатели производства картофеля в промышленном секторе Самарской области в 2012-2019 гг. [74]

Год	Площадь, га	% к 2012 г.	Валовый сбор, т	% к 2012 г.	Урожайность, т/га
2012	7196	100,0	185010	100,0	25,7
2013	6296	87,5	178656	96,6	28,4
2014	6234	86,6	177649	96,0	28,5
2015	6423	89,3	153799	83,1	23,9
2016	5721	79,5	145875	78,8	25,5
2017	3996	55,5	125674	67,9	31,4
2018	4391	61,0	129483	70,0	29,5
2019	4145	57,6	118300	63,9	28,3

Сегодня картофелеводческая отрасль Самарской области переживает кризис: оптовые цены на столовый картофель несколько лет подряд остаются на низком уровне, что не может не отражаться на экономике сельхозпредприятий. Тем не менее, многие хозяйства, работающие по современным интенсивным технологиям, имеющие мощную производственную базу (оснащенные профильной высокопроизводительной техникой), использующие в работе лучшие достижения мировых селекционеров, сохраняют свои позиции на рынке. Регион в значительной степени обеспечивает свои потребности в картофеле.

Основные причины потери интереса сельхозпроизводителей к культуре понятны всем российским картофелеводам: сохраняющиеся в течение нескольких лет низкие закупочные цены на продукт при ежегодно возрастающих затратах на выращивание.

По подсчетам специалистов Союза картофелеводов, при себестоимости производства продовольственного картофеля в 250-300 тыс. руб./ га и урожайности 24 т/га (по товарной фракции)

затраты на выращивание составляют 10,4-12,5 руб./кг, а цена закупки картофеля в среднем не превышает 8,2 руб./кг, что делает производство картофеля для многих производителей убыточным [79, 80].

Основные факторы снижения темпов роста картофелеводства в Самарской области:

1. Значительное сокращение государственной поддержки: из существующего перечня мер господдержки картофелеводы могут надеяться только на получение льготных кредитов и компенсацию за приобретение элитных семян. Если в 2012 году производителям картофеля компенсировались затраты на приобретение минеральных удобрений, средств защиты растений, на полив, то в 2019 году производство картофеля не входит даже в «несвязанную» поддержку.

2. Конкуренция со стороны зарубежных производителей раннего картофеля: поставки картофеля нового урожая начинаются ранней весной, в этот период в регионе еще достаточно своего качественного продукта. Значительная часть местного картофеля остается невостребованной. По данным Союза картофелеводов, на 1 апреля 2019 года только на складах хозяйств Самарской области на хранении оставалось 11150 тонн картофеля.

Безусловно, такое положение в отрасли ведет к потере тех позиций, которые регион занимал в течение последних 20 лет.

Некоторые из путей повышения темпов роста картофелеводства:

- производство продукции с минимальными издержками;
- работа над качеством продукции;
- компромисс между качеством и количеством продукции;
- внедрения современных сортов;
- развитие мелиорации;
- обязательное соблюдение правил севооборота и другие факторы.

Ориентироваться на пути выхода из кризиса необходимо на флагманские хозяйства области, которые добились больших успехов в выращивании картофеля, но не останавливаются на завоеванных позициях: ежегодно вводят новые сорта, осваивают технические достижения [79, 80].

Современная экономическая ситуация в сельском хозяйстве обусловила формирование новых подходов к ведению земледелия.

Одним из важнейших направлений развития агропромышленного комплекса является воспроизводство плодородия почв, за счет комплексных мер по воспроизводству почвенного плодородия с широким использованием биологических средств в сочетании с применением удобрений, средств защиты посевов и других техногенных ресурсов [177].

Поскольку в последнее время наблюдается снижение объемов применения органических и минеральных удобрений особое значение в решение проблемы повышения плодородия почвы и её продуктивности приобретают биологические методы [13, 180]. При этом основной упор делается на максимальное использование природных факторов, включающих внесение в качестве удобрений побочной продукции возделываемых культур, сидератов и симбиотического азота [167, 161].

Приемы биологизации системы земледелия товарного производства картофеля за счет вскрытия природных резервов: севооборота, сидерации естественных засорителей, пожнивных остатков, использования залежных и целинных земель, использования фиторегуляторов природного происхождения позволяют увеличить урожайность и качество картофеля, способствуют переходу к экологически безопасному ведению сельского хозяйства, как необходимому фактору выживания человечества, сохранения экологического равновесия в биосфере [185].

2. Роль удобрений при выращивании картофеля

Картофель (лат. *Solanum tuberosum*) – многолетнее, травянистое, клубненосное растение, но в культуре используется как однолетнее, потому что жизненный цикл его, начиная от прорастания клубня и заканчивая образованием и формированием зрелых клубней, проходит за один вегетационный период.

Картофель принадлежит к числу важнейших сельскохозяйственных культур, как ни одна культура, отличается универсальностью использования и применяется на продовольственные, технические и кормовые цели [4, 73, 136].

Это растение характеризуется малой высотой, является культурой длинного дня с диффузным освещением, пасмурного дождливого климата. Надземная часть растений картофеля представлена травянистыми стеблями, четырёхгранными в узлах, в промежутках между узлами – трёхгранной формы, листьями и плодами [183]. Корневая система мочковатая, представлена совокупностью корневых систем отдельных стеблей растения [194]. Корневая система состоит из глазковых корней, образующихся при прорастании клубня, пристолоновых и столоновых корней [170].

Цикл от прорастания семенного клубня и до образования урожая проходит за один вегетационный период за несколько фаз развития: всходы, бутонизация, цветение и увядание ботвы.

Рост и развитие растения картофеля в течение вегетации принято условно делить на 3 периода [132].

Наиболее важен в формировании клубней второй период, в это время накапливается до 65-75% конечного урожая. Погодные условия, складывающиеся в этот период, определяют уровень урожая [169].

На территории Российской Федерации на период 2019 г. допущено к использованию 455 сортов картофеля, из них в 2019 г. в реестр включен 21 сорт картофеля [52]. Каждый сорт имеет свои возможности по урожайности, выдать которые может лишь при создании оптимальных условий произрастания, отвечающих требованиям того или иного сорта [127, 146].

Использование районированных сортов картофеля, наравне с соблюдением агротехники, гарантирует получение высоких и стабильных урожаев [118].

Культура обладает высоким потенциалом урожайности [6], однако картофель является требовательной культурой к тепловому, пищевому, водному, воздушному режиму почв [113, 114].

При недостатке света наблюдается угнетение растения – ботва желтеет, растение вытягивается [196], кроме того при недостатке света растение образует мало клубней и низкого качества [83].

Картофель чувствителен к изменению температуры почвы и воздуха. Активное прорастание клубней начинается, когда на глубине их посадки температура почвы достигает 7…8°С, оптимальная – 15…20°С [186].

Растения картофеля очень чувствительны к низким температурам. Ботва начинает повреждаться при температуре +0,5…-1,0°С, длительное воздействие таких температур вызывает гибель растений. При температуре почвы выше 29°С рост растений и клубней прекращается. Уборку картофеля следует проводить при температуре почвы не ниже 8°С, иначе клубни легко травмируются и плохо хранятся [35, 83, 106, 186].

Для картофеля наилучшими условиями являются районы с легкими по гранулометрическому составу почвами [36].

При неблагоприятных водном и воздушном режимах почвы растение формирует малый урожай, выявлена тесная и средняя корреляционная зависимость соответственно между твердостью почвы (r = 0,92), влажностью почвы (r = 0,38) и урожайностью картофеля [87, 147].

Для нормального развития корневой системы картофеля оптимальная плотность почвы должна быть в пределах 1,10 г/см^3 [86, 96]. Потребность во влаге изменяется у картофеля по фазам развития. В начале своего роста картофель может жить за счет запасов влаги, имеющихся в материнском клубне.

Критическим периодом является фаза от начала цветения до прекращения прироста ботвы. Недостаток влаги в почве в этот период приводит к сильному снижению урожая клубней.

Наиболее благоприятные условия для роста картофеля и образования высокого урожая клубней создаются при влажности почвы 70-80% от полной полевой влагоемкости в зоне распространения основной массы корней, и период цветения и клубнеобразования и 60-65% – в период отмирания ботвы и накопления крахмала в клубнях [38].

Оптимальная реакция среды для картофеля – pH 5,5-6,0, хотя, он способен лучше других полевых культур переносить слабокислую реакцию.

По выносу питательных веществ из почвы, картофель относится к группе наиболее требовательных культур [88, 61]. Основные питательные вещества, необходимые для развития растений картофеля – это азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо, сера и некоторые другие [40].

Высокие требования к почве связаны с биологическими особенностями картофеля: относительно слабо развитой корневой системой и формированием столонов и урожая клубней в почве.

Клубни картофеля характеризуются также важным биологическим свойством – периодом покоя и наличием больших запасов питательных веществ, необходимых для роста и развития растений в первый период жизни при вегетативном размножении. Картофель, обладая относительно слаборазвитой корневой системой в первый период роста плохо усваивает труднорастворимые питательные вещества из почвы. Это обусловливает повышенную отзывчивость картофеля на внесение удобрений [16].

Достаточное снабжение растений всеми основными элементами питания в этот период имеет исключительное значение для формирования урожая. На образование клубней используются питательные вещества, как поступающие в этот период из почвы и удобрения, так и ранее накопленные в ботве.

Влияние различных питательных веществ на урожайность и некоторые качественные характеристики клубней картофеля приведены в таблице 2.

Проблему поддержания бездефицитного баланса гумуса можно решить применением сидеральных паров и внесением полуперепревшего навоза. При расчете норм минеральных удобрений для получения запланированного урожая используют расчетный метод [24].

Эффективность удобрений зависит от почвенно-климатических условий, уровня агротехники и сорта картофеля.

Доступность химических элементов для растений из почвы определяется реакцией среды, видом химического соединения элемента, содержанием и составом органического вещества в почве, ее механическим и минеральным составом, содержанием

карбонатов, фосфатов, макро- и микроэлементов, влажностью, температурой и др. [16].

Таблица 2

Влияние различных питательных веществ на урожайность и некоторые качественные показатели клубней [187]

Показатель	Питательное вещество						
	N	P	K	MgO	CaO	B	Mn
Урожайность	+++	++	++	++	0+	+	+
Содержание крахмала	-	++	0	+	+	0	0
Содержание протеина	++	++	+	-	0	+	+
Размер и форма клубней		++	++				
Устойчивость к поражению болезнями	--	++	++	++	++		
Устойчивость к повреждениям	--	+	+	0+	0+		
Созревание	---	+	0	0	0	+	0
Механическая плотность кожуры	-	-	+	0	0	0	0
Способность к заживлению ран	--	+	+	0	0	+	0

Примечание: + – слабое положительное влияние; ++ – положительное влияние; +++ – сильное положительное влияние; 0 – нет влияния или не установлено; - – слабое отрицательное влияние, особенно при слишком высоких дозах; -- – отрицательное влияние; --- – резко отрицательное влияние.

Изучением роли удобрений при выращивании картофеля занималось большое количество, как отечественных, так и зарубежных ученых.

Крупные исследования по удобрению картофеля проводил [155]. Отмечая, что потребность в отдельных питательных элементах возрастает при увеличении урожая.

Академик Д. В. Прянишников (1940) отмечал, что при высоких урожаях вынос питательных веществ достигает весьма значительных размеров, превышая в несколько раз выносы, типичные для среднего уровня урожаев.

Важная роль в питании растений принадлежит концентрации питательного раствора. При очень низких концентрациях на бедных почвах растения не в состоянии поглотить достаточное количество питательных элементов, однако и повышенная концентрация приводит к задержке роста [164].

В многочисленных исследованиях, проведенных как у нас, так и за рубежом, установлено, что картофель потребляет питательные

вещества в значительных размерах до конца вегетационного периода [12, 98, 131] .

Довольно широко распространено мнение об отсутствии или незначительной потребности картофеля в элементах питания в самом начале его роста. Однако наблюдения за начальным развитием картофеля показывают, что при внесении под него не только быстродействующих минеральных удобрений, но даже и навоза, состояние удобренных растений в фазе появления всходов заметно отличается от состояния не удобренных [155]. Как показали исследования, интенсивное поглощение питательных веществ наступает уже в период образования корней еще до появления всходов. После их появления картофель использует на единицу сухого вещества значительно больше азота, фосфора и калия, чем в фазу бутонизации и цветения [92].

Кроме того при разработке системы удобрения под картофель нельзя исходить только из выноса растениями азота, фосфора и калия, а следует строго учитывать особенности почв, обеспеченность их элементами пищи и потребность растений в питании в разные периоды роста [131].

Потребность в азоте возникает у растений картофеля в самом начале роста [144, 121]. Чем быстрее сформируется фотосинтетический аппарат, тем более высокую продуктивность картофельное растение может получить за время вегетации. Уровень азотного питания оказывает непосредственное влияние на развитие и продуктивность картофеля. В условиях недостаточного азотного питания растения слабо развиваются и сильно отстают в росте, листья принимают светло-зеленую окраску и преждевременно отмирают, что приводит к снижению урожая и содержания крахмала в клубнях [27]

Избыточное одностороннее азотное питание также нежелательно: оно вызывает чрезмерное развитие ботвы, при этом задерживается рост клубней, удлиняется вегетационный период, уменьшается сопротивляемость неблагоприятным условиям среды [155, 154].

При избыточном содержании азота листья картофеля имеют темно-зеленую окраску. При излишке азота понижается крахмалистость клубней [198, 26, 94]. По мнению ряда ученых, при внесении удобрений с превышением оптимального содержания азота качество клубней заметно ухудшается [197, 191, 19, 33]. При

нормальном азотном питании усваиваемость калия и фосфора картофельным растением повышается [166].

Академик Д. Н. Прянишников (1936) отмечал чрезвычайно сильную отзывчивость картофеля в нечерноземной полосе на повышение доз азота. Действие же калия и фосфора задерживается в случае отсутствия азота или слишком малых его доз. Фосфор и калий, выполняя ряд физиологических функций, играют весьма важную роль в усвоении растениями азота. Повышение дозы азота в удобрении без соответствующего увеличения дозы фосфора или калия нередко, после известного предела, не только не дает дальнейшего увеличения урожая, а, наоборот, вызывает депрессию в урожае [162].

Эффективность различных доз азота зависит от длины вегетационного периода, количества осадков, обеспеченности почвы другими элементами питания, сорта, а также и от приемов агротехники.

Фосфор, как и азот – один из важнейших питательных элементов. Он имеет первостепенное значение в синтезе белка, в процессах роста и размножения [154].

При недостатке фосфора фаза бутонизации и цветения задерживается, в клубнях картофеля увеличивается накопление нитратов [195, 30, 31].

Фосфор – составная часть крахмала. Достаточное снабжение растений картофеля фосфором способствует развитию более мощной корневой системы.

Только при оптимальном количестве фосфора в растении могут выполняться процессы фотосинтеза, образования сахара и превращения его в крахмал [170]. Наличие фосфора в растениях картофеля постепенно увеличивается в течение периода вегетации. Основная масса его переходит из листьев в молодые клубни, которые интенсивно используют его до самой уборки урожая [132] .

Действие фосфора находится в зависимости от обеспеченности другими элементами питания, в первую очередь, азотом [143].

Калий, в отличие от азота и фосфора, находится в растении в основном в ионной форма. С обеспечением растений калием связана интенсивность фотосинтеза. Установлено, что как недостаток, так и избыток калия в растении понижают фотосинтез [154].

Калий, в составе органических удобрений, повышает крахмалистость, устойчивость к механическим повреждениям, улучшает

лежкость, помогает растениям переносить засуху [192, 200, 8], играет существенную роль в водном питании растений: повышается тургор клеток, вследствие этого поддерживается внутреннее давление в тканях растения [18].

При недостатке калия происходит нарушение в развитии растения картофеля, корневая система развивается слабо, клубни вырастают мелких размеров и плохо сохраняются в зимний период. Действие калия зависит от формы содержащихся в почве азотных удобрений. При наличии нитратного азота действие калия проявляется слабо, при наличии аммонийного азота – сильно. При применении калийного удобрения, содержащего хлор, снижается крахмалистость клубней [150]. Калий повышает устойчивость растений и клубней картофеля к заболеваниям [179]. Действие элементов питания на культуру зависит от обеспеченности почвы прочими питательными веществами. Так фосфор и калий, в свою очередь, улучшают усвоение азота [131].

Калийное питание картофеля имеет большое значение как в период формирования ботвы, так и во время образования и роста клубней. Однако В. А. Сухоиванов (1970) отмечает, что если уровень калийного питания картофеля до бутонизации был достаточно высоким, то снижение его в последующем не оказывает существенного влияния на урожай клубней.

При использовании разных форм минеральных удобрений необходимо придерживаться следующих правил: азотные и фосфорные удобрения смешивают только в том случае, если они гранулированные, в противном случае их обязательно вносят раздельно; калийные удобрения всегда вносят отдельно [9].

Всеми исследователями признается роль навоза, способного улучшать плодородие почвы, ее физические свойства, микробиологическую активность и повышать урожай сельскохозяйственных культур [12, 131, 98, 12].

Наиболее эффективно действие навоза на урожай картофеля на песчаных и супесчаных почвах. Последействие навоза на урожай картофеля изменяется в обратном направлении прямому действию: оно более выражено на суглинистых почвах и слабо – на песчаных и супесчаных [71].

При совместном применении навоза и минеральных удобрений питательные вещества их используются растением лучше, чем при раздельном внесении [155]. При применении навоза совместно с

минеральными удобрениями получаются более высокие урожаи при меньших дозах этих удобрений, чем при раздельном их внесении [82] . Обусловлено это специфическими особенностями навоза и минеральных удобрений. Навоз, медленно разлагаясь, становится доступным в основном во втором периоде вегетации, а минеральные удобрения, являясь легко растворимыми и быстродействующими, активно используются в самые ранние сроки. Внесенные вместе они обеспечивают бесперебойное питание растений [11].

Научно обоснованное применение удобрений при возделывании картофеля гарантирует получение планируемого урожая и продукции хорошего качества при соблюдении требований защиты окружающей среды от загрязнения [135].

Основные факторы получения высоких урожаев картофеля при использовании различных технологий сводятся к следующему:

- подбор оптимальных по механическому составу почв;
- выбор оптимальных предшественников;
- использование высококачественного семенного материала лучших сортов;
- обеспечение достаточного и сбалансированного удобрения;
- создание оптимальных водно-физических свойств почвы посредством использования прогрессивных способов обработки;
- эффективная защита картофеля от вредителей, болезней и сорных растений.

Научные исследования и практика показывают, что различные способы возделывания картофеля могут обеспечивать получение одинаково высоких урожаев клубней. Выбор технологии определяется механическим составом почвы, погодными условиями, сортовым составом, характером засоренности и другими факторами [116].

Ведение сельского хозяйства должно быть организованно на строго научных принципах, с учётом экологических последствий. Закон экологического земледелия формируется так: антропогенное воздействие на почву, растение, на окружающую среду не должно превышать пределы, за которыми снижается производительность агроэкосистемы, нарушается устойчивость и стабильность её функционирования [24].

3. Устойчивость картофеля к фитотоксичности тяжелых металлов

Почва – это весьма специфический компонент биосферы, поскольку она не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество [75].

Почве принадлежит ведущая роль в функционировании биосферы. Пока почва устойчива, экологическая безопасность обеспечена. Утрата или необратимая деградация почвенного покрова может рассматриваться как гибель экосистемы [115].

Кроме того, по отношению непосредственно к человеку почва выполняет еще одну функцию – сельскохозяйственную [85]. Используя почвенные ресурсы человек, получает приблизительно 90 % продуктов питания, и чистота этих продуктов определяется свойствами почвы [168].

Одним из деградационных процессов, в результате, которого почва теряет свое плодородие, является загрязнение тяжелыми металлами [85].

Есть жизненно необходимые металлы для организмов. Например, цинк, железо, марганец, медь и др. Они присутствуют в теле животных и растений в ничтожно малых количествах и необходимы им в биохимических процессах (Глобальные экологические проблемы…, 2001), кроме того, они выполняют в тканях весьма ответственную роль катализаторов жизненно важных процессов. Когда же тяжелые металлы поступают в организм в избыточном количестве в качестве техногенных загрязнителей внешней среды, они могут накапливаться и вызывать токсические эффекты [157, 90] .

Тяжелые металлы делятся на две группы – «токсические» и микроэлементы, используемые в малых количествах в сельском хозяйстве [23, 29, 70].

Микроэлементы, поступающие из различных источников, попадают в конечном итоге на поверхность почвы, и их дальнейшая миграция зависит от ее механических, химических и физических свойств [75] . Микроэлементы необходимы растениям в относительно малых количествах. Их недостаток в почве, как и избыток,

приводит к снижению урожайности культурных растений, ухудшению качества сельскохозяйственной продукции, а в некоторых случаях является причиной эндемических заболеваний растений, животных и человека [139].

Токсическими называют металлы, которые не являются ни жизненно необходимыми, ни благотворными и даже в малых дозах приводят к нарушению нормальных метаболических функций [120].

Определенная аналогия биогеохимических свойств некоторых ТМ позволила сгруппировать их и выявить общие закономерности токсикологического воздействия на окружающую природную среду (табл. 3).

Таблица 3

Основные биогеохимические свойства тяжелых металлов [181]

Свойства	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb
Биохимическая активность	-	В	В	В	В	В	В
Токсичность	У	У	У	У	В	В	В
Канцерогенность	В	В	-	-	-	-	-
Обогащение глобальных аэрозолей	Н	Н	В	В	В	В	В
Минеральная форма распределения	В	Н	Н	Н	В	В	В
Органическая форма распределения	Н	Н	У	У	В	В	В
Подвижность	Н	Н	У	У	В	В	В
Тенденция к биоконцентрированию	В	В	У	У	В	В	В
Эффективность накопления	У	У	В	В	В	В	В
Комплексообразующая способность	Н	Н	В	В	У	У	Н
Склонность к гидролизу	Н	У	В	В	У	У	У
Растворимость	Н	Н	В	В	В	В	В
Время жизни	В	В	В	В	Н	Н	Н

Примечание. Группа токсикологического воздействия: В – высокая, У – умеренная, Н – низкая.

Металлы вообще и в особенности тяжелые металлы, крайне токсичны для клеток. Среди этой категории свинец, мышьяк, ртуть принадлежат к числу давно известных ядов [25].

Почва аккумулирует тяжелые металлы интенсивнее, чем атмосфера и природные воды [66] .

Аккумуляция токсических веществ почвой происходит в течение всего года. В первую очередь подвергаются воздействию загрязняющих веществ верхние корнеобитаемые горизонты почвы [184]. Элементы-токсиканты концентрируются в верхнем самом плодородном слое почвы (0-10 см) [66, 128, 171] . Однако после интенсивного накопления тяжелых металлов в верхних слоях почв, наступает период их миграции вниз по почвенному профилю. Этот процесс представляет большую опасность в связи с тем, что загрязнители становятся доступными растениям во всем корнеобитаемом слое [23] .

Вымыванию тяжелых металлов в нижние слои почвы способствует обилие осадков и низкое содержание гумуса в почве [39].

Тяжелые металлы попадают в почву вместе с удобрениями, в состав которых входят как примеси, а также с биоцидами. Техногенное поступление металлов в почве, закрепление их в гумусовых горизонтах и почвенном профиле в целом не может быть равномерным. Оно зависит от особенностей источников загрязнения, метеорологических особенностей региона, геохимических факторов и ландшафтной обстановки в целом [119, 93].

В таблице 4 представлены основные сельскохозяйственные источники загрязнения агроландшафтов тяжелым металлами.

Таблица 4

Сельскохозяйственные источники загрязнения почв тяжелыми металлами (мг/кг сухой массы) [101]

Элемент	Орошение сточными водами	Фосфатные удобрения	Известковые материалы	Азотные удобрения	Органические удобрения	Пестициды
Кадмий	2-1500	0,1-170	0,04-0,1	0,05-8,5	0,3-0,8	-
Кобальт	2-260	1-12	0,4-3,0	5,4-12	0,3-24	-
Медь	50-3300	1-300	2-125	1-15	2-60	12-50
Марганец	60-3900	40-2000	40-1200	-	30-550	-
Свинец	50-3000	7-225	20-1250	2-27	6,6-15	60
Цинк	700-4900	50-1450	10-450	1-42	15-250	1,3-25

Внесение удобрений в почву обеспечивает прибавки урожаев на 50 %, но не может не оказывать существенного влияния на химический состав почв, вод, растениеводческой продукции [101].

Необоснованное внесение минеральных и органических удобрений, орошение сточными водами, внесение известковых материалов и пестицидов опасно не только как источник загрязнения сельскохозяйственной продукции, почв и вод биофильными элементами, но и как дополнительный источник поступления в окружающую среду ТМ [122].

Исследования А. А. Поповой по определению валового содержания тяжелых металлов в минеральных, органических и известковых удобрениях показали, что в аммиачной селитре в незначительных количествах содержится кадмий, медь, в несколько больших – цинк и свинец (табл. 5).

Таблица 5

Среднее содержание тяжелых металлов в минеральных удобрениях, г/т д.в.

Удобрения	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr
Азотные	51	63	1,23	21	6,8	0,38
Фосфорные	122	164	3,6	34	92	121
Калийные	0,4	20	1,05	28	9,1	0,89
Все минеральные	59	77	1,62	26	30	33

Более высокое содержание кадмия в фосфорных удобрениях и хлористом калии, цинка – в навозе.

Среднее содержание тяжелых металлов в минеральных удобрениях приведено в таблице 6.

Таблица 6

Содержание тяжелых металлов в удобрениях и извести [176]

Удобрения	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni
Двойной суперфосфат	3,70	39,0	48,0	14,4	29,0
Фосфоритная мука	5,40	16,0	183,0	27,0	-
Хлористый калий	3,90	14,0	11,0	3,6	21,0
Мочевина	-	1,3	6,0	0,8	-
Аммиачная селитра	0,20	18,0	7,1	1,0	8,0
Известковая мука	0,18	28,0	22,0	6,3	24,0
Навоз	0,20	4,0	112,0	22,0	7,2

Загрязнение металлами может оказывать как прямое токсикологическое биохимическое действие, так и вести к деградации почв и ухудшению педохимических показателей [110]. Содержание подвижных соединений тяжелых металлов в почве является одним из важнейших показателей, влияющих на интенсивность водной миграции тяжелых металлов и их доступность растениям и, таким

образом, характеризует потенциальную опасность накопления их в почвах [10].

Тяжелые металлы легко накапливаются в почве, но с большим трудом и крайне медленно выводятся из нее [76].

К критической группе веществ – индикаторов стресса окружающей среды из тяжелых металлов относят ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, селен и фтор. Среди них особо опасные первые три элемента и ряд их соединений [119].

Тяжелые металлы способны поступать в растение, как через надземные, так и подземные органы.

Дальнейший транспорт тяжелых металлов в растении через корни может быть активным (или метаболическим) и пассивным (неметаболическим). В первом случае поглощение и перемещение ионов металлов осуществляется по системе, состоящей из протопластов клеток, связанных плазмодесмами. При пассивном транспорте ионы, достигнув поверхности корня, попадают в свободное пространство корня и далее с транспирационным током передвигаются по растению. С активным транспортом по растению передвигается часть металлов, которые выполняют некоторые биологические функции (медь, цинк, кобальт и др.), а также металлы, химически подобные необходимым элементам (кадмий является химическим аналогом цинка). Однако большая часть металлов, особенно те, которые не являются необходимыми для растений (свинец), перемещаются посредством диффузии.

Вступая в контакт с клеточными стенками и рядом минеральных и органических соединений, содержащихся в клетках, металлы осаждаются и теряют биологическую активность. В то же время при загрязнении почвы большим количеством металлов некоторая их часть способна миновать защитные системы растения и оказать на него токсическое воздействие [156].

Действие токсичных элементов на растения основано на следующих процессах:

- вмешательство в функционирование ферментных систем: тяжелые металлы за счет своего химического подобия могут замещать некоторые необходимые растениям элементы в составе ферментов, нарушая их работу (так, кадмий способен замещать цинк в составе цинксодержащих ферментов;

- нарушение баланса элементов питания в растении: тяжелые металлы могут реагировать с некоторыми жизненно важными

элементами (например, с фосфат-ионами), переводя их в нерастворимое состояние;

- конкуренция между ионами тяжелых металлов и необходимыми элементами за поступление в растение;

- изменение мембран, приводящее к нарушению ближнего и дальнего транспорта [199].

Результатом этого возможно проявление некоторых визуальных признаков токсичности. Основные признаки угнетения растений под влиянием токсикантов неспецифичны и проявляются в основном в снижении всхожести семян, замедленном росте, ненормальном развитии корневых систем, хлорозе, увядании, гибели растений [156].

Токсическое воздействие на клетки растений вызывает последовательность взаимосвязанных функциональных нарушений и может идти одним или несколькими путями (рис. 1).

Подвижность металлов в почве также в значительной степени влияет на степень опасности элемента: чем более он подвижен, тем легче он поступает в почвенный раствор и проникает в растения.

Высокой подвижностью в почве обладают кадмий, ртуть, мышьяк. Малоподвижны и, следовательно, менее опасны свинец, медь, никель и некоторые другие металлы.

Рассмотрим более подробно значение для растений отдельных элементов.

Железо относится к «природным элементам», т.е. к элементам преимущественно природного происхождения с относительно высокими кларками содержания в почвах [104].

Фитотоксичность железа ниже, чем у других тяжелых металлов, она возрастает при повышении кислотности почв. Железом богаты все почвы. Гидратированных окислов железа содержится много даже в подзолах.

Но все же на некоторых карбонатных южных почвах из-за недоступности этого элемента растения страдают хлорозом (желтизна листьев).

В сильнощелочной среде окислы железа становятся нерастворимыми и не поступают в растения, вследствие чего, они заболевают [45].

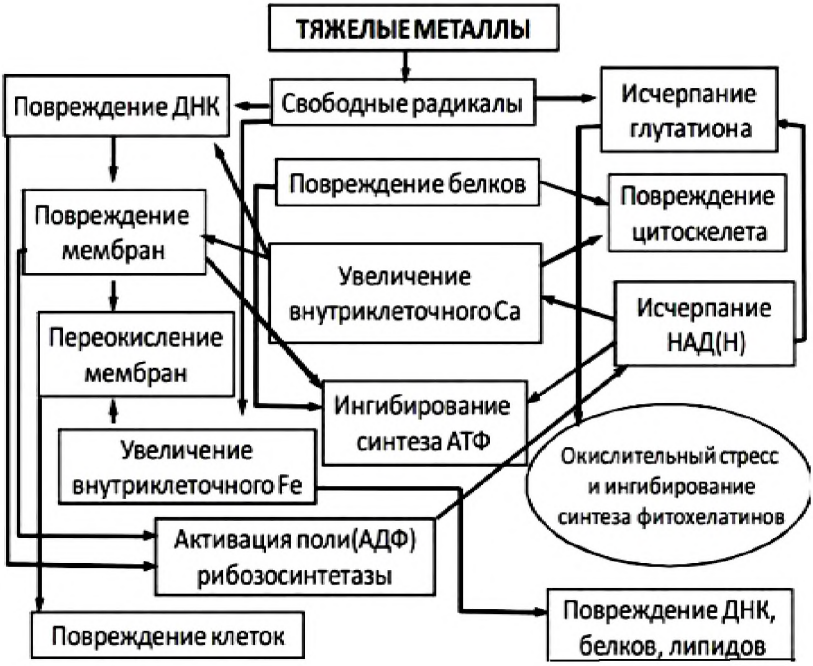


Рис. 1. Механизм фитотоксичности тяжелых металлов [44]

К «природным элементам» относится также марганец. В растениях он участвует в окислительно-восстановительных процессах. При его недостатке в растительном организме замедляются химические реакции, а следовательно, и синтез органических веществ. Наиболее подвижная форма марганцовых соединений – двухвалентный обменный марганец [45]. Оксиды и гидроксиды марганца осаждаются на почвенных частицах в виде концентрических конкреций, которые содержат железо и некоторые другие микроэлементы. Концентрация ионов марганца зависит от равновесия окислительно-восстановительной системы почвы и реакции среды. С увеличением кислотности в хорошо дренируемых почвах растворимость марганца возрастает [75, 122].

В отличие от Fe и Mn, которые относятся к так называемым «природным элементам», Zn, Pb, Cu и Ni относятся к «техногенным элементам», т.е. элементам с существенным техногенным привнесением в окружающую среду [104] .

Одним из наиболее токсичных элементов является свинец, его фоновая концентрация в почве колеблется от 0,1 до 2,0 мг/кг [148]. Он негативно действует на фотосинтез, деление клеток, поглощение воды, инактивирует дыхание, нарушает обмен веществ, является ингибитором ряда ферментов, в т.ч. содержащих –SH группы, снижает доступность фосфора, калия, кальция, железа и марганца [75, 151]. Отрицательно влияет он и на биологическую деятельность в почве, снижая численность микроорганизмов, ингибируя активность многих почвенных ферментов и ферментов бактерий [175, 182].

В природных условиях свинец присутствует во всех растениях, нормальное содержание в подземных органах трав определено в интервале от 1,5 до 14,0 мг/кг сухого вещества. Однако в растениях, растущих на загрязненных большими количествами свинца почвах, происходит его накопление [105].

Свинец в основном накапливается в корнях, но в условиях его высокой концентрации – и в листьях [22].

В подзолистых почвах возможна миграция свинца из верхних горизонтов в нижние. Однако при наличии гумусированных горизонтов свинец почти полностью закрепляется в них. Механизм фиксации зависит от кислотности среды. Основным способом фиксации является координационное связывание свинца структурными компонентами органического вещества, обладающими свободной парой электронов. Помимо гумуса в фиксации свинца участвуют глинистые минералы. В суглинистых почвах свинец удерживается достаточно прочно [53, 60, 62].

Отрицательное действие свинца при равном его содержании сильнее проявляется в почвах легкого механического состава [75, 148, 151] .

Кадмий не является необходимым элементом и растения не страдают от его отсутствия, хотя иногда он может выполнять роль стимулятора. В одном из опытов было обнаружено возрастание в растении содержания витамина С, если содержание элемента в почве не превышало 10 мг/кг [172].

Небольшие дозы кадмия могут приводить даже к некоторому повышению урожайности сельскохозяйственных культур. В одной из работ указывается на повышение урожайности свеклы и моркови при начальной дозе кадмия 0,5 мг/кг почвы [64]. Авторы

связывают этот факт со стимуляцией данным элементом процессов биосинтеза.

При повышенном содержании кадмия в почве наблюдается та же закономерность распределения элемента по органам, как и в отношении других металлов: преимущественное накопление отмечается в корнях, наименьшее – в генеративных и запасающих органах. Однако необходимо учитывать, что кадмий более токсичен для человека, чем для растений и его фитотоксичность проявляется при концентрации в почве, редко встречающейся даже в промышленных ландшафтах (более 50 мг/кг в дерново-подзолистой почве). Однако вредное для человека содержание кадмия в продукции неопасно для растения и отмечается еще до того, как начинают работать защитные системы растения. Ситуация усугубляется тем, что кадмий, будучи химическим аналогом необходимого растениям цинка, может поглощаться метаболическим путем. При этом резкой дифференциации кадмия по органам растения может не происходить [156].

Токсическое воздействие кадмия на растения связано с тем, что он подавляет активность ферментов фосфатазы, каталазы, оксидазы, дегидрогеназы, рибонуклеазы, связанных с дыханием и другими физиологическими процессами; подавляет активность протеиназ и пептидаз, участвующих в белковом обмене. Кадмий взаимодействует с клеточными мембранами, изменяя их проницаемость и вызывая разрывы.

При высоком содержании элемента в почве происходит торможение роста корней за счет снижения величины и скорости растяжения клеток [117]. Замещение цинка на кадмий в ферментах вызывает цинковую недостаточность.

Поскольку кадмий является антагонистом ионов кальция, магния, железа, цинка, а также образует труднорастворимые фосфаты в корнях, он может вызывать дефицит вышеназванных элементов с соответствующими визуальными признаками [173, 174].

Цинк и медь менее токсичны, чем свинец или кадмий, но избыточное их количество, угнетающе действует на рост микроорганизмов, снижает урожай растений [57] .

Цинк является необходимым растениям элементом. Он входит в состав около 70 цинксодержащих ферментов, включая карбоангидразу, дегидрогеназы, щелочную фосфатазу; участвует в метаболизме нуклеиновых кислот и клеточном делении. Недостаток цинка

нарушает процессы, связанные с вышеназванными ферментами [156].

При высоких концентрациях цинка в почве его накопление в растениях строго дифференцировано: в корнях аккумулируется около 90% элемента.

При избытке цинка в растениях нарушается ряд биохимических процессов. Поскольку цинк является антагонистом кальция, а также способен образовывать с фосфором малорастворимые соли, растение может испытывать дефицит этих элементов с характерными признаками кальциевого и фосфорного голодания [174].

В почвах наиболее подвижен ион Zn^{2+}, но могут присутствовать и другие его ионные формы. В кислой среде цинк адсорбируется по катионно-обменному механизму, в щелочной среде – в результате хемосорбции. При низких значениях pH (менее 6) подвижность Zn^{2+} возрастает, что приводит к его выщелачиванию в водной среде. При возрастании органических веществ в почве повышается ее pH, что влияет на связывание цинка и переход его в органические комплексы, поэтому в большинстве случаев он накапливается в горизонтах почв с высоким содержанием гумуса [75] .

Медь является необходимым и незаменимым элементом для жизни растений. Она является активатором отдельных ферментов и ферментных систем, связанных с окислительно-восстановительными реакциями хлоропластов (пластоцианин – функционирует как переносчик электронов при фотосинтезе), содержится во многих медьсодержащих белках (аскорбат- и полифенолоксидазе, участвующих в метаболизме фенольных соединений [188]. Установлено, что медь активирует реакцию восстановления нитритов, фиксацию молекулярного азота. Недостаток меди не оказывает влияния на синтез растворимых соединений азота (аминокислоты, амиды), но тормозит синтез белковых соединений.

При недостатке меди больше страдают молодые органы, поскольку медь не мобилизуется из более старых органов.

Недостаток меди вызывает хлороз листьев, потерю ими тургора, увядание, задержку стеблевания и слабое образование семян. Как правило, медное голодание проявляется у зерновых (пшеница, овес, ячмень) и плодовых (груша, яблоня, слива, цитрусовые) культур [100].

При сильном загрязнении почв медью проявляется характерное для большинства тяжелых металлов распределение элемента по

органам: большая его часть аккумулируется в корнях. При небольшом загрязнении дифференциация не столь заметна, что связано с биологической важностью меди для растений и способностью регулировать ее поглощение.

Токсичность меди связана с подавлением активности ферментов фосфатазы, каталазы, оксидазы, рибонуклеазы. Элемент взаимодействует с клеточными мембранами, изменяя их проницаемость и вызывая разрывы. Медь является антагонистом ряда необходимых элементов (цинк, железо, кальций) и может вызвать их недостаточность [156].

Симптомы медной токсичности обычно проявляются, когда содержание элемента в растениях превышает 20-30 мг/кг сухой массы

Типичными признаками фитотоксичности меди являются хлороз, задержка роста побегов, ненормальное развитие корневой системы, увядание растения. Хлороз может быть связан с недостатком железа (медь – антагонист железа). Избыток меди снижает рост корня, развитие корневого чехлика становится ненормальным, его удлинение замедляется. В результате растение теряет способность усваивать элементы питания и воду [21].

В почве катионы меди взаимодействуют с органическими и минеральными соединениями и могут осаждаться такими анионами как сульфид, карбонат и гидроксид. Поэтому медь является малоподвижным элементом в почвах, представленным главным образом валовой формой [75].

Сопротивляемость некислой тяжелой почвы с высоким содержанием органического вещества в несколько раз выше, чем у легкой песчаной кислой почвы. Суглинистые нейтральные почвы могут накапливать большое количество микроэлементов с меньшей степенью риска для среды. Однако общая химическая неустойчивость таких почв обычно приводит к пониженной биологической активности, падению и росту pH и в последующем – к деградации органоминеральных комплексов [75].

Влияние токсичных концентраций некоторых ТМ на растения приведено в таблице 7.

Изучение чувствительности растений к действию поллютантов имеет особое практическое значение. С одной стороны необходимо выявить растения, наиболее чувствительные к загрязнению почв, для определения опасного уровня загрязнения последних, а с другой стороны, необходимо найти наиболее устойчивые к

токсикантам культуры с целью безопасного использования загрязненных почв [133].

Таблица 7

Влияние токсичных концентраций некоторых тяжелых металлов на растения [148, 67, 75]

Элемент	Концентрация в почве, мг/кг	Реакция растений на повышенные концентрации ТМ
Pb	100-500	Ингибирование дыхания и подавление процесса фотосинтеза, иногда увеличение содержания кадмия и снижение поступления цинка, кальция, фосфора, серы, снижение урожайности, ухудшение качества растениеводческой продукции. Внешние симптомы – появление темно-зеленых листьев, скручивание старых листьев, чахлая листва
Cd	1-13	Нарушение активности ферментов, процессов транспирации и фиксации CO_2, торможение фотосинтеза, ингибирование биологического восстановления NO_2 до NO, затруднение поступления и метаболизма в растениях ряда элементов питания. Внешние симптомы – задержка роста, повреждение корневой системы, хлороз листьев.
Zn	140-250	Хлороз молодых листьев

Механизмы устойчивости растений к избытку тяжелых металлов могут проявляться по разным направлениям: одни виды способны накапливать высокие их концентрации, но проявлять к ним толерантность; другие стремятся снизить их поступление путем максимального использования своих барьерных функций. Для большинства растений первым барьерным уровнем являются корни, где задерживается наибольшее количество тяжелых металлов, следующий – стебли и листья, и, наконец, последний – органы и части растений, отвечающие за воспроизводительные функции (чаще всего семена и плоды, а также корне- и клубнеплоды и др.) [2, 67].

Однако не всегда эти закономерности повторяются, что, вероятно, связано с условиями произрастания растений и их генетической спецификой. Отмечаются случаи, когда разные сорта одной культуры, произрастающие на одинаково загрязненной почве содержали различное количество тяжелых металлов. Данный факт, по-видимому, обусловлен присущим всем живым организмам внутривидовым полиморфизмом, способным проявить себя и при техногенном загрязнении природной среды. Это свойство у растений

может стать основой генетико-селекционных исследований с целью создания сортов с повышенными защитными возможностями по отношению к избыточным концентрациям тяжелых металлов [67]. Несмотря на существенную изменчивость различных растений к накоплению тяжелых металлов, биоаккумуляция элементов имеет определенную тенденцию, позволяющую упорядочить их в несколько групп:

1) Cd, Cs, Rb – элементы интенсивного поглощения;
2) Zn, Mo, Cu, Pb, As, Co – средней степени поглощения;
3) Mn, Ni, Cr – слабого поглощения;
4) Se, Fe, Ba, Te – элементы, труднодоступные растениям [2, 1].

Отрицательное влияние избыточного содержания тяжелых металлов в почвах двояко проявляется на растениях. Во-первых, угнетается рост и развитие растений и, как следствие, частичная или полная потеря урожая. Во- вторых, из-за избыточного накопления тяжелых металлов в товарной продукции она становится непригодной в пищу человека или на корм скоту. На практике приходится сталкиваться с ситуацией, когда внешние признаки угнетения растений (хлороз и некрозы листьев и стеблей) отсутствуют, в то время как уровень металлов в растительных тканях довольно высок [160].

Согласно классификациям [190, 149, 124], по способности аккумулировать тяжелые металлы выделены три группы растений: исключатели – содержат низкое содержание металлов в надземных органах, определяющееся барьерной функцией эндодермы корня; индифферентные – не накапливают металлы в органах и тканях, независимо от их содержания в окружающей среде; аккумуляторы – интенсивно накапливающие тяжелые металлы в надземных органах, как при низком, так и при высоком содержании в почве [190, 149, 124].

Исследования показали, что различия в содержании тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах определяется их биологическими особенностями. Средневзвешенное содержание тяжелых металлов в растениях пропашной группы на 39,5% выше, чем зерновой и на 6,9% выше, чем в бобовых культурах [95].

По накоплению тяжелых металлов в овощных культурах А. П. Карпова, П. А. Салмина, В. С. Шевченко (1996) располагают их в следующем порядке:

укроп >картофель >свекла >лук >морковь – по цинку;

укроп >лук, свекла >морковь >картофель – меди;

укроп >лук, свекла >картофель >морковь – кадмию и свинцу.

Колосов П. Т. (1995) отмечает, что угнетение растений картофеля наблюдается уже в начальные фазы развития. На загрязненных почвах растения отстают в росте и развитии; зафиксировано отсутствие цветения картофеля, куст развивается слабый. Исследования показали, что на загрязненных медью почвах количество этого элемента в клубнях превышает санитарно-допустимые нормы.

Анализируя данные ряда исследователей по содержанию тяжелых металлов в овощах и картофеле, В. Б. Ильин (1994) дает следующую группировку (табл. 8).

Таблица 8

Группировка огородных культур по степени защищенности от тяжелых металлов (В. Б. Ильин, 1994)

Степень защищенности		
Высокая	Средняя	Низкая
Капуста, морковь	Картофель, морковь, лук	Свекла, зеленные культуры

Важную роль в формировании депо питательных элементов, в том числе и тяжелых металлов, играют удобрения. Поэтому длительное и в больших дозах применение удобрений сопряжено с риском увеличить содержание тяжелых металлов как в почве, так и растениях [41, 63, 65, 189].

4. Агрохимические приемы, снижающие фитотоксичность тяжелых металлов

Почва как природное тело обладает определенной способностью к самоочищению: поступающие в нее материалы антропогенного происхождения с течением времени разрушаются и разлагаются. При небольшом загрязнении тяжелыми металлами почва способна переводить их в малотоксичную форму, делая тем самым безопасным существование почвенной биоты и возделывание сельскохозяйственных культур [69, 72].

Несмотря на защитные свойства почвы, существуют пределы и уровни техногенного воздействия на окружающую среду, превышение которых приводит к необратимым последствиям [125] .

Природные процессы самоочищения почв, загрязненных тяжелыми металлами, очень длительны и возможны только до определенного уровня содержания металлов в почве [28] .

При увеличении техногенного загрязнения снижается самоочищающая способность почв за счет изменения структуры микробного ценоза. При этом появляются виды и группы организмов, продуцирующие токсические вещества, то есть почва сама становится источником ядов. В этом случае получение экологически чистой продукции становится проблематичным [89].

Все приемы снижения фитотоксичности почв можно подразделить на предупредительные и способствующие ликвидации уже существующего загрязнения. Основное мероприятие по защите почв и растений от загрязнения тяжелыми металлами – предотвращение загрязнения, которое базируется на совершенствовании технологий производства, создании замкнутых технологических систем, на контроле внесения в почву отходов промышленности в качестве удобрений и мелиорантов [178].

Помимо предупредительных мер, большое значение имеют меры по ликвидации уже существующего загрязнения, подразумевающие использование материалов, связывающих тяжелые металлы в недоступную растениям форму.

Загрязнение почв тяжелыми металлами относится к необратимым видам деградации. Практически невозможно снизить валовое содержание тяжелых металлов в загрязненных почвах. Однако, можно значительно снизить их подвижность и сделать менее

доступными для растений. Среди основных приемов детоксикации и рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами, выделяют известкование, внесение органических и минеральных удобрений, применение цеолитов, глинование, подбор устойчивых сельскохозяйственных растений, снижающих подвижность тяжелых металлов, закрепляющих их в почве. Это приводит к уменьшению их доступности для растений, снижению токсичности и сокращению их накоплений в биомассе растений [54, 55].

При этом происходит нейтрализация среды и образование коллоидов гидроксидов тяжелых металлов, находящихся в почвенном растворе. Одновременно активизируется деятельность бактериальной микрофлоры, существенно возрастает биомасса микроорганизмов, часть которых может включать металлы в состав своего тела. Усиливается процесс биологического поглощения металлов и, если он интенсивнее процесса минерализации органического вещества, наблюдается снижение подвижности металлов.

Наиболее эффективно совместное внесение извести и минеральных удобрений, так как минеральные удобрения компенсируют отрицательное воздействие избытка тяжелых металлов, а известкование приводит к образованию менее подвижных соединений металлов и, как следствие, к значительному уменьшению содержания этих элементов в растениях. В результате нейтрализации железо, алюминий, марганец, содержащиеся в кислой среде в подвижном состоянии, превращаются в нерастворимые гидроксиды, образующие коллоиды, которые адсорбируют тяжелые металлы. Реакции взаимодействия протекают также в виде ионного обмена, соосаждения и окклюзии. Несмотря на разногласия в том, какой процесс преимущественно контролирует подвижность ТМ в почвах, адсорбция – поглощение ионов тяжелых металлов или образование труднорастворимых соединений, наблюдения разных авторов показывают, что они наименее подвижны при нейтральной и слабощелочной реакции среды.

Известкование почвы приводит к снижению подвижности тяжелых металлов за счет образования труднорастворимых соединений, а также сорбции их оксидами и гидроксидами железа и марганца. Наибольший эффект обеспечивает внесение только очень высокой дозы извести, соответствующей 30 т/га $CaCO_3$. Снижение поступления ТМ в растения под влиянием известкования наблюдается вплоть до применения дозы известковой муки,

соответствующей 40 т/га $CaCO_3$. Положительное влияние известкования как детоксиканта может проявляться и в почвах с оптимальной для роста и развития растений реакцией среды. При достижении с помощью известкования реакции почвенного раствора в интервале pH 6,0-6,5 большинство ТМ образуют труднорастворимые соединения в виде карбонатов. Одновременно резко возрастает содержание водорастворимого и обменного кальция, в результате чего уменьшается способность корневой системы растений к поглощению ряда металлов [123].

На черноземах обыкновенных к наиболее эффективным и малозатратным агроприемам, повышающим насыщение почвенно-поглощающего комплекса кальцием и блокирование подвижности ТМ, относятся кальцийсодержащие соединения (карбонат кальция, дефекат, фосфогипс, внесенные по 5 т/га за ротацию севооборота).

Кроме химических превращений при известковании почв, сопровождающихся изменением валентности и подвижности металлов, их фитотоксичности, транслокации в растения, существуют другие механизмы. Они влияют на поведение металлов в системе почва-растение, из которых на первое место выступает живой организм. Например, обнаружено, что корневые выделения растений семейства злаковых способны переводить некоторые металлы из неподвижных в очень подвижные соединения. По всей вероятности, это связано с органоминеральными комплексами. Уменьшение кислотности почвы способствует усилению поглощения ТМ дикорастущими и луговыми растениями [1]. Есть виды растений, обладающие супераккумулятивными способностями по отношению к определенным тяжелым металлам. Они могут быть использованы для выращивания с целью очистки загрязненных почв от элементов, представляющих опасность при употреблении в пищу животными и человеком. Этот прием получил название фиторемедиация. Растение-фиторемедиатор, кроме супер аккумулирующей способности, должно развивать большую вегетативную массу и иметь высокий биологический коэффициент поглощения металлов в широком интервале pH. Очистка почв с помощью растений эффективна, когда уровень загрязнения невысок, а элемент-загрязнитель представляет большую опасность для пищевых целей и имеет низкие уровни допустимых концентраций для почвы и продуктов питания. По данным Ю. В. Алексеева и И. П. Лепковича [1], такие растения как одуванчик, лютик едкий, клеверползучий на кислой почве содержали

кадмия больше, чем на почве нейтральной, несмотря на то, что этого элемента в кислой почве было вдвое меньше, чем в слабокислой. Среди культурных средоулучшителей, в первую очередь, используются многолетние бобовые травы и их смеси со злаковыми.

Важное место в детоксикации тяжелых металлов отводится органическим удобрениям. Они являются не только источником элементов питания, но и ощутимо улучшают физическое состояние почв. Биологически активные органические удобрения (экскременты животных), и биологически инертные (торф и компосты) выступают как хорошие адсорбенты катионов и анионов, повышают буферность почвы, понижают концентрацию солей в почве за счет значительной реакционной способности, обусловленной высокой емкостью обмена. Например, емкость катионного обмена гуминовой кислоты по свинцу достигает 400 мг-экв./100 г почвы [17, 20, 69]. Ионы тяжелых металлов образуют соединения с рядом органических веществ: оксалатами, аминокислотами, гуминовыми кислотами и пр. Большая часть приходится на фульвокислоты и лишь 1,3% – на гуматы. Связь тяжелых металлов с гумусом может осуществляться путем ионного обмена, комплексообразования и адсорбции. Основным механизмом фиксации свинца является координационное связывание элемента структурными компонентами органического вещества, образующими гуматы, фульваты, комплексные соли, адсорбционные и хемосорбционные комплексы на поверхности твердых частиц. Катионы тяжелых металлов частично входят во внутреннюю сферу комплексной соли, оказываясь в составе анионной части молекулы, и становятся не способными к обмену. Обычно устойчивость комплексов ТМ-ГК и ТМ-ФК возрастает с увеличением pH. Прочность адсорбции металлов гумусовыми кислотами увеличивается с повышением степени гумификации. Адсорбционные комплексы прочны и разрушаются лишь при сильнокислой или сильнощелочной реакции среды [60, 84, 183] .

Таким образом, при внесении органических удобрений в загрязненную почву можно ожидать уменьшения подвижности тяжелых металлов вследствие образования органоминеральных соединений, обладающих низкой растворимостью. На подвижность тяжелых металлов влияет степень разложения органических удобрений. Внесение в почву неразложившейся и слаборазложившейся соломы повышало подвижность тяжелых металлов при pH = 8,

а при pH = 4-7 наблюдалась иммобилизация. Увеличение подвижности тяжелых металлов можно объяснить образованием водорастворимых низкомолекулярных органических комплексов. Затем, по мере разложения органического вещества, начинает проявляться иммобилизирующий эффект за счет образования более прочно связанных соединений тяжелых металлов с органическим веществом [20, 59] .

Большое влияние на подвижность тяжелых металлов и их доступность растениям оказывает минералогический и гранулометрический состав почв. Степень влияния металлов на почву зависит от ее буферной способности и сорбционных свойств. Тяжелые по гранулометрическому составу почвы, содержащие много органического вещества и обладающие вследствие этого высокой сорбционной способностью, поглощают значительную часть ксенобиотиков, которые становятся недоступными, безвредными для растений. В песчаных и супесчаных малогумусных почвах отрицательное влияние тяжелых металлов проявляется сильнее. Поэтому хорошие результаты по детоксикации тяжелых металлов дает глинование – внесение глинистых минералов в почвы легкого гранулометрического состава. Использование монтмориллонита и вермикулита в качестве поглотителей тяжелых металлов связано с их высокой емкостью поглощения (емкость поглощения монтомориллонита по свинцу достигает 100 мг-экв./100 г). Прочность связи глинистых минералов с ТМ возрастает от каолинита к монтмориллониту и зависит не только от особенностей глинистых минералов, но и от свойств самих тяжелых металлов. Установлено, что прочность фиксации убывает в ряду: $Pb^{2+} > Zn^{2+} > Cd^{2+}$ [50, 51] .

Для снижения фитотоксичности тяжелых металлов можно использовать искусственные или природные мелиоранты. Среди последних природные цеолиты (кристаллические гидроалюмосиликаты каркасного строения, включающие полости и каналы молекулярного размера, занятые подвижными катионами и молекулами воды). Эти соединения являются мелиорантами, хорошими сорбентами веществ, источниками элементов питания растений. Высокая селективность цеолитов по отношению к тяжелым металлам позволяет поглощать медь, цинк, свинец, кобальт, никель, железо, марганец из сточных вод и загрязненных почв (Химическое загрязнение…, 1991).

Необходимым мероприятием по снижению накопления ТМ в почве является введение в полевые севообороты многолетних трав, способных повысить содержание гумуса, обогатить почву азотом [68, 69]. Кроме физических и химических приемов по восстановлению загрязненных ТМ почв, применяют агротехнические приемы [125]. Глубокая вспашка способствует разбавлению верхних загрязненных горизонтов почвы и снижению массовой доли загрязняющего химического вещества.

В экстремальных случаях техногенное воздействие вызывает такое глубокое изменение свойств почвы, что рекультивация возможна только в случае создания нового почвенного слоя. Это наиболее радикальная мера борьбы с загрязнением почв – удаление поверхностного загрязненного слоя, покрытие его незагрязненным мощным слоем, исключающим перемещение металлов из почвы в растения. Такой способ является весьма дорогостоящим и его следует применять при содержании тяжелых металлов в почвах, превышающих установленные нормативы ПДК в 100 и более раз.

В условиях комплексного антропогенного воздействия на окружающую среду важную роль приобретает всесторонняя оценка эколого-токсикологического состояния природных объектов. Для производства экологически безопасной продукции растениеводства необходимо создание таких условий возделывания сельскохозяйственных культур, при которых поступление в культурное растение ксенобиотиков сводилось бы к допустимому минимуму или совсем не происходило [99]. Основой деятельности человека в современных условиях становится принцип экологической рациональности, включающий разработку и практическое использование систем, технологий и способов, обеспечивающих получение экологически безопасной продукции растениеводства и животноводства. В связи с этим возникает реальная необходимость разработки стратегии регуляции уровня ТМ в системе атмосфера-почва-вода-растения-животные-человек, базирующейся на взаимосвязанных и взаимообусловленных процессах их круговорота. Получение экологически безопасной продукции в регионах с развитой промышленностью или транспортом требует всесторонней оценки факторов формирования депо тяжелых металлов в экосистемах [105].

5. Природно-климатические и погодные условия возделывания картофеля

Приволжский район расположен в юго-западной части Самарской области. По природно-сельскохозяйственному районированию страны данная территория относится к степной зоне Заволжской провинции равнинно-волнистому суглинистому обыкновенно-южно-черноземному округу низменно степному Заволжскому району.

Согласно агроклиматическому районированию Самарской области, территория района относится к III агроклиматическому району, характеризующемуся значительными колебаниями суточных и среднегодовых температур, неустойчивостью и недостатком атмосферных осадков, достатком света и тепла [138].

Среднегодовое количество осадков составляет 475 мм (период с 2011-2015 гг.), наименьшее количество осадков наблюдалось в 2014 г. (398 мм), наибольше количество осадков было в 2011 г. (591 мм). За вегетационный период выпадает в среднем 224 мм (рис. 2).

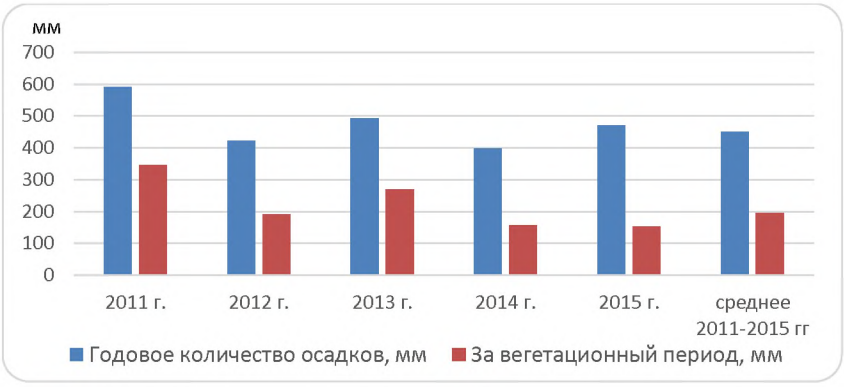


Рис. 2. Распределение количества осадков по годам исследований (2011-2014 гг.) и за вегетационный период развития картофеля

Среднемноголетняя температура воздуха +6,05ºС, за вегетационный период +18,74ºС (рис. 3).

Среднемесячная температура воздуха в летние месяцы +20,8°С, в зимние месяцы – 10,1°С.



Рис. 3. Распределение температуры воздуха по годам и за вегетационный период

Основные показатели, определяющие погодные условия за время проведения экспериментальных работ, включая производственный опыт, приведены на рисунках 4, 5 и таблице 9.

Сумма активных температур колебалась от 2799 °С до 2945°С. Средняя температура вегетационного периода 18,38-19,52°С, среднее количество осадков, приходящееся на вегетационный период 32-69 мм (табл. 9).

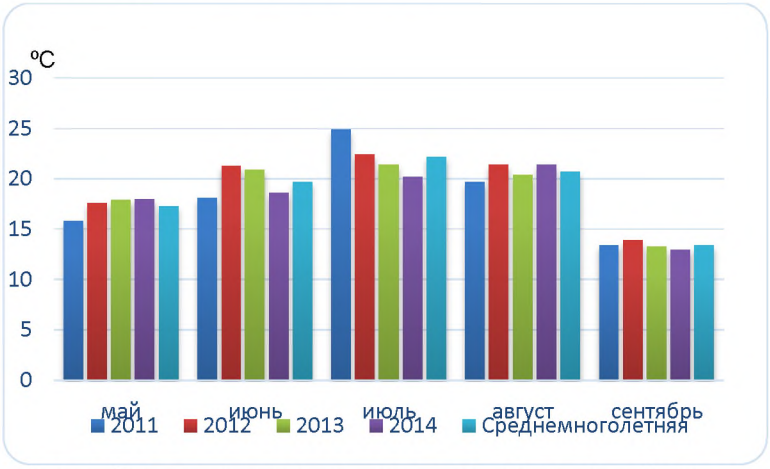


Рис. 4. Средняя температура воздуха за вегетационный период в 2011-2014 гг., °С

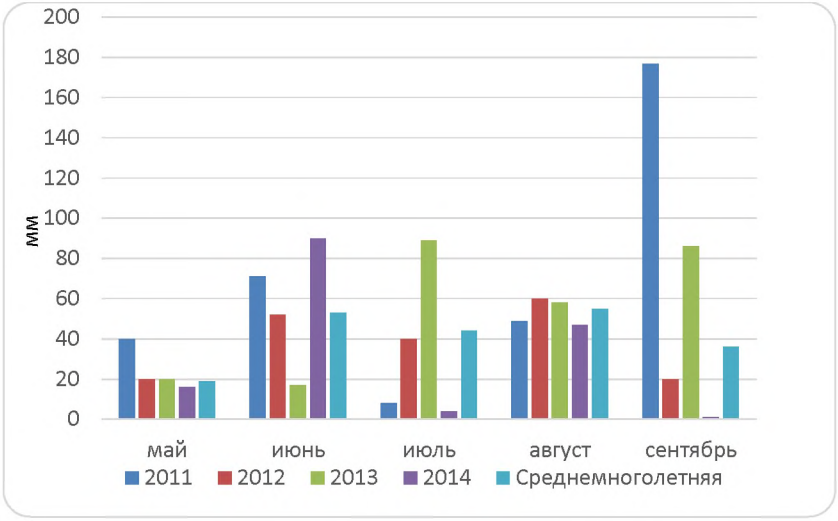


Рис. 5. Количество осадков за вегетационный период в 2011-2014 гг., мм

Таблица 9

Среднемесячная температура воздуха (числитель), °С, и количество осадков (знаменатель), мм, за вегетационный период

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	За вегетационный период
2011	15,8 / 40	18,1 / 71	24,9 / 8	19,7 / 49	13,4 / 177	18,38 / 69
2012	18,0 / 20	21,3 / 52	22,6 / 40	21,9 / 60	13,8 / 20	19,52 / 38
2013	17,8 / 20	21,3 / 17	21,8 / 89	20,5 / 58	13,1 / 86	18,9 / 54
2014	18,4 / 16	19,2 / 90	20,2 / 4	21,4 / 47	13,7 / 1	18,6 / 32

Наиболее благоприятным годом для культивирования картофеля по влагообеспеченности были 2011 г. и 2013 г. – гидротермические коэффициенты вегетационного периода (ГТК) – 1,3 и 1,06, соответственно, растения были достаточно обеспечены влагой, в 2012 г. и 2014 г. влагообеспеченность территории была значительно ниже ГТК 0,64 и 0,54, соответственно. Высокая сумма активных температур, преимущественно малое количество осадков в вегетационный период, и низкая влагообеспеченность, еще раз

подтверждает, что участки исследования находятся в зоне рискованного земледелия, и для получения высоких и стабильных урожаев картофеля необходимо применять орошение.

В течение года наблюдаются ветры различных направлений, преобладающими являются юго-восточные ветра со скоростью 2-15 метров в секунду.

Заморозки (температура воздуха больше 0°С) – 25-29 октября. Появление устойчивого снежного покрова наблюдается с 10 ноября – декабрь, иногда в январе. Снежный покров лежит менее 140 дней, высота его около 30 см.

Район относится к зоне недостаточного увлажнения, почвенные и атмосферные засухи наблюдаются чаще всего в июне-августе. Характерной особенностью являются частые заморозки в мае. Безморозный период длится 240-245 дней. Средняя продолжительность ледопокрова 150 дней, глубина промерзания до 150 см.

К числу неблагоприятных явлений погоды, имеющих место на территории района, относятся почвенные и атмосферные засухи, суховеи, заморозки, град, ливни, сильные ветры, пыльные бури, что наносит вред формированию урожая.

Наличие крупного Саратовского водохранилища оказывает смягчающее влияние на температурный и влажностный режим прилегающей территории, создавая здесь свой микроклимат [138] .

В геоморфологическом отношении западная и северная части района представлены довольно широкой 1-й надпойменной террасой, а восточная часть района 2-й надпойменной террасой реки Волги. В целом слабоволнисто-равнинные террасы изобилуют болотами, озерами, вытянутыми понижениями и гривами. Особенно выделяется 1-я надпойменная терраса, на которой, кроме того, распространены плоские депрессионные понижения.

Основными факторами, формирующими развитие сельскохозяйственного производства, выступают почвы и климатические условия: континентальный климат, преобладающее число ясных и малооблачных дней в году, жаркое и сухое лето, холодная и малоснежная зима, короткая весна и непродолжительная осень, большая вероятность весенних и осенних заморозков.

На основе учета неравномерности выпадения осадков по временам года и типов почв определяется отраслевая специализация.

В соответствии с ней Самарская область делится на три сельскохозяйственные зоны: северную, центральную и южную.

Приволжский район относится к южной зоне, которая отличается значительным количеством тепла и недостатком влаги. Здесь хорошо растут пшеница, просо, подсолнечник.

Пахотные угодья в основном приурочены к нерасчлененным вершинным поверхностям междуречий и водораздельных пространств балок и оврагов, а так же плоским надпойменным террасам рек и полого-наклонным террасовидным склонам.

Почвенный покров представлен преимущественно черноземами обыкновенными остаточно-луговатыми, а также лугово-черноземными почвами. Почвообразующими породами для них являются древнеаллювиальные легкие и средние суглинки.

6. Агротехника выращивания картофеля в условиях орошения на примере четырехпольного севооборота

Для получения данных о процессах происходящих в почве и растениях при применении органоминеральной системы удобрений и влияние ее на накопление тяжелых металлов в агроценозах картофеля в условиях степной зоны Среднего Поволжья необходимо опираться на результаты почвенного обследования производственных плантаций картофеля на полях находящиеся в севообороте (рис. 6-8). Почвенное обследование проводится ежегодно в течении ряда лет (2011-2014 гг.) с отбором почвенных и растительных образцов и с обязательной привязкой к почвенной разновидности и сортовому ассортименту плантации картофеля, кроме того используются имеющиеся фондовые данные последнего периода исследования (2003 г.).

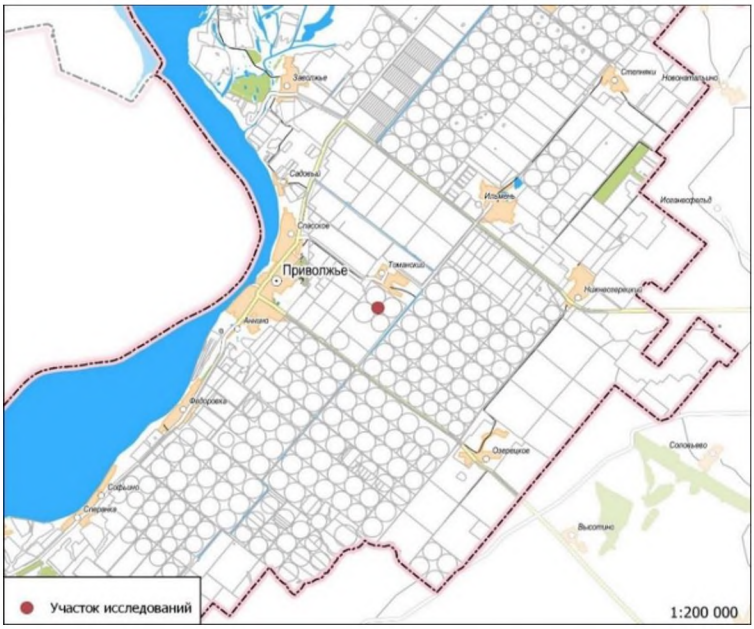
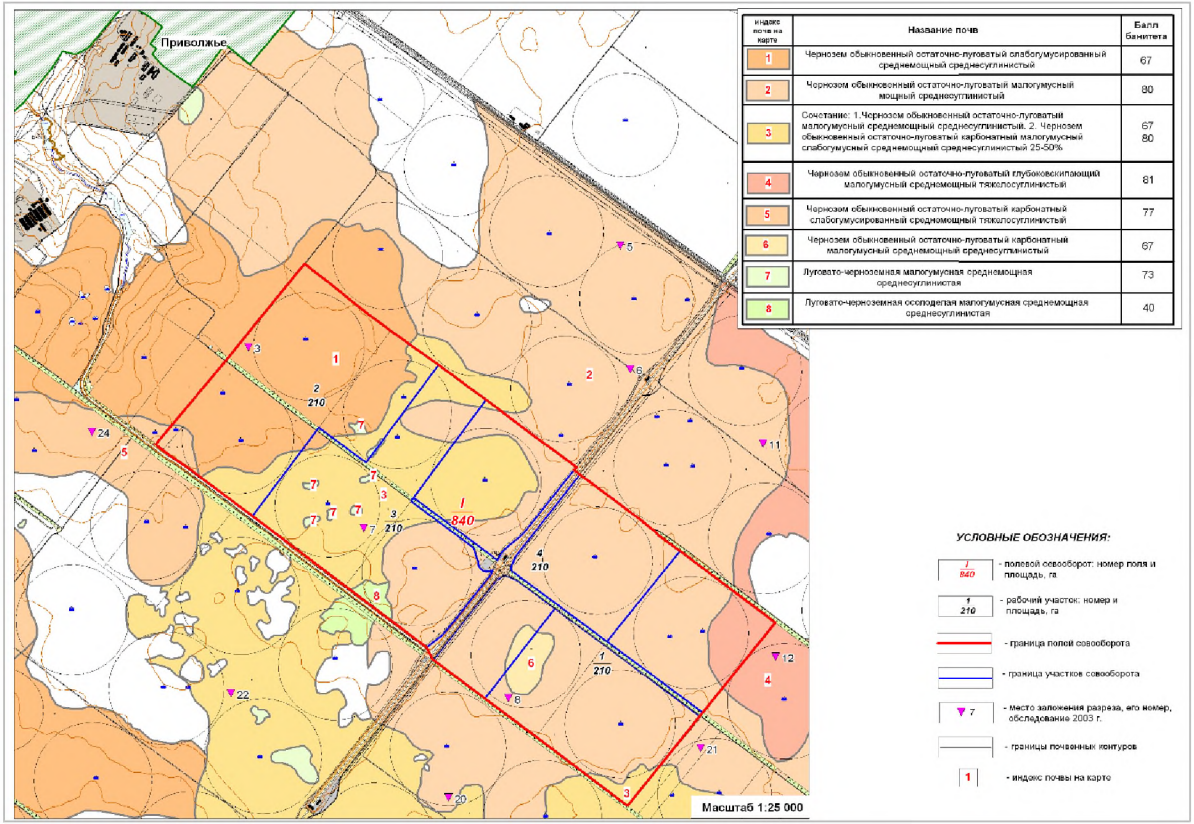
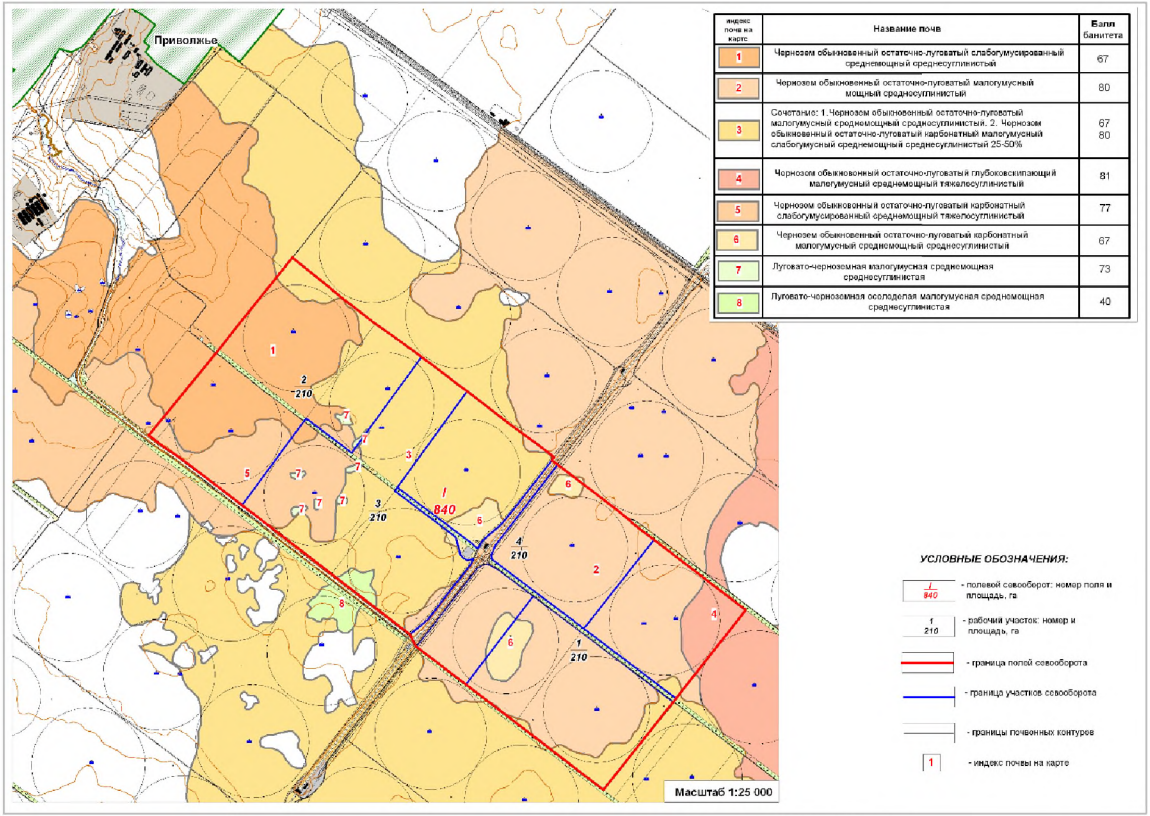


Рис. 6. Расположение участка исследований
на карте-схеме Приволжского района Самарской области



Индекс почв на карте	Название почв	Балл бонитета
1	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый слабогумусированный среднемощный среднесуглинистый	67
2	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный мощный среднесуглинистый	80
3	Сочетание: 1.Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный среднемощный среднесуглинистый. 2. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный слабогумусный среднемощный среднесуглинистый 25-50%	67 80
4	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый глубоковскипающий малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый	81
5	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный слабогумусированный среднемощный тяжелосуглинистый	77
6	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный среднемощный среднесуглинистый	67
7	Лугово-черноземная малогумусная среднемощная среднесуглинистая	73
8	Лугово-черноземная осолоделая малогумусная среднемощная среднесуглинистая	40

Рис. 7. Почвенная карта полевого севооборота, 2003 г.



Индекс почв на карте	Название почв	Балл бонитета
1	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый слабогумусированный среднемощный среднесуглинистый	67
2	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный мощный среднесуглинистый	80
3	Сочетание: 1. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный среднемощный среднесуглинистый. 2. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный слабогумусный среднемощный среднесуглинистый 25-50%	67 80
4	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый глубоковскипающий малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый	81
5	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный слабогумусированный среднемощный тяжелосуглинистый	77
6	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный среднемощный среднесуглинистый	67
7	Луговато-черноземная малогумусная среднемощная среднесуглинистая	73
8	Луговато-черноземная осолоделая малогумусная среднемощная среднесуглинистая	40

Рис. 8. Почвенная карта полевого севооборота, 2011-2014 гг.

Сортовой ассортимент картофеля принят согласно списку сортов растений Госреестра по состоянию на 2019 год по Средневолжскому региону допущено к использованию 92 сорта картофеля, из них в исследования были включены 20 сортов: Романо – 1994 г.; Розара – 1996 г.; Ароза – 2000 г.; Винета – 2001 г.; Роко – 2002 г.; Джелли – 2005 г.; Колетте – 2002 г.; Спринт – 2008 г.; Родрига – 2008 г.; Лабелла – 2011 г.; Наташа – 2013 г. Кроме того на период проведения исследования были включенные в Госреестр, но позже были аннулированные патенты на селекционные достижения по 5 сортам: Витессе – 2017 г.; Ланорма – 2015 г.; Леони – 2018 г.; Примадонна – 2015 г.; Розалинд – 2016 г. Исследованию подвергались интродуцированные сорта: Арника, Спринт, Тоскана, Верона (Германия, Голландия). Все принимавшие в исследовании сорта картофеля по длине вегетационного периода разделились: на раннеспелые (50-60 дн.): Леони, Винета, Витессе, Колетте, Розалинд, Розара, Ароза, Лабелла, Спринт, Наташа; среднеранние (60-80 дн.): Джелли, Родрига, Романо, Ланорма, Арника, Примадонна; среднеспелые (80-100 дн.): Роко, Тоскана.

Винета

Раннеспелый столовый сорт. Товарная урожайность 160-228 ц/га, на 52-68 ц/га выше стандартов Жуковский ранний и Брянский ранний. Дружно формирует клубни. Урожайность на 45-й день после полных всходов (первая копка) – 127-159 ц/га, на 55-й день (вторая копка) – 155-220 ц/га. Максимальная урожайность – 238 ц/га, Клубень овально-округлый. Кожура желтая. Мякоть светло-желтая. Масса товарного клубня 67-95 г. Содержание крахмала 12,9-15,2%. Вкус хороший и отличный. Товарность 87-97%, на уровне стандартов. Лежкость 87%. Ценность сорта: нематодоустойчивость, засухоустойчивость, дружная отдача ранней продукции, высокие вкусовые качества клубней.

Витессе

Раннеспелый столовый сорт. Товарная урожайность – 201-298 ц/га. Максимальная урожайность – 382 ц/га. Клубень овальный. Кожура желтая. Мякоть светло-желтая. Масса товарного клубня 72-128 г. Содержание крахмала 13,8-14,5%. Вкус отличный. Товарность 93-98%. Лежкость 94%. Устойчив к возбудителю рака картофеля, восприимчив к золотистой картофельной цистообразующей нематоде.

Джелли

Среднеранний столовый сорт. Товарная урожайность – 156-292 ц/га. Максимальная урожайность – 335 ц/га. Клубень овальный с мелкими глазками. Кожура гладкая и слегка шероховатая, желтая. Мякоть темно-желтая. Масса товарного клубня 84-135 г. Содержание крахмала 13,4-17,8%. Вкус хороший и отличный. Товарность 88-97%. Лежкость 86%. Устойчив к возбудителю рака картофеля и к золотистой картофельной цистообразующей нематоде. По данным ВНИИ фитопатологии, умеренно восприимчив по ботве и клубням к возбудителю фитофтороза.

Колетте

Раннеспелый универсальный универсального пользования. Товарная урожайность 166-217 ц/га. Дружно формирует клубни. Урожайность на 45-й день после полных всходов (первая копка) 113-153 ц/га, на 55-й день (вторая копка) – 156-276 ц/га. Максимальная урожайность 290 ц/га. Клубень удлиненно-овальный. Кожура желтая. Мякоть светло-желтая. Масса товарного клубня 66-125 г. Содержание крахмала 12,2-15,2%. Вкус хороший. Товарность 76-98%, на уровне стандартов. Лежкость 92%. Ценность сорта: нематодоустойчивость, дружная отдача ранней продукции, выравненность клубней, пригодность для переработки, хорошая лежкость клубней.

Родрига

Среднеранний столовый сорт. Товарная урожайность 150-218 ц/га. Максимальная урожайность 382 ц/га. Клубень овальный с мелкими глазками. Кожура гладкая до средней, красная. Мякоть светло-желтая. Масса товарного клубня 85-147 г. Содержание крахмала 12,5-15,4%. Вкус отличный. Товарность 85-96%. Лежкость 95%. Устойчив к возбудителю рака картофеля и золотистой картофельной цистообразующей нематоде.

Розалинд

Раннеспелый столовый сорт. Товарная урожайность 203-223 ц/га, Дружно формирует клубни. Урожайность на 45-й день после полных всходов (первая копка) 89-132 ц/га, на 55-й день (вторая копка) – 134-181 ц/га. Максимальная урожайность 248 ц/га. Клубень овально-округлый, с мелкими глазками. Кожура гладкая,

красная. Мякоть желтая. Масса товарного клубня 59-115 г. Содержание крахмала 12,2-17,3%, на 2,6-4,3% выше стандарта Жуковский ранний. Вкус хороший. Товарность 89-94%, на уровне стандарта. Ценность сорта: нематодоустойчивость, дружная отдача ранней продукции, высокий выход товарных клубней, выравненность и высокие вкусовые качества их.

Роко

Среднеспелый столовый сорт. Товарная урожайность 136-261 ц/га. Максимальная урожайность 275 ц/га. Клубень овальный, с мелкими глазками. Кожура гладкая, красная. Мякоть кремовая. Масса товарного клубня 75-119 г. Содержание крахмала 12,9-14,5%, на 1,1-1,5% ниже стандартов Петербургский, Голубизна. Вкус хороший. Товарность 84-96%. Лежкость 89%. Устойчив к возбудителю рака картофеля и золотистой картофельной цистообразующей нематоде. Ценность сорта: нематодоустойчивость, фитофтороустойчивость, стабильная урожайность, высокий выход товарных клубней и пригодность для переработки на хрустящий картофель.

Спринт

Раннеспелый столовый сорт. Товарная урожайность 139-299 ц/га. Урожайность на 45-й день после полных всходов (первая копка) – 82-95 ц/га, на 55-й день (вторая копка) 112-158 ц/га, Максимальная урожайность 313 ц/га. Клубень овально-округлый с глазками мелкими до средней глубины. Кожура гладкая до средней, желтая. Мякоть светло-желтая. Масса товарного клубня 89-196 г. Содержание крахмала 11,0-17,6%. Вкус хороший. Товарность 81-98%. Лежкость 97%. Устойчив к возбудителю рака картофеля и золотистой картофельной цистообразующей нематоде. По данным ВНИИ фитопатологии, умеренно восприимчив по ботве и умеренно устойчив по клубням к возбудителю фитофтороза.

Романо

Среднеранний, столовый. Растение прямостоячее, высокое, окраска цветков красно-фиолетовая. Клубни короткоовальной формы, кожура розовая, мякоть светло-кремовая, глазки средней глубины, масса товарного клубня 70-80 г. Урожайность в госиспытании 110-320 ц/га (максимальная-347 ц/га), товарность 90-94%,

лежкость хорошая, содержание крахмала 10-13%, вкус хороший. Устойчив к раку, относительно устойчив к мозаичным вирусам, среднеустойчив к фитофторозу, ризоктониозу, вирусу скручивания листьев, восприимчив к парше обыкновенной. Ценность сорта: хорошая выравненность клубней, хороший вкус.

Розара

Раннеспелый, универсального использования. Растение полураскидистое, окраска цветков красно-фиолетовая. Клубни продолговато-овальной формы, кожура красная, мякоть желтая, глазки мелкие, масса товарного клубня 80-115 г. Урожайность в госиспытании 202-310 ц/га (максимальная – 415 ц/га), товарность 91-99%, лежкость хорошая, содержание крахмала 12-16%, вкус хороший и отличный. Устойчив к раку, картофельной нематоде, относительно устойчив к фитофторозу, парше обыкновенной. Ценность сорта: получение ранней продукции, отличные вкусовые качества, высокая товарность, нематодоустойчивость. Сорт Розара – ультраспелый (65-75 дней), столового назначения.

Ланорма

Среднеранний, высокоурожайный сорт. Растение полупрямостоячее, окраска цветков белая. Клубни округло-овальной формы, кожура желтая, мякоть светло-желтая, кожура гладкая. Урожайность высокая, высокая товарность при хранении, лежкость и крахмалистость высокие, отличные вкусовые качества. Вирусоустойчив, засухоустойчивость повышенная. Назначение сорта – столовый картофель. Группа спелости очень ранняя, 55-65 дней.

Леони

Очень ранний столовый сорт немецкого картофеля средней урожайности с красивыми ровными клубнями столового назначения. Хорошо переносит транспортировку и длительное хранение. Период созревания (вегетации): 65-75 дней. Содержание крахмала: 12-15%. Масса товарных клубней (грамм): 81-130. Количество клубней в кусте: 6-10. Урожайность (ц/га): 178-346. Потребительские качества: отличный вкус, подходит для приготовления любых блюд. Лежкость (способность к хранению): 97%. Цвет кожуры: желтый. Цвет мякоти: желтый. Предпочтительные регионы выращивания (РФ): Северо-Кавказский. Устойчивость к заболеваниям:

сорт высокоустойчив к вирусу скручивания листьев, устойчив к золотистой картофельной цистообразующей нематоде и возбудителю рака картофеля, умеренно восприимчив к парше и фитофторозу листьев, слегка восприимчив к фитофторе клубней. Особенности выращивания: стандартная агротехника, слегка восприимчив к засухе. Другое: оригинатор сорта картофеля Леони – Solana (Германия).

Наташа

Ранний столовый сорт. Растение полу-прямостоячее, окраска цветков белая. Клубни овальной формы, кожура желтая, мякоть желтая, залегание глазков неглубокое, кожура гладкая. Урожайность высокая, крахмалистость и лежкость – средние. Обладает высокой устойчивостью к ризоктонии, черной ножке и гнили клубней, вирусоустойчив. Назначение – столовый картофель. Группа спелости ранняя, 70-80 дней.

Для проведения исследовательских работ были выбраны два сорта картофеля: интродуцированный Арника и районированный Ароза, имеющие коммерческую ценность и рекомендованные для производственных испытаний в Самарской области.

Ароза

Данный сорт, выведен в Германии в2009 г., включен в Госреестр по Средневолжскому (7) региону. Раннеспелый (ультраранний) универсального использования. Растение полупрямостоячее. Лист зеленый до темно-зеленого. Листочек среднего размера до крупного. Волнистость края средняя. Венчик среднего размера, красно-фиолетовый. Товарная урожайность 188-204 ц/га, на 65-111 ц/га выше стандарта Пушкинец. Урожайность на 45-й день после полных всходов (первая копка) – 126 ц/га, на 38 ц/га выше стандарта, на 55-ый день (вторая копка) – 208 ц/га, на 61 ц/га выше стандарта (Республика Мордовия). Выход товарных клубней 80-96%. Лёжкость 95%. В клубнеплодах содержится около 12,2-14,3% крахмала. Срок его созревания составляет всего 70-75 дней. Количество товарных клубней в кусте может достигать 15-16 штук, а вес каждой картофелины – от 70 до 150 г, с гектара можно получить до 50 т картофеля.

Арника

Среднеранний сорт столового назначения, голландской селекции. Дает стабильный урожай, отличается нематодоустойчивостью. Приспосабливается к почве и климату. Слабо поражается фитофторозом и другими заболеваниями картофеля. Период созревания (вегетации): 70-85 дней. Содержание крахмала: 13-18%. Масса товарных клубней (грамм): 59-150 грамм. Количество клубней в кусте: 7-13 штук. Урожайность (ц/га): 195-323 (максимальная – 365). Клубень продолговатый с желтой гладкой кожурой и желтой мякотью. Глазки мелкие. Масса товарного клубня 59-150 г. Содержание крахмала 13,0-18,2%. Вкус хороший и отличный. Товарность 79-96%, на уровне стандарта. Устойчив: к раку и картофельной нематоде. Слабовосприимчив к вирусу скручивания листьев, слабо поражается вирусом «У» и «А», фитофторозом листьев и клубней, паршой и железистой пятнистостью. Потребительские качества: хороший и отличный вкус, может использоваться для приготовления любых блюд. Лёжкость (способность к хранению) – 95%. Ценность сорта: нематодоустойчивость, стабильная урожайность, хороший вкус клубней. Другое: оригинатор сорта картофеля Арника – AGRICO B.A. (Нидерланды).

Лабелла

Раннеспелый немецкий сорт столового назначения, отличается ровными товарными клубнями, высокой способностью к хранению и отменным вкусом. Имеет долгий период покоя. Период созревания (вегетации): 70-80 дней. Содержание крахмала: 13-14,8%. Масса товарных клубней (грамм): 78-102. Количество клубней в кусте: до 14. Урожайность (ц/га): 176-264 (максимальная – 342). Цвет кожуры: красный. Цвет мякоти: желтый. Устойчивость к заболеваниям: сорт высокоустойчив к вирусу скручивания листьев, устойчив к золотистой картофельной цистообразующей нематоде, разным видам гнили и возбудителю рака картофеля. Особенности выращивания: устойчив к повышенным температурам в период вегетации, высокая приспосабливаемость к климатическим условиям и типам грунта. Другое: оригинатор сорта картофеля Лабелла – SolanaGmbH&Co. KG (Германия).

Примадонна

Сорт относится к группе среднеранних столовых сортов с периодом вегетации 70-80 дней, страна патентообладатель –

Германия. Растение средней высоты, промежуточного типа, полупрямостоячее до раскидистого. Лист среднего размера до крупного, промежуточный, светло-зеленый. Волнистость края средняя. Венчик среднего размера до крупного. Интенсивность антоциановой окраски внутренней стороны от средней до сильной. Товарная урожайность 168-228 ц/га. Максимальная урожайность 319 ц/га Клубень овальный с мелкими глазками. Масса товарного клубня 86-105 г. Содержание крахмала 11,7-14,8%. Вкус отличный. Товарность – 85-94%. Лежкость – 97%. Сорт устойчив к возбудителю рака картофеля, золотистой картофельной цистообразующей нематоде, парше и гнили клубней. Среднеустойчив к возбудителю фитофтороза.

Тоскана

Общая характеристика: среднеспелый немецкий сорт столового назначения с аккуратными ровными клубнями почти одинакового размера. Устойчив к механическим повреждениям. Хорошо приспосабливается к любой почве и климату. Период созревания (вегетации): 70-90 дней. Содержание крахмала: 12-14%. Масса товарных клубней (грамм): 90-125. Количество клубней в кусте: 7-11. Урожайность (ц/га): до 460. Потребительские качества: хороший вкус, мякоть не темнеет при нарезке, слабо разваривается. Лежкость (способность к хранению): 93% (средний период покоя). Цвет кожуры: желтый. Цвет мякоти: желтый. Предпочтительные регионы выращивания (РФ): любой подходящий для выращивания картофеля. Устойчивость к заболеваниям: сорт устойчив к нематоде, раку, парше обыкновенной, черной ножке, ризоктониозу, среднеустойчив к фитофторе ботвы и клубней. Особенности выращивания: из-за среднего периода покоя проращивание клубней перед посадкой не требуется, в засушливый сезон желателен полив. Другое: оригинатор сорта картофеля Тоскана – Solana (Германия).

Спринт

Раннеспелый голландский сорт картофеля столового назначения с овально-округлыми клубнями. Период созревания (вегетации): 65-75 дней, первая копка возможна на 45-й день после появления всходов. Содержание крахмала: 11,0-17,6%. Масса товарных клубней (грамм): 89-196. Количество клубней в кусте: 9-14 штук. Урожайность (ц/га): 139-299 (максимальная – 313).

Потребительские качества: хороший вкус, кулинарный тип ВС, подходит для варки, запекания, жарки и приготовления пюре. Лежкость (способность к хранению): 97%. Цвет кожуры: желтый. Цвет мякоти: светло-желтый. Предпочтительные регионы выращивания (РФ): Волго-Вятский, Средневолжский, Дальневосточный. Устойчивость к заболеваниям: сорт устойчив к возбудителю рака картофеля и золотистой картофельной цистообразующей нематоде. Умерено восприимчив по ботве и умерено устойчив по клубням к фитофторозу. Особенности выращивания: стандартная агротехника. Другое: оригинатор сорта картофеля Спринт – IJSSELMEERPOLDERS B.V. (Нидерланды).

Эффективность использования минеральных удобрений в сочетании с органическим удобрением (навоз) на аккумуляцию тяжелых металлов (кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, хрома, железа) картофелем устанавливается опытным путем.

Приводятся данные полученные при исследовании специализированного севооборота, когда картофель возвращаться на одно и то же поле не ранее чем через 4 года (рис. 9, 10).

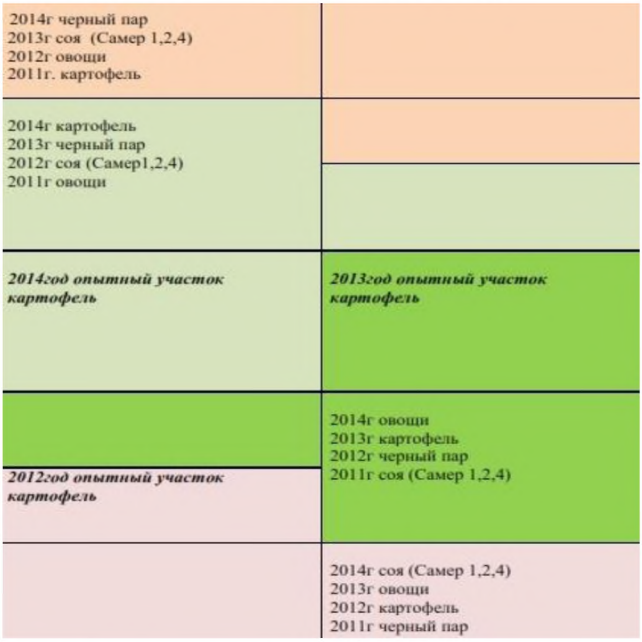


Рис. 9. Схема 4-польного севооборота с чередованием культур за 1 ротацию

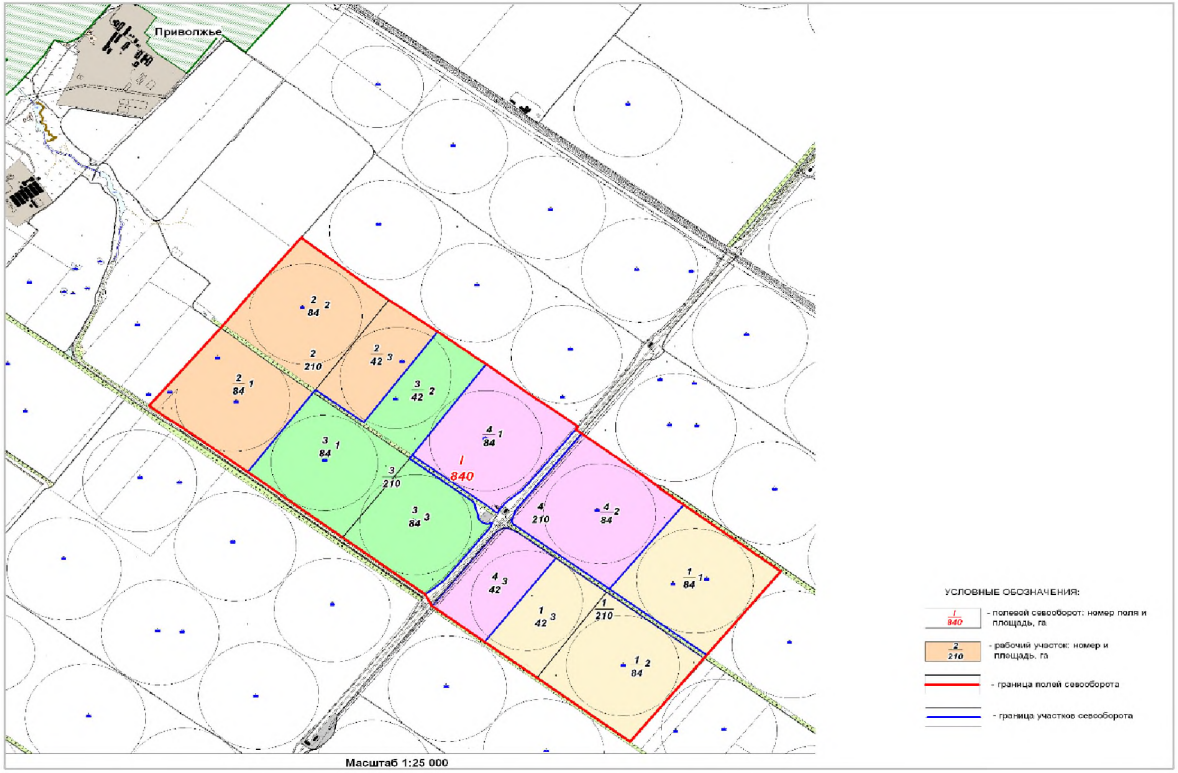


Рис. 10. План расположения севооборота на опытном участке

Чередование культур в севообороте: 1. Чистый (черный) пар 2. Картофель 3. Овощи 4. Соя.

Учетные площадки в форме квадрата со стороной 30 м (40 рядов) площадью 900 м^2 (30×30).

Изучение проводилось в трехкратной повторности по схеме: I – контроль $N_{120}P_{150}K_{300}$, II – минеральные удобрения $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз в дозе 20 т/га; III – минеральные удобрения $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз в дозе 60 т/га.

При формировании учетной площадки была принята схема: 10 рядов – контроль, 10 рядов – вариант с внесением NPK + навоз 20 т/га, 10 рядов – вариант с NPK + навоз 60 т/га. По краям учетных площадок устанавливали 5-рядные защитные полосы.

В применяемом севообороте предшественником для картофеля служит чистый (черный) пар (табл. 10).

Площадь полевого севооборота 840 га, в границах которого четыре опытных участка площадью 210 га. Ввиду того, что севооборот расположен на орошаемом участке поливной системы «Фрегат», то каждый опытный участок привязан к максимальной площади полива при работе на одной позиции дождевальной машины и имеет площадь 82,6 га. Один опытный участок занимает площадь 2,5 дождевальных машин. В составе севооборота, организовано 2 сборных поля. Количество полей севооборота совпадает с количеством лет ротации т. е. 4 года.

В системе выращивания картофеля применяются препараты, вносимые при подготовке почвы, защите от болезней, сорняков и вредителей:

Зенкор – системный гербицид широкого спектра действия против двудольных и злаковых сорняков.

Танос – двухкомпонентный фунгицид лечебного и профилактического действия для защиты картофеля, действующее вещество: Фамоксадон + цимоксанил.

Фюзиланд Форте – послевсходовый системный гербицид листового (фолиарного) действия предназначенный для контроля одно- и многолетних злаковых сорняков.

Инфинито – инновационный системный фунгицид для защиты картофеля от всех типов фитофтороза.

Квадрис – фунгицид для контроля широкого спектра почвенных заболеваний картофеля.

Таблица 10

Схема использования препаратов, применяемых при выращивании картофеля

Стадия развития	Способ внесения, техника	Препараты	Расход, д.в.
Предпосевное	Разбрасыватель навесной Rauch MDS 935 на тракторе Д/Д 6920, Д/Д 6130	Хлористый калий	300 кг
Предпосевное	Разбрасыватель навесной Rauch MDS 935 на тракторе Д/Д 6920, Д/Д 6130	Аммофос	150 кг
Всходы	Опрыскивание почвы	Зенкор	1,0 л/га
Всходы	Разбрасыватель навесной Rauch MDS 935 на тракторе Д/Д 6920, Д/Д 6130 через 14 дней	Сульфат аммония	120 кг
Полные всходы, фазы 4-6 листьев – бутонизация	Опрыскивание всходов	Танос Фюзилад Форте Зенкор	0,6 л/га 1,5 л/га 0,5 л/га
Формирование клубней	Опрыскивание	Инфинито Квадрис Фюзилад Форте Титус	1,4 л/га 0,6 л/га 1,5 л/га 0,03 кг/га
Бутонизация, высота растений 20 см	Опрыскивание	Ридомия Голд Титус Изабион	2,5 кг/га 0,02 кг/га 1,5 л/га
Цветение	Опрыскивание	Инфинито Квадрис Изабион	1,4 л/га 0,6 л/га 1,5 л/га
Окончание фазы клубнеобразования	Опрыскивание	Ревус Топ	0,6 л/га
Полное созревание	Опрыскивание	Реглон Ширлан	2,0 л/га 0,3 л/га

Титус – послевсходовый гербицид для контроля широкого спектра злаковых и двудольных сорняков.

Ридомия Голд – комбинированный фунгицид для защиты картофеля.

Изабион – биологическое удобрение последнего поколения, биостимулятор роста растений.

Реглон Супер – контактный довсходовый гербицид для десикации сельскохозяйственных культур.

Ширла – уникальный контактный фунгицид профилактического действия для защиты картофеля от фитофтороза.

В конце мая производится первая обработка почвы гербицидами до всходов. Первая листовая обработка гербицидами в комплексе с фунгицидами производилась в фазе 4-6 листьев. Всего за период вегетации было предусмотрено четыре листовых обработок с интервалом 7,12,14,12 дней после первой.

Для производимых операций используется универсальный пропашной колесный трактор МТЗ-82 и полевой опрыскиватель AMAZONEUG-3000 предназначенный исключительно для сельскохозяйственного применения методом поверхностного опрыскивания с использованием воздушного потока, предназначенный для работы со всеми разрешенными в сельском хозяйстве растворами, эмульсиями и суспензиями.

Расстояние между гребнями 75 см, высота гребня 18-20 см, расстояние в ряду посадочных мест – 24 см.

Расчет площадей под опытные делянки производится с учетом параметров посадки и составляет: общая площадь – 900 м^2, вариант с внесением NPK – 225 м^2 (7,5×30); с NPK + навоз – 225 м^2 (7,5×30); контроль – 225 м^2 (7,5×30); 2 междурядья (защитные полосы) – 112,5 м^2 (3,5×30) (рис. 11, 12).

Ряды, шт	10	5	10	5	10
	контроль $N_{120}P_{150}K_{300}$	Защитная зона	$N_{120}P_{150}K_{300}$+ навоз 20 т/га	Защитная зона	$N_{120}P_{150}K_{300}$+ навоз 60 т/га
Расстояние, м	7,5	3,5	7,5	3,5	7,5

Рис. 11. Схема опыта. Делянки с учетом параметров посадки картофеля

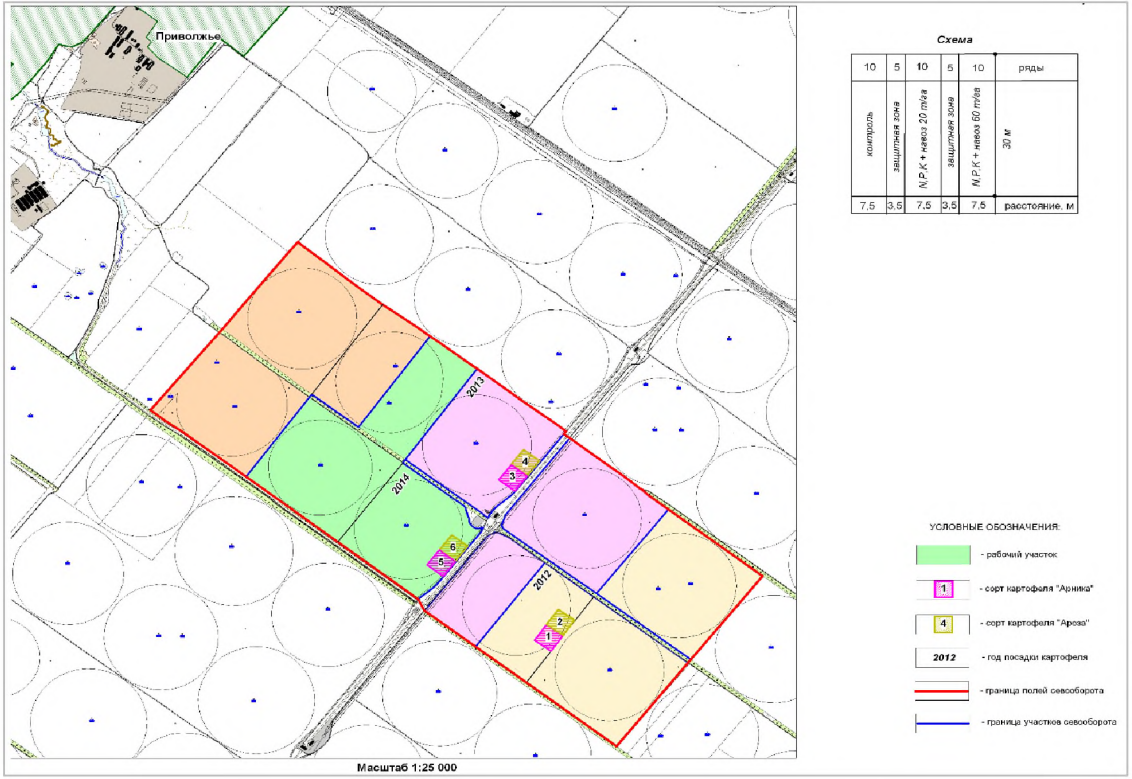


Рис. 12. План расположения опытных участков в общей схеме севооборота

Минеральные удобрения под картофель вносятся до посадки разбросным способом. Полная доза калийных удобрений (KCL 60%) вносится осенью под нарезку гребней в один приём разбрызгивателем навесным Rauch MDS 935 на тракторе Д/Д 6920, Д/Д 6130. Весной одновременно с посадкой, производится внесение аммофоса ($N_{12}P_{52}$), затем через 10-15 дней перед окучиванием производят подкормку азотным удобрением сульфатом аммония – $N_{21}S_{24}$. Расчет произведен балансовым методом по методике, предложенной И. С. Шатиловым и М. К. Каюмовым [81] .

Органические удобрения вносятся только на учетные площадки, отведенные под исследования. Внесение органических удобрений производится перед фрезерованием, на подготовленную для посадки почву, равномерно распределяются по участку граблями с последующей заделкой в почву в течение 3-5 часов после разбрасывания при помощи фрезы. Под картофель, особенно ранних сортов, вносится только перепревший или полуперепревший навоз.

Растительные и почвенные образцы для анализа отбираются с использованием общепринятых методов [3, 42, 56]. На каждой пробной площадке в трёх равноудалённых друг от друга точках (вершины равнобедренного треугольника) с помощью саперной лопатки из верхнего (0-10 см) горизонта берутся почвенные образцы массой до 1кг, тщательно перемешиваются и методом конверта отбирают среднюю пробу массой до 300-400 г. Все три пробы ссыпают вместе, ещё раз перемешивают и также методом конверта берут смешанный образец весом около 500 г, который помещают в маркированные холщевые мешочки. Аналогичным образом отбираются образцы из среднего (10-20 см) и нижнего горизонтов (20-30 см). Почвенные образцы для анализа отбираются с использованием общепринятых методов. На каждой пробной площадке отбирается смешанный образец методом конверта, весом около 500 г, который помещается в маркированный мешочек с присвоением ему номера.

Растительные образцы отбираются параллельно с почвенными образцами на тех же площадках. Растения выкапывают из земли в разных достаточно отдалённых друг от друга точках пробной площади. Отбирают по 5-30 и более экземпляров в зависимости от их размера, сразу отделяют клубни и ботву. Каждую пробу помещают в маркированные пакеты. Маркировка растительных

образцов должна быть связана с номером соответствующей пробной площадки. В пакетах почвенные и растительные образцы доставляются в лаборатории. Лабораторные анализы осуществляются в сертифицированных лабораториях имеющих Аттестат аккредитации испытательной лаборатории (центра) в системе аккредитации аналитических лабораторий (центров).

Подготовку образцов почвы и растений для определения валового содержания тяжёлых металлов в них проводится традиционным методом [112].

Из средних образцов воздушно-сухого растительного материала отбирают, измельчают вручную и взвешивают на аналитических весах с точностью до 3-го знака определенное количество надземной фитомассы и клубней растений. Количество воздушно сухого материала, необходимого для анализа, определяют по выходу золы не менее 100 мг зольных веществ. Навеску воздушно-сухого материала озоляют в муфельной печи при температуре 450…500^{0}С в течение 4-20 часов в зависимости от характера образца [145]. Золу взвешивают на аналитических весах до 3-го знака, растирают в агатовой ступке и помещают в маркированные пакетики, на которых указывают начальную навеску воздушно-сухого материала и вес полученной золы в граммах. В пакетиках подготовленные пробы хранятся до анализа.

Определение валовых форм тяжелых металлов в почвах и растительных образцах проводятся с предварительной подготовкой проб методом «сухой» минерализации при 575^{0}С. Подвижные формы соединений извлекаются ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 (ААБ). Экстрагент принят агрохимической службой для извлечения доступных растениям микроэлементов. Конечное определение элементов проводится пламенном и электротермическом вариантами с применением атомно-абсорбционного спектрофотометра «Спектр 5-4» в пламени ацетилен – воздух. Одновременно проводится холостой анализ, включая все его стадии, кроме взятия пробы почвы. За окончательный результат испытания принимается среднее арифметическое двух параллельных определений.

Помимо содержания тяжелых металлов в почвах определяют:

- содержание гумуса по методу И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО в соответствии с ГОСТ 26213-91 [48];
- pH солевой суспензии в модификации ЦИНАО в соответствии

ГОСТ 26483-83;

- содержание подвижного фосфора и обменного калия в нейтральных почвах по Ф. В. Чирикову (ГОСТ 26204-91) [47], в карбонатных почвах по Б. П. Мачигину (ГОСТ 26205-91) [46];

- содержание легкогидролизуемого азота в кислотной (0,5Н H_2SO_4) вытяжке по Ю. В. Тюрину и М. М. Кононовой в модификации В. Н. Кудеярова [109];

- содержание тяжелых металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии [91, 107];

- содержания тяжелых металлов в надземной фитомассе проводили пламенным и электротермическим вариантами атомно-абсорбционной спектроскопии с предварительной подготовкой проб методом «сухой» минерализации [107].

Содержание подвижного фосфора и обменного калия полученные разными методами, для сопоставимости полученных результатов лабораторных анализов по Мачигину пересчитываются по методу Чирикова.

В качестве фоновых значений тяжелых металлов использовались значения, полученные Н. В. Прохоровой (1998, 2000, 2005, 2006 гг.).

Средние значения из повторений и стандартные отклонения вычисляются с помощью программы Excel.

7. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах картофельных плантаций и растениях картофеля

7.1. Агрохимические показатели почв производственных плантаций картофеля

По природно-сельскохозяйственному районированию исследуемая территория относится к зоне – степной, провинции – Заволжской, округу – равнинно-волнистый суглинистый обыкновенно-южно-черноземный, району – низкое степное Заволжье и располагается на древних надпойменных террасах р. Волги.

Почвенный покров объекта исследования представлен черноземами обыкновенными остаточно-луговатыми и обыкновенными остаточно-луговатыми карбонатными с вкраплинами мелких контуров лугово-черноземных почв. Образование лугово-черноземных почв на высоких террасах связано с орошением. В результате проведённых исследований установлены показатели состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения, что позволило выявить динамику основных свойств и признаков почв.

Наиболее динамичным показателем в пахотном слое является содержание гумуса – основного показателя плодородия почв. Гумус определяет основные физические и биологические свойства почвы. Гумус является основным носителем плодородия, содержащим в себе все необходимые элементы питания для растений. Обладая клеящей способностью, он придает почве структурное состояние, рыхлость, благодаря которым почва хорошо аэрируется и приобретает ряд других положительных свойств. Образование гумуса – многостадийный эволюционный процесс синтеза и разложения органических веществ. Он формируется за счет растительных остатков, низших и других организмов, а также от внесения в почву органических удобрений. В результате гумификации растительных остатков и продуктов жизнедеятельности микро- и макроорганизмов происходит накопление гумуса в почве, часть которого ежегодно минерализуется. Продукты минерализации используются на воспроизводство растительной массы, а часть вымывается за пределы почвенного профиля.

Для установления баланса гумуса на пашне сопоставляются результаты определения содержание гумуса в почвах, обследованных повторно через 12 лет. За этот период на исследуемой территории отмечено падение содержания гумуса за период между обследованиями (1991-2003 гг.) которое колеблется по почвам в границах севооборота от 0,1% до 1,1% (таб. 11)

Таблица 11

Динамика содержания гумуса в пахотном слое
за период между обследованиями

Название почв на карте	Среднее содержание гумуса, %		Изменение в содержании гумуса, %
	1991 г.	2003 г.	1991-2003 гг.
Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый слабогумусный среднемощный	3,7	3,4	-0,3
Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный мощный	4,6	5,1	0,5
Сочетание : 1. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный мощный	4,7	4,5	-0,2
2. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный среднемощный	4,7	4,6	-0,1
Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый слабогумусный среднемощный	2,9	2,8	-0,1
Чернозем обыкновенный статочно-луговатый карбонатный слабогумусный среднемощный	3,5	3,8	0,3
Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный среднемощный	4,9	4,4	-0,5
Луговато-черноземная малогумусная среднемощная	6,4	5,3	-1,1

Результаты исследования по двум периодам почвенного обследования позволили определить динамику содержания гумуса в пахотном слое. При этом расчеты выполнялись на сопоставимую мощность пахотного слоя.

Разница между средними величинами содержания гумуса за первый и второй периоды почвенного обследования составляли потерю или прибавку гумуса за это время. Прибавка или потеря гумуса рассчитывалась в % и т/га. Показатели в т/га позволили, во-первых, получить наглядное представление об удельном весе потери или прибавки гумуса по отношению к общим его запасам в пахотном слое и, во-вторых определить потребность в органических удобрениях для создания бездефицитного баланса гумуса.

Почвенный покров исследуемой территории в границах севооборота представлен двумя типами, двумя подтипами, и семью почвенными разновидностями (табл. 12).

Черноземы обыкновенные остаточно-луговатые получили распространение на слабоволнистой второй надпойменной террасе р. Волги. Почвообразующими породами для них служат древнеаллювиальные средние суглинки. Содержание гумуса в этих почвах относительно небольшое 5,0-4,0%, вниз по профилю убывание гумуса идет очень постепенно, на глубине 1 м его обнаруживается 1,5%, что характерно для остаточно-луговатых черноземов. Сумма поглощенных оснований в пахотном слое составляет 39,7-28,0 мг-экв. на 100 г почвы, с преобладанием поглощенного кальция, что также типично для этих почв. Высокая насыщенность почвенного поглощающего комплекса обменным кальцием способствует его устойчивости. Коллоиды, содержащие обменный кальций более водопрочные.

Чернозёмы обыкновенные остаточно-луговатые карбонатные приурочены к повышенным частям второй надпойменной террасы. Они, как правило, встречаются в виде пятен среди обычных остаточно-луговатых черноземов.

Черноземы обыкновенные остаточно-луговатые карбонатные имеют в основном среднесуглинистый механический состав.

Среди фракций мелкозема преобладает крупная пыль и ил. По содержанию гумуса эти черноземы относятся к малогумусным с количеством гумуса при среднесуглинистом механическом составе в горизонтах А пах 4,3-5,7%. Уменьшение гумуса вниз по профилю происходит очень медленно. В прямой зависимости с содержанием гумуса и механического составом находится емкость поглощения. Поглощающий комплекс насыщен кальцием и магнием в отношении 5-7:1, а по мере углубления вниз по профилю количество магния увеличивается.

Таблица 12

Классификация почвенного покрова в границах севооборота

Тип	*Подтип*	*Род*	*Разновидность*
Чернозем	Чернозем обыкновенный	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый слабогумусированный среднемощный орошаемый среднесуглинистый
			Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный мощный орошаемый среднесуглинистый
			Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый
			Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый глубоковскипающий малогумусный среднемощный орошаемый тяжелосуглинистый
		Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный перерытый	Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый 10-20%
			Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный слабогумусированный среднемощный тяжелосуглинистый
Лугово-черноземный	Лугово-черноземный	Лугово-черноземный	Лугово-черноземная малогумусная среднемощная среднесуглинистая
		Лугово-черноземный осолоделый	Луго-черноземная осолоделая малогумусная среднемощная среднесуглинистая

Реакция почвенной среды слабощелочная, с pH 7,5. Сумма поглощенных оснований 27,9 мг-экв. на 100 г почвы. Почвообразующими породами служат древнеаллювиальные тяжелые и средние суглинки. По сравнению с вышеописанными остаточно-луговатыми обычными черноземами данный род характеризуется

устойчивым поверхностным вскипанием, т.е. наличием карбонатов во всем почвенном профиле, начиная с поверхности. В карбонатных почвах содержится повышенное количество Ca^{2+}, Mg^{2+} и HCO^{3-} в почвенном растворе, что определяет их слабощелочную реакцию. В этих почвах быстрее осуществляется минерализация органического вещества и высвобождается азот в минеральных формах. Фосфаты, железо, марганец, тяжелые металлы здесь менее доступны, чем в кислых почвах. Присутствие в почвенных растворах большого количества кальция вследствие антагонизма катионов может затруднить усвоение некоторых элементов питания, создавая их недостаток для растений. В условиях промывного водного режима повышенная карбонатность почв способствует усилению аккумулятивных почвообразовательных процессов и ослаблению элювиальных, оптимизации гумусового состояния, физико-химических и физических свойств.

В черноземах при нейтральной реакции среды в групповом составе гумуса преобладают гуминовые кислоты ($C_{гк}$: $C_{фк}$ = 2-2,5). Это соответствует накоплению гумуса 4-12% и емкости поглощения почвы катионов 50-70 мг-экв./100 г почвы. При слабощелочной реакции среды почв протекает щелочной гидролиз органической и минеральной части почв. В групповом составе гумуса преобладающее место занимают фульвокислоты ($C_{гк}$: $C_{фк}$ = 0,5-0,7). Этот соответствует малой емкости поглощения почвами катионов (5-10 мг-экв./100 г почвы).

По мощности гумусового горизонта данные почвы отнесены к среднемощным, и только одна разновидность по мощности отнесена к мощной. Мощность гумусового горизонта в среднем составляет 72 см с пределом варьирования от 51 до 75 см, и мощная – 82 см. По механическому составу все почвы представлены среднесуглинистыми разновидностями. Преобладающими являются фракции крупной пыли и мелкого песка.

По содержанию гумуса в верхнем горизонте почвы отнесены к малогумусным и слабогумусированным. По профилю почв уменьшение содержания гумуса происходит постепенно. Степень обеспеченности подвижными формами фосфора для зерновых и пропашных культур низкая и средняя. Что касается обеспечения подвижными формами калия, низкая и очень низкая для зерновых и пропашных культур (табл. 13).

Таблица 13

Агрохимическая характеристика черноземов обыкновенных степной зоны Заволжья в слое 0-30 см

pH водной суспензии	Гумус, %	Содержание подвижных форм, мг/кг		Сумма поглощенных оснований, мг-экв. на 100 г почвы	Балл бонитета
		фосфор	калий		
		По методу Чирикова			
1. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый слабогумусированный среднемощный орошаемый среднесуглинистый (по материалам обследования 2003 г.)					67
7,0	3,1	92	120		
7,0	3,1	140	146	39,7	
2. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный мощный орошаемый среднесуглинистый (по материалам обследования 2003 г.)					80
6,8	4,7	38	120	-	
6,9	4,2	53	57	--	
7,4	5,0	132	186	-	
7,0	4,0	63	97	-	
7,0	4,3	30	120	-	
3. Сочетание: 1) Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый. 2) Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый 10-25 %					67/68
4. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый(по материалам обследования 2003 г.)					67
6,8	4,0	63	94		
5. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый 10-25% (по материалам обследования 2003 г.)					68
7,0	4,6	42	227		
6. Чернозем остаточно-луговатый глубоковскипающий малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый (по материалам обследования 2003 г.)					81
6,5	4,8	132	120		
7. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный перерытый слабогумусированный среднемощный орошаемый среднесуглинистый (по материалам обследования 2003 г.)					67
7,1	4,0	140	213	27,9	

Для нормального развития растений необходимо оптимальное сочетание свойств, процессов и режимов почв. При этом оптимумы

свойства почв относительны. Они зависят от вида культур, климатических условий, сочетания всех свойств почв.

На основании свойств почв, отличается их окультуренность, которая в значительной степени определяет и сельскохозяйственную ценность почв. При бальной оценке почв выбраны такие показатели, которые не только отражают генезис почв, но и существенно влияют на плодородие и урожай сельскохозяйственных культур.

Основным интегральным показателем оценки плодородия почв является балл бонитета почв. Определение балла бонитета включает установление признаков и свойств почв, существенно влияющих на их плодородие, расчет средних физических значений в зависимости от их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур и перевод данных значений в относительные величины – баллы. Полученные баллы бонитеты сельскохозяйственных угодий по административным районам сопоставлены с многолетней средней урожайностью зерновых культур. Причиной различной цены балла в административных районах могут быть микрозональные климатические условия, которые отражены в коэффициентах оценки климатических условий. В таблице 14 баллы бонитета приводятся по данным кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий, проведенной ОАО «ВолгоНИИгипрозем» в 2000 году.

Содержание и запас органического вещества в почвах служат основным критерием оценки почвенного плодородия, а так же рассматривается с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы. Гумусовое состояние почв принято характеризовать содержанием гумуса в пахотном слое и запасами в слое 0-100 см. Оценка содержания гумуса в почвах дифференцирована в зональном аспекте. Для черноземов выделяются виды по содержанию гумуса: тучные > 9,0 %; среднегумусные от 9,0 до 6,0%; малогумусные от 6,0 до 4,0 %, слабогумусированные < 4,0 %.

Определение содержания гумуса в почвах проводится в генетических горизонтах (ГОСТ 26213-84).

Плотность сложения почвы принимается показатели плотности сложения генетических горизонтов, характерных для данного типа почв, по литературным источникам.

Определение мощности гумусового горизонта устанавливается по результатам морфологического описания профиля почвы.

Расчет запаса гумуса в 2-х разрезах преобладающих почв составил:

- чернозема обыкновенного остаточно-луговатого слабогумусированного среднемощного орошаемого среднесуглинистого – 374 т/га;

- чернозема обыкновенного остаточно-луговатого карбонатного перерытого слабогумусированного среднемощного орошаемого среднесуглинистого – 341 т/га.

Показатели гумусового состояния почв по произведенным подсчетам запаса гумуса в слое 0-100 см характеризуются средним уровнем.

Таблица 14

Агрохимическая характеристика почв степной зоны Заволжской провинции

Глубина взятия образца	pH водной суспензии	Гумус, %	Содержание подвижных форм, мг/кг				Сумма поглощенных оснований, мг-экв. на 100 г почвы
			фосфор		калий		
			По методу				
			Чирикова	Мачигина	Чирикова	Мачигина	
1. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый слабогумусированный среднемощный орошаемый среднесуглинистый							
0-30	6,5	3,1	92	-	120	-	39,7
2. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный перерытый слабогумусированный среднемощный орошаемый среднесуглинистый							
0-30	7,1	4,0	-	26	-	320	27,9

Примечание. - – не определялось.

В августе-сентябре 2011-2014 гг. проводилось исследование агрохимического состояния почвенного покрова земельных участков, отведенных под выращивание картофеля в условиях орошения. Всего было отобрано 120 образцов почв в 2003 г. – 11 образцов, за период 2001-2014 г. отобрано 109 образец почвенных проб, которые распределились по годам: 2011 г. – 33 образца, 2012 г. – 30 образцов, 2013 г. – 26 образцов, 2014 г. – 20 образцов.

На основе полученных результатов выведены средние значения показателей агрохимического состояния почвенного покрова по годам с разделением по видовым признакам на карбонатные (вскипающие с поверхности) и не карбонатные (вскипание начинается за границей гумусового горизонта). Данное разделение вызвано тем, что прослеживается различная динамика изменения в агрохимических показателях при равных условиях их использования

в сельскохозяйственном производстве. Данные почвенные разновидности находятся в одном севообороте, с чередованием культур на орошаемых землях. Орошение производится дождевальной машиной «Фрегат» ДМУ-Б488-90.

Севооборот состоит из 4-х рабочих участков. За 4-летний период или 1 ротацию проводимых нами исследований отбор проб охватил на всем севообороте 840 га. Предшественником картофеля в севообороте был чистый пар, поэтому исключено, что на содержание гумуса могли оказать влияние пожнивные остатки.

Показатели состояния плодородия земель в разрезе по годам исследования с привязкой к сортам картофеля и разделением почв по видовому признаку на карбонатные (pH 7,3-7,5) и не карбонатные (pH 6,2-6,8) приведены в таблице 15. Из данной таблицы видно, что почвенный покров под плантациями картофеля в основном имеет слабощелочную реакцию среды, которые отнесенные к карбонатным почвам, что также подтверждено вскипанием с поверхности и по всему профилю от действия соляной кислоты.

В полученных результатах прослеживается зависимость между pH и содержанием органического вещества в виде гумуса.

Под сортами картофеля, где почва имеет нейтральную реакцию среды (не карбонатные почвы) содержание гумуса несколько выше, чем под сортами картофеля со слабощелочной реакцией среды (карбонатные почвы) которые классифицируются как среднегумусные (содержание гумуса 4,1-6,9%), а остальной части как слабогумусированные (содержание гумуса менее 4%).

Данным фактом подтверждается, что на pH и содержание гумуса сортовой состав картофеля не оказывает существенного влияния и находится в зависимости от присутствия карбонатов в почве и процессов происходящих на исследуемом участке при орошении. На содержание макроэлементов (подвижный фосфор и обменный калий) pH и содержание гумуса существенного влияния не оказывают, их количество зависит от вносимых доз минеральных удобрений и коэффициента использования элементов питания из почвы и удобрений, который зависит от видового состава выращиваемых культур в севообороте. Наличие в севообороте бобовых культур (соя) оказывает существенное влияние на содержание азота в почве под севооборотом.

Таблица 15

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы степной зоны Заволжской провинции, 2011-2014 гг.

Участок под картофелем сорта	pH				Гумус, %			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Наташа	7,7	-	-	-	3,8	-	-	-
Витессе	6,4	6,4	7,4	-	4,1	4,1	3,7	-
Родрига	7,1	7,1	-	-	4,1	4,1	-	-
Розара	7,6	7,6	6,0	-	2,5	2,5	6,9	-
Рокко	7,6	-	-	-	3,3	-	-	-
Романо	7,2	7,2	-	7,4	2,9	2,9	-	2,9
Джелли	7,6	-	-	-	2,7	-	-	-
Спринт элита	7,1	-	7,2	-	3,9	-	2,7	-
Ланорма	6,8	6,8	7,2	7,2	4,8	4,8	3,9	3,1
Колетте	7,6	7,6	7,3	-	3,1	3,1	2,7	-
Винета	7,7	7,7	7,4	-	2,7	2,7	2,5	-
Розалинд	7,7	7,7	6,4	-	2,9	2,9	2,9	-
Леони	7,4	7,4	7,3	-	4,1	4,1	1,6	-
Спринт	7,5	7,5	-	-	4,1	4,1	-	-
Ароза	-	7,4	7,3	7,3	-	4,1	2,9	3,4
Арника	-	7,5	7,3	6,9	-	4,1	2,9	4,8
Тоскана	-	-	-	7,3	-	-	-	5,1
Лабелла	-	-	-	7,4	-	-	-	3,4
Верона	-	-	-	6,7	-	-	-	4,1
Не карбонатные	6,6	6,6	6,2	6,8	4,5	4,5	4,5	4,5
Карбонатные	7,5	7,5	7,3	7,3	3,3	3,3	3,6	3,3

Приведенные в таблице 16 показатели аналогичны данным, приведенным в таблице 17, однако без учета видового состава картофеля в разрезе по годам исследования, они идентичны.

В зависимости от pH среды в значительной степени изменяется содержание гумуса, содержание подвижных и обменных форм соединений элементов питания.

Не карбонатные почвы с точки зрения агрохимического состояния за период ежегодного проведения исследования характеризуются следующими показателями: содержание гумуса в пахотном слое колеблется от 4,5 до 4,9%, что составляет незначительное повышение по сравнению с 2003 г. (4,0%), но они близки к фондовым данным (4,0-4,7%); реакция почвенной среды осталась без изменения – нейтральная pH 6,2-6,8; обеспеченность обменным фосфором изменилась с 2003 г. в сторону увеличения класса обеспеченности из III (средняя 30-63 мг/кг почвы) перешла в VI

(очень высокая 132-255 мг/кг почвы); обеспеченность обменным калием изменилась в сторону увеличения класса обеспеченности из IV (повышенная 94-120 мг/кг почвы) перешла в VI (очень высокая 108-430 мг/кг почвы). Существенное влияние на содержание элементов питания оказывает вносимые дозы минеральных удобрений и наличие в севообороте бобовых культур.

Таблица 16

Агрохимические показатели почв исследуемых участков, 2011-2014 гг.

Год	pH	Гумус по Тюрину, %	Содержание, мг/кг		Азот (NO_3) мг/кг	Потребность в азотных удобрениях
			Подвижный фосфор	Обменный калий		
			по Чирикову	По Чирикову		
2003	6,8	4,0	61 среднее	99 повышенное	-	не определялось
	7,2	4,6	102 повышенное	163 высокое		
2011	6,6	4,5	132,6 повышенное	151,1 высокое	20,8 высокое	средняя
	7,5	3,3				
2012	6,6	4,5	162,3 высокое	150,1 высокое	19,2 среднее	средняя
	7,5	3,3				
2013	6,2	4,9	192,2 высокое	251,6 оч. высокое	13,0 низкое	сильная
	7,3	2,9				
2014	6,8	4,5	267,8 повышенное	378,7 повышенное	14,1 низкое	сильная
	7,3	3,6				

Примечание. В числителе показатели некарбонатных почв, в знаменателе – показатели карбонатных почв; - – не определялось.

Карбонатные почвы, которые занимают 65% в севообороте, характеризуются следующими показателями: содержание гумуса в пахотном слое колеблется от 2,9 до 3,6%, что составляет значительное снижение по сравнению с 2003 г. (4,6%) и с фондовыми данными (4,0-5,0%); реакция почвенной среды изменилась в сторону подщелачивания по данным 2003 г. pH 7,1-7,4, по данным 2011-2014 гг. – pH 7,3-7,5; обеспеченность обменным фосфором осталась без изменения в одном классе обеспеченности IV (повышенная 109,6-133,6 мг/кг почвы); обеспеченность обменным калием изменилась в сторону уменьшения класса обеспеченности из V высокая 163,0 мг/кг почвы перешла в III средняя 73,2 мг/кг почвы и IV повышенная 94,2-119,4 мг/кг почвы (табл. 18).

Таблица 17

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы степной зоны Заволжской провинции, 2011-2014 гг.

Участок под сортом картофеля	Содержание макроэлементов, мг/кг											
	Азот NO_3^-				Подвижный фосфор, P_2O_5				Обменный калий, K_2O			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Наташа	25,1	-	-	-	25,4	-	-	-	360	-	-	
Витесс	25,7	25,7	10,2	-	*183,5*	*183,2*	81,5	-	*200*	*200*	258	-
Родрига	36,2	36,2	-	-	35,6	35,6	-	-	340	340	-	-
Розара	11,0	11,0	11,5	-	16,8	26,8	*280*	-	255	255	*460*	-
Рокко	14,5	-	-	-	30,2	-	-	-	300	-	-	-
Романо	17,8	17,8	-	17,8	40,4	40,4	-	18,0	380	380	-	310
Джелли	60,3	-	-	-	20,6	-	-	-	300	-	-	-
Спринт элита	33,9	-	6,8	-	29,0	-	45,8	-	340	-	209	-
Ланорма	12,3	12,3	11,2	11,2	*166,5*	*246,5*	37,8	29,0	*215*	-	217	315
Колетте	10,0	10,0	8,1	-	29,0	31,2	41,4	-	300	300	279	-
Винета	18,6	18,6	26,9	-	19,8	19,8	24,0	-	250	250	266	-
Розалинд	15,6	15,6	11,8	-	18,0	38,8	*230*	-	265	265	-	-
Леони	23,4	23,4	21,4	-	16,6	36,6	19,4	-	285	285	226	-
Спринт	49,0	29,0	-	-	46,4	36,4	-	-	395	395	-	-
Ароза	-	23,4	12,0	12,3	-	36,6	24,0	29,0	-	285	250	340
Арника	-	29,0	14,1	13,9	-	36,4	40,0	*133,0*	-	395	250	*274,5*
Тоскана	-	-	-	14,3	-	-	-	60,0	-	-	-	526
Лабелла	-	-	-	10,2	-	-	-	66,5	-	-	-	500
Верона	-	-	-	18,8	-	-	-	*132,0*	-	-	-	*108,0*
Не карбонатные	***19,0***	***18,3***	***11,6***	***16,4***	***-***	***208***	***-***	***132,5***	***-***	***-***	***-***	***-***
Карбонатные	***22,5***	***20,2***	***14,4***	***13,2***	***27,3***	***33,2***	***39,2***		***314***	***309***	***244***	***398,2***

Примечание. Содержание фосфора и калия: шрифт курсив – по Чирикову, шрифт обычный – по Мачигину; - – не определялось.

Таблица 18

Динамика изменения агрохимических показателей пахотного горизонта черноземов обыкновенных

Год	Видовой признак	pH		Гумус по Тюрину, %	
		Показатель	Изменения, %	Показатель	Изменения,%
2003	не карбонатные	6,8	-	4,0	-
	карбонатные	7,2	-	4,6	-
2011	не карбонатные	6,6	- 3,0	4,5	+12,5
	карбонатные	7,5	+ 4,0	3,3	-39,0
2012	не карбонатные	6,6	- 3,0	4,5	+12,5
	карбонатные	7,5	+4,0	3,3	-39.0
2013	не карбонатные	6,2	-9,0	4,9	+ 19.0
	карбонатные	7,3	+ 1,0	2,9	-58.0
2014	не карбонатные	6,8	-	4,5	+12,5
	карбонатные	7,3	-1,0	3,6	-28.0

Примечание. - – не определялось.

В зависимости от pH среды в значительной степени изменяется содержание гумуса, содержание подвижных и обменных форм соединений элементов питания. В изменении реакции почвенной среды pH наблюдается закономерность. По сравнению с 2003 г. произошло подкисление почвенной среды в почвах с pH 6,8 (не карбонатных) на 1-9 % или изменение в сторону уменьшения на 0,2-0,6 единиц. Подщелачивание в почвах с pH 7,2 в карбонатных почвах на 1-4%, что составляет увеличение на 0,1-0,3 единицы. Часто возникают изменения среды почвенного раствора в сторону подщелачивания и подкисления при орошении. В значениях содержания гумуса произошли изменения в не карбонатных почвах, они увеличились в содержании на 12,5-19%, что составляет 0,5-0,9%. Почвы остались в одной градации – малогумусные.

В карбонатных почвах наблюдается более существенное снижение гумуса на 28-58%, что составляет снижению от 1 до 1,7%, в результате чего все карбонатные почвы перешли в другую градацию из малогумусных в слабогумусированные. Наибольшие увеличение содержания гумуса на 0,5% в не карбонатных и уменьшение на 1,9% в карбонатных почвах произошли в 2013 г. Для полной характеристики гумусового состояния почв на начало периода исследования приводятся результаты расчета запаса гумуса в пахотном слое 0-100 см (табл. 19).

Запас гумуса в черноземе обыкновенном остаточно-луговатом карбонатном перерытом слабогумусированном среднемощном орошаемом среднесуглинистом составляет 297 т/га, что в сравнении с 2003 г. ниже на 30%, но соответствует исходной градации (рис. 13).

Таблица 19

Агрохимические показатели в зависимости от почвенного профиля (для расчета запаса гумуса)

Глубина взятия образцов	pH	Гумус, %	Содержание подвижных форм, мг/кг		Азот, (NO_3) мг/кг
			фосфор	калий	
			по методу Мачигина		
0-30	7,6	2,7	20,6	300	60,3
30-60	7,6	2,7	17,0	260	28,8
60-90	7,7	2,0	6,0	160	51,3
90-120	7,8	1,4	5,2	160	22,1
120-150	7,9	1,2	3,2	95	21,4



Рис. 13. Морфологическое строение чернозема обыкновенного остаточно-луговатого карбонатного степной зоны Заволжской провинции

При отсутствии или малых дозах внесения органических удобрений в почву усиливается дефицит гумуса. Ежегодный вынос гумуса приводит к сокращению его запасов, обеднению питательных веществ, особенно там, где мало вносят органических удобрений и несовершенна система земледелия (табл. 20).

Таблица 20

Динамика изменения агрохимических показателей пахотного горизонта черноземов обыкновенных

Год	Видовой признак	Класс обеспеченности				Азот NO_3, мг/кг	Потребность в азотных удобрениях
		Подвижный фосфор		Обменный калий			
		Класс обеспеченности	Изменения	Класс обеспеченности	Изменения		
2003	не карбонатные	61,0 среднее	-	99,0 повышенная	-	среднее	средняя
	карбонатные	102,0 повышенная	-	163,0 высокая	-		
2011	не карбонатные	III	V	IV	VI	19,0 среднее	средняя
	карбонатные	IV	III	V	IV	22,5 высокое	отсутствует
2012	не карбонатные	III	V	IV	VI	18,3 среднее	средняя
	карбонатные	IV	IV	V	IV	20,2 высокое	отсутствует
2013	не карбонатные	III	VI	IV	VI	11,6 низкое	сильная
	карбонатные	IV	IV	V	III	14,4 низкое	сильная
2014	не карбонатные	III	VI	IV	VI	16,4 среднее	средняя
	карбонатные	IV	IV	V	IV	13,2 низкое	сильная

Примечание. - – не определялось.

Подтверждением того, что изменения в содержании гумуса является следствием выноса элементов питания при получении продукции, необходимо произвести расчет баланса гумуса в севообороте. Вынос гумуса в 2011 году при выращивании продукции в севообороте производится картофелем и овощными культурами (табл. 21). Урожайность культур принята по результатам полученного урожая в границах севооборота. Расчет баланса гумуса позволяет осуществить контроль за характером изменения содержания гумуса при сложившейся структуре посевных площадей и уровне применения удобрений.

Таблица 21

Расчет баланс гумуса в специальном (картофельном) севообороте

Культура	Урожайность, т/га	Минерализация (потери) гумуса, т/га	Коэффициент выхода пожнивно-корневых остатков от основной продукции урожайности	Накопление гумуса за счет пожнивно-корневых остатков, т/га		
				Выход пожнивно-корневых остатков, т/га	Выход гумуса из пожнивно-корневых остатков, т/га	Баланс гумуса, +/-, т/га
Черный пар	-	0,8	-	-	-	-
Картофель	35,2	0,8	0,12	4,22	0,42	-0,38
Овощи	33,0	0,8	0,12	3,96	0,40	-0,40
Соя	2,36	0,5	1,3	3,07	0,77	+0,27
Итого	-	2,9	-	-	-	-0,51
Среднее по севообороту	-	0,72	-	-	-	-0,13

Примечание: - – не определялось.

Баланс гумуса – соотношение между его расходом и восполнением. Основными статьями прихода гумуса являются гумификация корневых и пожнивных остатков растений и вносимые органические удобрения. Основные статьи расхода гумуса – минерализация и потери от эрозии. При размещении на одном поле несколько культур накопление гумуса и потери определяются как средне взвешанные показатели. (Методические указания, Елецкий ГУ им. И. А. Бунина, 2007) Исходя из баланса гумуса, в целом по севообороту определяется дефицит его в расчете на 1 га севооборотной площади. Дефицит гумуса в севообороте можно восполнить путем внесения органических удобрений. Общая потребность в органических удобрениях по севообороту вычисляется как произведение потребности в

т/га и площади пашни севооборота. Расчет баланса гумуса в севообороте по результатам 2011 г. носит отрицательный показатель. Аналогичные результаты были получены за период обследования 2012-2014 гг.

Исходя из полученных результатов (табл. 21), определяется потребность в органическом удобрении:

Картофель 0,38 / 0,1 = 3,8 т/га.

Овощи 0,40 / 0,1 = 4,0 т/га.

Соя 27 / 0,25 = 1,08 т/га.

Всего по севообороту (3,8 + 4,0 + 1,08) × 840 = 7459,2 т.

Определение норм удобрений на планируемую урожайность производится расчетным методом, в основе которого лежит баланс питательных веществ и сопоставление расхода элементов питания на формирование урожая (т. е. выноса элементов питания с урожаем культур) с поступлением питательных веществ из почвы и удобрений.

Вынос основных элементов питания на единицу урожая отдельных культур может значительно различаться в зависимости от условий выращивания. Поэтому для расчетов лучше пользоваться данными о выносе, полученными в хозяйстве или в типичных почвенных условиях ближайшими опытными учреждениями. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из навоза и минеральных удобрений также подвержены существенным колебаниям в зависимости от культуры, почвенно-климатических условий, нормы, времени внесения и способа заделки удобрений и т. д. По расчетному методу доза минерального удобрения определяется по каждому питательному элементу. Растения не используют полностью удобрения в год внесения, часть удобрений остаётся неиспользованной и оказывает влияние на урожай растений на второй и даже на третий год после внесения.

На основе полученных данных об урожайности картофеля за период исследования 2012-2014 гг. производится расчет потребности в минеральных удобрениях (табл. 22).

Определение норм удобрений на планируемую урожайность производился расчетными методами, в основе которых лежит баланс питательных веществ сопоставление расхода элементов питания на формирование урожая (т. е. выноса элементов питания с урожаем культур) с поступлением питательных веществ из почвы и удобрений.

Таблица 22

Система удобрений в специальном (картофельном) севообороте

Культура	Годовая доза удобрений				Основные удобрения				Суперфосфат, кг/га	Подкормка		
	Навоз, т/га	Минеральные, кг/га			Навоз, т/га	N	P_2O_5	K_2O		N	P_2O_5	K_2O
		N	P_2O_5	K_2O								
Овощи	80	60-90	90	90	80	45	90	90	10-15	15-45	30	-
Картофель	80	60	90	90	80	60	90	90	10-25	-	-	-

Примечание. - – не определялось.

Вынос основных элементов питания на единицу урожая отдельных культур может значительно различаться в зависимости от условий выращивания. Поэтому для расчетов лучше пользоваться данными о выносе, полученными в хозяйстве или в типичных почвенных условиях ближайшими опытными учреждениями. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из навоза и минеральных удобрений также подвержены существенным колебаниям в зависимости от культуры, почвенно-климатических условий, нормы, времени внесения и способа заделки удобрений и т. д. По расчетному методу доза минерального удобрения определяется по каждому питательному элементу. Растения не используют полностью удобрения в год внесения, часть удобрений остаётся неиспользованной и оказывает влияние на урожай растений на второй и даже на третий год после внесения.

Расчет производится балансовым методом, при котором учитываются все статьи прихода и расхода питательных веществ. Расчет норм удобрений ведется на основе материалов агрохимического обследования, а также показателей выноса питательных элементов на фактически полученную урожайность под одну культуру – картофель. Вынос элементов питания картофелем зависит от структуры урожая. При соотношении клубней и ботвы, равном 1:1, на формирование 1 т клубней затрачивается 6,2 кг азота, 3,0 кг –

фосфора и 14,5 кг калия. Потребность азота, находится в прямой зависимости от полученного урожая, чем выше был получен урожай, тем выше потребность в азотном питании, по другим элементам питания фосфору и калию потребность находится в прямой зависимости от класса обеспеченности элементами питания почвы под выращиваемой культурой.

Для получения 352 ц/га картофеля с 1 га потребуется внести 274 кг азота, 232 кг – фосфора и 388 кг калия, для получения 308 ц/га картофеля внести азота – 244 кг, фосфора – 136 кг и калия – 102 кг, под урожай 285 ц/га потребуется азота – 232 кг, фосфора – 80 кг, калия – 158 кг, а под урожай 330 ц/га потребуется азота – 70,98 кг, фосфора – 10,36 кг и калия – 34,37 кг (табл. 23).

Полученные расчеты подтвердили, что потребность в азоте находится в прямой зависимости от урожая картофеля: при урожайности картофеля 352 ц/га требуется азота – 274 кг, а при урожайности 285 ц/га – 232 кг, такой зависимости не выявлено в потребности фосфора и калия.

Однако при расчете потребности доз минеральных удобрений для получения урожайности в элементах питания за ротацию севооборота, получаются другие результаты. Расчет в элементах питания сельскохозяйственных культур за ротацию севооборота проводят с учётом: данных о выносе NPK планируемой урожайностью, данных обеспеченности почв элементами питания в среднем по севообороту, данных по использованию NPK из минеральных и органических удобрений.

При наличии в севообороте многолетних бобовых трав и зернобобовых в почве накапливается биологический азот за счет фиксации его клубеньковыми бактериями из атмосферы. Часть биологического азота усваивается последующими растениями. Принято считать, что азот в почве накапливается 50% от выноса, а используется 50% от того, что накопилось в почве. В севообороте присутствует бобовая культура – соя. При определении общей потребности в минеральных удобрениях учитывают балансовые коэффициенты их использования за ротацию севооборота.

Приведем расчет потребности в элементах питания при условии ,что для получения урожайности картофеля 33,0 т/га, овощей – 33 т/га и сои 2,36 т/га без внесения органических удобрений.

Таблица 23

Расчет доз удобрений для получения урожая картофеля, ц/га

Показатель	Урожай картофеля											
	352 ц/га			308 ц/га			285 ц/га			330 ц/га		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Вынос NPK на 1ц урожая, кг	0,62	0,30	1,45	0,62	0,30	1,45	0,62	0,30	1,45	0,62	0,30	1,45
Общий вынос на запланируемую урожайность, кг/га	218,0	105,6	510,4	190,9	92,4	446,6	176,7	85,5	413,2	204,6	99,0	478,5
Содержание элементов питания в почве, мг/100 г	2,52	13,2	15,1	1,92	16,2	25,1	1,34	19,22	25,20	1,42	26,78	37,87
Коэффициент перевода элементов питания от мг/100 г почвы в кг/га, (*30)	75,60	396,0	453,0	57,6	486,0	753,0	40,20	576,60	756,0	42,60	803,40	1136,10
*Коэффициент использования NPK из почвы	0,35	0,12	0,40	0,35	0,12	0,40	0,35	0,12	0,40	0,35	0,12	0,40
Использование NPK из почвы, кг/га	26,50	47,52	181,2	20,16	58,32	301,20	14,07	65,5	302,4	14,91	96,41	454,44
Недостающее количество NPK в почве, кг/га	191,5	58,10	271,8	170,80	34,10	145,4	162,6	20,0	110,8	198,69	2,59	24,06
**Коэффициент использования NPK вносимых туков (в год внесения)	0,7	0,25	0,7	0,7	0,25	0,7	0,7	0,25	0,7	0,7	0,25	0,7
Необходимо внести NPK с туком , кг/га	274,0	232,0	388,0	244,0	136,0	102,0	232,0	80,0	158,0	270,98	10,36	34,37

Примечание. * – коэффициент использования питательных веществ из почвы картофеля составляет: N – 0,20-0,35; P_2O_5 – 0,07-0,12; K_2O – 0,09-0,4 (Т. Н. Кулаковская, 1995); ** – коэффициент использования элементов питания растениями из минеральных удобрений: N – 0,5-0,7; P_2O_5 – 0,2-0,25; K_2O – 0,5-07 (первый год действия).

Класс обеспеченности почвы по азоту – средняя, фосфору – высокая и калию – очень высокая. Исходя из полученных расчетов потребности в элементах питания за ротацию севооборота для получения продукции: картофеля – 33 т/га, овощей – 33,0 и 2,36 т/га сои необходимо будет внести минеральных удобрений 205632 кг из них: 80976 кг азота, 41664 кг фосфора и 82992 кг калия (табл. 24).

Балансовым методом определяется потребность растений в элементах питания на год внесения. Основным условием правильного применения удобрений под сельскохозяйственные культуры является учёт совокупного воздействия основных факторов, влияющих на рост и развитие растений. Расчет доз удобрений под культуры севооборота для получения урожайности при использовании балансового метода складывается из этапов: вынос питательных веществ урожаем каждой культурой, поступления элементов питания из почвы, недостающее количество питательных веществ восполняют за счет минеральных удобрений. Дозы минеральных удобрений с учетом биологических требований культур и плодородия почв и для получения продукции: картофеля – 33 т/га, овощей – 33,0 и 2,36 т/га сои необходимо внести азота под картофель – 158,4 кг/га, под овощи – 58,7 кг/га, под сою – 26,5 кг/га; фосфора не требуется, калия под овощи – 47,8 кг/га (табл. 24). Если, согласно расчетам, не требуется вносить фосфор, то необходимо планировать предпосевное внесение фосфорных удобрений.

Важным критерием обоснованности системы удобрения севооборота является баланс питательных элементов, количественные показатели которого обеспечивают прогноз изменений обеспеченности почв питательными элементами (табл. 25). Это количественный и одновременно качественный показатель, выраженный в абсолютных (кг/га д.в.) и относительных (%) величинах. Качество баланса любого элемента при абсолютном выражении результатов определяется соответствующим знаком. Баланс питательных элементов – важнейшая агроэкологическая оценка продуктивности культур и плодородия почв любой системы удобрения. Баланс складывается из расходных (вынос питательных веществ, планируемым урожаем) и приходных статей (поступило питательных веществ в почву с органическими и минеральными удобрениями) [192, 196, 197].

Таблица 24

Расчет потребности планируемой урожайности в элементах питания за ротацию севооборота

№ п.п.	Культуры севооборота	Планируемая урожайность, т/га	Вынос 1 т урожая, кг			Вынос с планируемым урожаем, кг/га		
			N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1	*Черный пар	-	-	-	-	-	-	-
2	картофель	33,0	5,0	2,0	8,0	165,0	66,0	264,0
3	овощи	33,0	3,2	1,5	5,0	105,6	49,5	165,0
4	соя	2,36	72	14,1	19,3	169,9	33,3	45,5
Вынос в целом за севооборот (S), кг						440,5	148,6	474,5
Вынос с 1 га, кг						110,1	37,2	118,6
Обеспеченность элементами питания (класс)						II	IV	V
Вносится с органическими удобрениями , кг/га (заданная насыщенность на 1 га пашни)						нет	нет	нет
Балансовые коэффициенты использования NPK из навоза за севооборот						70	80	120
Использование NPK из навоза за ротацию севооборота с учетом Кб, кг/га						-	-	-
Остаток N после бобовых (1/2 от выноса), кг/га						56,3	-	-
**Усвоено биологического азота, кг/га						28,2	-	-
Усвоено NPK в сумме (из навоза и биологического азота), кг/га						28,2	-	-
Должно быть усвоено NPK из минеральных удобрений, кг/га						81,9	37,2	118,6
***Балансовые коэффициенты использования NPK из минеральных удобрений за севооборот						85	75	120
Требуется минеральных удобрений с учетом Кб, кг/га						96,4	49,6	98,8
Насыщенность минеральными удобрениями, кг/га						96,4	49,6	98,8
Соотношение элементов питания						1,9	1,0	1,9
Потребность на площадь севооборота, кг/га						80976	41664	82992

Примечание. * – расчет не проводился; ** – 50% от выноса; *** – коэффициент использования NPK.

Таблица 25

Потребности растений в элементах питания на один год в специальном севообороте

Культура	Планируемая урожайность, т/га	Вынос элементов питания планируемым урожаем, кг/га			Содержание в почве				*Использование из почвы, кг/га			Следует донести с удобрениями, кг/га		
					мг/кг		кг/га							
		N	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	N (тек.) нитр.)	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1. черный пар	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. картофель	33,0	165,0	66,0	264,0	267,8	378,7	803,4	1136,1	14,8	96,4	454,4	150,2	-	-
3. овощи	33,0	105,6	49,5	165,0	267,8	378,7	803,4	1136,1	12,7	88,37	136,3	92,9	-	28,7
4. соя	2,36	169,9	33,3	45,5	267,8	378,7	803,4	1136,1	19,1	112,5	136,3	150,8	-	-

Внесение органических удобрений не требуется	Требуется внести в виде минеральных удобрений, кг/га			Требуется минеральных удобрений с учетом** коэффициентов использования, кг/га			Требуется внести минеральных удобрений с учётом биологических особенностей культур, кг/га		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	150,2	-	-	300,4	-	-	158,4	-	-
	92,9	-	28,7	154,8	-	47,8	58,7	-	47,8
	150,8	-	-	215,4	-	-	25,6	-	-
Насыщенность1 га пашни элементами питания							242,7	-	47,8
Соотношение элементов питания (N:P_2O_5: K_2O)									

Примечание: * – коэффициент использования N, P, K из почвы (обобщенные данные) – картофель: N – 0,20-0,35, K_2O – 0,09-0,40, P_2O_5 – 0,07-0,12; овощи: N – 0,20-0,30, K_2O – 0,06-0,12, P_2O_5 – 0,05-0,11; соя: N – 0,30-0,45, K_2O – 0,065-0,12, P_2O_5 – 0,09-0,14; ** – коэффициент использования растениями питательных веществ из минеральных удобрений в первый год (М. П. Петухов и др., 1979) составляет, % – картофель: N – 50, K_2O – 70, P_2O_5 – 20; овощи: N – 60, K_2O – 60, P_2O_5 – 15; соя: данных нет; рапс-: N – 70, K_2O – 20, P_2O_5 – 60.

Произведенные расчеты (табл. 26) показали отрицательный баланс питательных веществ в севообороте.

Таблица 26

Баланс питательных веществ в севообороте 2014 г.

Показатель	на 1 га д.в., кг		
	N	P_2O_5	K_2O
Вынос питательных веществ планируемым урожаем	110,1	37,2	118,6
Поступило в почву с минеральными удобрениями	60,7	0	11,9
Баланс, кг д.в. (±)	-49,4	-37,2	-106,7
Баланс, % к выносу (±)	-45	-100	-90

Обеспеченность почв азотом характеризуется как низкая (2 класс) при таком плодородии почв не допускается отрицательный баланс, а на исследуемом участке он составил -45 % к выносу. Обеспеченность почв фосфором как повышенная, при которой не допускается отрицательный баланс, а на исследуемом участке он составил -100%, обменным *калием* – характеризуется как очень высокая, при которой допускается отрицательный баланс, а на участке он составил -90% к выносу, что выходит за границы допустимого значения (-20…-40) (табл. 27).

Таблица 27

Допустимые показатели баланса питательных элементов при плодородии почв, % к выносу [112]

Элемент питания	Плодородие почв по всем элементам				
	Низкое (1-2 классы)	Среднее (3 класс)	Повышенное (4 класс)	Высокое (5 класс)	Очень высокое (6 класс)
N	+30…-20	+30…-20	+10…-20	+10…0	-20…0*
P_2O_5	+150…-130	+100…-70	+70...-40	+40…0	-30…0*
K_2O	+50…-30	+30…-10	-20*…0	-20…-40*	-50…-40*

Примечание. * – опускается отрицательный баланс.

Для получения урожайности картофеля 30,8 т/га, овощных – 35,0 т/га и сои – 2,34 т/га необходимо поддерживать бездефицитный баланс питательных веществ. Произведенные расчеты показали отрицательный баланс питательных веществ в севообороте. Обеспеченность почв азотом характеризуется как высокая (5 класс) при таком плодородии почв не допускается отрицательный баланс, а на исследуемом участке он составил – 21% к выносу. Обеспеченность почв подвижным фосфором характеризуется как

высокая, при которой не допускается отрицательный баланс, на исследуемом участке составил – 89% к выносу. Обеспеченность обменным калием характеризуется как средняя при которой не допускается отрицательный баланс, полученный результат составляет +42% к выносу который указывает на положительный баланс.

Для получения урожайности картофеля 28,5 т/га, овощных – 33,0 т/га и сои – 2,33 т/га необходимо поддерживать бездефицитный баланс питательных веществ. Произведенные расчеты показали отрицательный баланс питательных веществ в севообороте.

Обеспеченность почв азотом характеризуется как низкая (2 класс) при таком плодородии почв не допускается отрицательный баланс, а на исследуемом участке он составил – 17% к выносу. Обеспеченность почв подвижным фосфором характеризуется как высокая, при которой не допускается отрицательный баланс, на исследуемом участке составил – 100% к выносу. Обеспеченность обменным калием характеризуется как очень высокая, при которой допускается отрицательный баланс, однако полученный результат составляет – 72% к выносу который выходит за границу допуска (-50…-40%). Обеспеченность почв подвижным фосфором характеризуется как повышенная, при которой не допускается отрицательный баланс, на исследуемом участке составил – 100% к выносу. Обеспеченность обменным калием характеризуется как высокая, при которой допускается отрицательный баланс, однако полученный результат составляет – 90% к выносу который выходит за границу допуска (-20…-40%).

Отрицательный баланс питательных элементов при разном плодородии почв обусловлен тем, что в почву не вносится органическое удобрение, что подтверждено расчетом баланса гумуса в почве, который по всем приведенным расчетам отрицательный.

7.2. Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве плантаций сортового картофеля

Результаты обследования почвы на содержание тяжелых металлов показали, что концентрация их валовых и подвижных форм в почве в средних значениях находится ниже норм ПДК и ОДК.

По результатам полученных анализов содержания валовых форм тяжелых металлов в пахотном слое почв за период с 2003 г. по 2011 г. произошли изменения в сторону увеличения: Zn и Cu в 1,2 раза, Mn в 2 раза, Fe в 1,3 раза, а сторону уменьшения – Pb в 1,2 раза, Cd в 13,2 раза.

В сравнении с фоновыми значениями произошло повышение содержания Pb, Zn, Mn, Fe в 1,3-2,1 раза, исключение составили Cu и Cd, содержание которых в исследуемых почвах в динамике снизилось в 13,2 раза Cd и в 1,4 раза Cu. Снижение уровня валовых форм можно объяснить переводом их в подвижные формы, вымыванием при орошении в нижележащие горизонты и поглощением растениями (табл. 28).

Таблица 28

Валовое содержание тяжелых металлов
в пахотном горизонте почвы под участками сортового картофеля, 2003-2014 гг.

Год исследования	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Zn	Mn	Fe	Cu
2003	10,30	0,66	41,40	440,0	10923	14,0
2011	8,90	0,05	48,90	870,1	14648	17,2
2012	8,39	0,37	46,08	311,1	18252	11,8
2013	8,28	0,38	45,67	308,8	18215	11,9
2014	9,85	0,38	54,82	374,4	23581	12,4
Среднее	9,14	0,37	47,37	460,9	17124	13,5
***ФОН**	**4,20**	**0,66**	**25,1**	**625,1**	**10923**	**23,8**
***ПДК**	**30,0**	**2,0**	**100**	**1500**	**-**	**55,0**

Примечание. * – по данным Н. В. Прохоровой (1997, 2000).

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в 2003 году не изучалось, поэтому проводится сравнение во временном отношении с 2011 года по 2014 год. Валовое содержание тяжелых металлов характеризует общую загрязненность почвы, а степень доступности элементов для почвенного питания отражается значением их подвижных форм. Содержание подвижных форм Pb и Fe в пахотном слое почвы за период 2011-2014 гг. уменьшилось, а значения Cd, Zn, Mn и Cu. увеличилось. По сравнению с фоновыми значениями показатели среднего значения Pb за 4 года превысили в 1,6 раз, Cd в 1,2 раза. Изученные тяжелые металлы по содержанию не превышают фоновое значение и предельно допустимую концентрацию как в среднем значении, так и в отдельности по годам исследования (табл. 29).

Таблица 29

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте почвы на участках сортового картофеля, 2003-2014 гг.

Год исследования	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Zn	Mn	Fe	Cu
2011	1,15	0,023	0,13	10,76	4,42	0,05
2012	0,44	0,050	0,19	11,91	3,32	0,12
2013	0,43	0,050	0,18	11,70	3,53	0,13
2014	0,53	0,050	0,23	15,16	2,18	0,06
Среднее значение	0,64	0,043	0,18	12,38	3,36	0,09
*ФОН	0,4	0,037	0,40	35,0	7,67	0,13
Кс	1,60	1,16	0,45	0,35	0,44	0,69
ПДК	6,0	0,10	23,0	140,0	-	3,0

Примечание: * – по данным Н. В. Прохоровой (1997, 2000).

Для выявления степени загрязнения почвы рассчитывается общепринятый коэффициент концентрации (Кс). Расчет Кс показал, что фактическое содержание элементов превышает их среднее значение. Превышение Кс свинца составило 1,6, кадмия – 1,16, что указывает на их накопление в почве исследуемого участка. По рассчитанным значениям коэффициентов концентрации (Кс) подвижных форм тяжелых металлов в почве, изученные элементы представлены следующим убывающим рядом:

Pb (1,60) > Cd (1,16) > Cu(0,69) > Zn (0,45) > Fe (0,44) > Mn (0,35).

В исследованиях за период с 2012-2014 гг. на опытных участках, доказана эффективность внесение различных доз органических удобрений (навоз КРС) 20 и 60 т/га при сочетании с минеральными удобрениями $N_{120}P_{150}K_{300}$. По результатам исследования прослеживается тенденция к снижению валового содержания тяжелых металлов (Cd, Cu, Zn, Mn, Fe) и практически не изменилось содержание Pb во всех вариантах (табл. 30). Установлено, что валовое содержание тяжелых металлов в почве, как на контрольном участке, так и в вариантах опыта под урожаем сортового картофеля Арника и Ароза не превышает ПДК. Однако, содержание валовых форм тяжелых металлов превышает фоновое значение Pb в 2,1 раза, Zn в 1,8-2,1 раза и Fe в 1,7-1,8 раза, в то время как содержание Cd в 1,3-1,8 раза, Cu и Mn в 2-1,8 раз ниже фоновых значений на контрольных участках в обоих испытуемых сортах (Арника и Ароза). Кроме того, выявлено превышение фоновых значений валовых форм ТМ в варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + 60 т/га: Pb в 2,2-2,3 раза,

Zn в 1,7-2,2 раза и Fe в 1,5-1,8 раз и снижение Cd в 1,9-2,1раза, Cu в 2,2-2,4 раза, Mn в 1,8-2,1 раза в обоих испытуемых сортах (Арника и Ароза). Незначительное снижение содержания тяжелых металлов по сравнению с контрольным вариантом произошло при внесением дозы органических удобрений 60 т/га в сочетании с минеральными удобрениями N_{120} P_{150} K_{300} в растениях сорта Ароза в 1,1-1,2 раза всех изученных ТМ; сорта Арника в 1,2-1,4 раза Cd, Cu и Fe, и не значительное увеличение Pb, Zn и Mn в 1,1 раза (табл. 30).

Среднее содержание подвижных форм изученных тяжелых металлов не превышает предельно допустимой концентрации (табл. 31), и изменяется в зависимости от варианта опыта. Содержание подвижной формы свинца составило 5,3% от валового (сорт Арника) на контроле, на опытных делянках произошло снижение до 3,9%. Наибольшее снижение отмечено в варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га. Содержание подвижных форм от валовых по Cu, Zn, Fe составило менее 1%. Наибольшая подвижность Cd (от 11 до 15,6%) наблюдалась на контрольном варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ и на варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га под сортом Арника, у сорта Ароза от 12,2 до 17,7%. При этих же дозах внесения $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га превышение фоновых значений по накоплению цинка составило 1,15 раза, меди 1,07 раз и свинца в 1,4 раза. Превышение фоновых значений обнаружено по накоплению свинца в 1,2 раза, кадмия в 1,5раза, меди в 1,1 раз на контрольном варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$. В сравнении с контролем на варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га наблюдается превышение свинца и кадмия в 1,4 раза. В варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га отмечено превышение контрольных значений по кадмию в 1,25 раз, цинку в 1,6-2,3 раза, что указывает на рассеянность этих элементов в почве, снижение отмечено в содержании свинца в 1,3-1,9 раз, меди в 3,5-3,7 (табл. 31).

Валовое содержание и значения подвижных форм тяжелых металлов во всех вариантах опыта не превышают ПДК. Валовое содержание Pb, Zn и Fe превышает фоновое значение во всех вариантах опыта. Превышение концентрации подвижных форм тяжелых металлов относительно фона выявлено по Pb на контроле и в варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га у сорта Арника, а Cd во всех вариантах опыта. K_c свинца и кадмия более 1, что указывает на их накопление в почве.

Таблица 30

Валовое содержание тяжёлых металлов в почве под урожаем картофеля при различных дозах органоминеральных удобрений, 2012-2014 гг.

Вариант опыта	Тяжёлые металлы, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
Сорт Арника						
$N_{120}P_{150}K_{300}$	$\frac{8,98 \pm 0,86}{7,27 - 9,89}$ 1,49	$\frac{0,49 \pm 0,03}{0,34 - 0,44}$ 0,05	$\frac{12,60 \pm 1,77}{9,05 - 14,47}$ 3,07	$\frac{52,00 \pm 4,52}{47,37 - 61,04}$ 7,83	$\frac{338,00 \pm 8,84}{320,37 - 347,96}$ 15,31	$\frac{20264,00 \pm 2078,49}{16139,61 - 22776,11}$ 3600,05
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	$\frac{9,44 \pm 0,42}{8,68 - 10,12}$ 0,73	$\frac{0,34 \pm 0,07}{0,20 - 0,42}$ 0,12	$\frac{11,56 \pm 1,52}{8,52 - 13,27}$ 2,64	$\frac{54,20 \pm 1,60}{52,44 - 57,40}$ 2,77	$\frac{365,33 \pm 16,26}{343,23 - 397,06}$ 28,18	$\frac{20496,66 \pm 2701,40}{15146,77 - 23824,91}$ 4678,97
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	$\frac{9,64 \pm 0,32}{9,02 - 10,02}$ 0,54	$\frac{0,34 \pm 0,06}{0,22 - 0,40}$ 0,10	$\frac{10,83 \pm 1,47}{7,88 - 12,33}$ 2,55	$\frac{55,20 \pm 2,46}{52,48 - 60,11}$ 4,26	$\frac{348,67 \pm 15,82}{321,13 - 375,94}$ 27,40	$\frac{19638,33 \pm 2187,71}{15264,22 - 21918,01}$ 3737,12
Сорт Ароза						
$N_{120}P_{150}K_{300}$	$\frac{9,42 \pm 0,17}{9,06 - 9,60}$ 0,30	$\frac{0,36 \pm 0,09}{0,22 - 0,53}$ 0,16	$\frac{11,95 \pm 1,58}{9,23 - 14,69}$ 2,73	$\frac{46,0 \pm 2,25}{41,54 - 48,77}$ 3,89	$\frac{309,5 \pm 15,51}{278,49 - 325,92}$ 26,87	$\frac{18196,00 \pm 2484,00}{13229,00 - 20744,00}$ 4301,61
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	$\frac{9,80 \pm 0,42}{9,28 - 10,62}$ 0,73	$\frac{0,30 \pm 0,05}{0,21 - 0,35}$ 0,08	$\frac{11,19 \pm 1,08}{9,16 - 12,86}$ 1,87	$\frac{40,46 \pm 1,69}{38,73 - 43,84}$ 2,93	$\frac{275,5 \pm 19,95}{238,88 - 302,39}$ 34,55	$\frac{17186,66 \pm 2433,09}{12320,49 - 19622,26}$ 4214,23
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	$\frac{9,32 \pm 0,09}{9,20 - 9,50}$ 0,16	$\frac{0,31 \pm 0,06}{0,19 - 0,38}$ 0,10	$\frac{9,86 \pm 0,72}{8,42 - 10,58}$ 1,25	$\frac{41,83 \pm 2,08}{39,13 - 45,91}$ 3,59	$\frac{295,83 \pm 14,92}{266,37 - 314,74}$ 25,85	$\frac{16241,66 \pm 2021,41}{12198,85 - 18266,59}$ 3500,67
**ФОН*	*4,2*	*0,66*	*23,8*	*25,1*	*625,1*	*10923*
*ПДК	30,00	2,00	55,00	100,00	1500,00	-

Примечание: * – по данным [104, 140, 141].

Таблица 31

Содержание подвижной формы тяжёлых металлов в почве под урожаем картофеля при различных дозах органоминеральных удобрений, 2012-2014 гг.

Вариант опыта	Тяжёлые металлы, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
Сорт Арника						
$N_{120}P_{150}K_{300}$	$\frac{0,48 \pm 0,28}{0,16 - 1,03}$ 0,48	$\frac{0,054 \pm 0,01}{0,045 - 0,069}$ 0,01	$\frac{0,14 \pm 0,05}{0,09 - 0,24}$ 0,09	$\frac{0,28 \pm 0,04}{0,21 - 0,35}$ 0,07	$\frac{14,70 \pm 8,41}{6,08 - 31,53}$ 14,58	$\frac{3,50 \pm 0,84}{2,58 - 5,19}$ 1,46
% к валовому	5,3	11,0	1,1	0,5	4,3	0,02
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	$\frac{0,56 \pm 0,03}{0,50 - 0,61}$ 0,06	$\frac{0,052 \pm 0,01}{0,046 - 0,064}$ 0,01	$\frac{0,05 \pm 0,01}{0,04 - 0,07}$ 0,01	$\frac{0,30 \pm 0,09}{0,15 - 0,45}$ 0,15	$\frac{13,32 \pm 6,37}{6,49 - 26,06}$ 11,04	$\frac{3,86 \pm 1,01}{2,48 - 5,80}$ 1,73
% к валовому	5,9	15,3	0,4	0,6	3,6	0,02
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	$\frac{0,38 \pm 0,06}{0,32 - 0,48}$ 0,08	$\frac{0,053 \pm 0,01}{0,045 - 0,063}$ 0,01	$\frac{0,04 \pm 0,01}{0,03 - 0,06}$ 0,02	$\frac{0,46 \pm 0,02}{0,44 - 0,49}$ 0,02	$\frac{14,60 \pm 6,54}{7,03 - 27,63}$ 11,34	$\frac{3,68 \pm 0,71}{2,44 - 4,91}$ 1,23
% к валовому	3,9	15,6	0,4	0,8	4,2	0,02
Сорт Ароза						
$N_{120}P_{150}K_{300}$	$\frac{0,30 \pm 0,07}{0,23 - 0,43}$ 0,12	$\frac{0,044 \pm 0,01}{0,031 - 0,068}$ 0,02	$\frac{0,11 \pm 0,05}{0,05 - 0,21}$ 0,09	$\frac{0,18 \pm 0,07}{0,11 - 0,32}$ 0,12	$\frac{13,30 \pm 6,99}{6,28 - 27,31}$ 12,13	$\frac{2,84 \pm 0,22}{2,41 - 3,07}$ 0,37
% к валовому	3,2	12,2	0,9	0,4	4,3	0,02
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	$\frac{0,11 \pm 0,02}{0,09 - 0,16}$ 0,04	$\frac{0,050 \pm 0,01}{0,037 - 0,070}$ 0,02	$\frac{0,07 \pm 0,03}{0,03 - 0,13}$ 0,05	$\frac{0,17 \pm 0,07}{0,11 - 0,28}$ 0,10	$\frac{12,23 \pm 6,21}{5,98 - 24,64}$ 10,75	$\frac{1,14 \pm 0,27}{0,84 - 1,69}$ 0,48
% к валовому	1,1	16,7	0,6	0,4	4,4	0,07
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	$\frac{0,16 \pm 0,02}{0,13 - 0,21}$ 0,04	$\frac{0,055 \pm 0,01}{0,040 - 0,064}$ 0,01	$\frac{0,03 \pm 0,01}{0,02 - 0,02}$ 0,01	$\frac{0,41 \pm 0,03}{0,38 - 0,47}$ 0,05	$\frac{14,47 \pm 5,91}{8,11 - 26,27}$ 10,24	$\frac{2,55 \pm 0,33}{1,90 - 3,01}$ 0,58
% к валовому	1,7	17,7	0,3	1,0	4,9	0,02
*ФОН	0,40	0,037	0,13	0,40	35,00	7,67
ПДК	6,0	0,10	3,0	23,0	140,0	-

Примечание: * – по данным [104, 140, 141].

7.3. Особенности химического состава и аккумуляции тяжелых металлов в растениях сортового картофеля

В процессе проведенных исследований были изучены особенности химического состава 20 сортов картофеля (табл. 32).

Содержание влаги в клубнях картофеля находится в пределах нормы и колеблется от 70,2 до 78,2% [5, 34, 195].

При исследовании состава клубней картофеля установлено, что содержание влаги варьирует от 71,8 % у сорта Тоскана до 78,8 % у сорта Верона, а в среднем составляет 74,3 %. Важным показателем качества картофеля является содержание в нем сухого вещества. Основная часть сухого вещества клубней картофеля в зависимости от сорта колеблется от 60 до 75%. Содержание крахмала составляет от 12,3 % у сорта Розалинд до 15,7 % у сорта Арника. Самыми высоко крахмалистыми (14-25%) можно назвать сорта Витессе (14,3%), Роко (14,6%), Винетта (14,5%), Колетте (14,0%), Ароза (14,3%), Арника (17,7%), Верона (14,1%). Клетчатка в клубнях изученных сортов варьирует от 0,81% у сорта Джелли до 8,82% у сорта Роко при допустимом значении, по литературным данным (Картофель России, 2003) до 1,1%. Содержание азота колеблется от 1,74 % у сорта Витессе до 3,17 % у сорта Розара.

Содержание калия в клубнях варьирует от 2,16% у сорт Розара до 3,84% у сорта Верона. Содержание фосфора колеблется от 0,33% в клубнях сорта Розара до 0,45% сорта Спринт элита.

Накопление тяжелых металлов определялось в ботве, кожуре (перидерма), и очищенных клубнях (паренхима) картофеля. Анализ проб клубней и ботвы выявил следующие закономерности (табл. 33).

В средних значениях превышений нормальной, критической, фитотоксичной концентраций не выявлено. Превышение фоновых значений выявлено в содержании цинка, кадмия, железа. Превышение среднего значения в культуре высокотоксичного свинца установлено по сравнению с фоновым содержанием в 3,18 раза. Это может быть связано с поступлением из техногенной пыли, так как подвижные значения в почве не превышают норм, а содержание их в ботве культур значительно выше, чем в клубне.

Таблица 32

Основные химические показатели в клубнях сортового картофеля, 2011-2014 гг.

Сорт	Показатель, единица измерение, %										
	Сухое вещество	Белки	Клетчатка	Зола	БЭВ	Азот	Фосфор	Калий	Сахар, г	Крахмал	Влага
Витессе	22,19	10,11	2,84	4,15	82,92	1,74	0,37	2,84	12,84	14,3	78,3
Спринт	19,41	13,52	1,19	4,16	81,36	2,25	0,45	2,73	14,18	13,5	76,5
Романо	19,35	13,29	4,97	4,19	77,41	2,37	0,36	2,46	12,67	13,5	77,6
Джелли	18,00	12,64	0,81	5,44	80,92	2,29	0,32	2,64	12,86	13,4	73,4
Розара	19,49	17,63	2,92	5,83	73,67	3,17	0,33	2,16	11,39	13,3	71,9
Колетте	19,62	13,44	6,41	3,67	76,56	2,36	0,37	2,86	12,82	14,0	72,6
Спринт элита	21,27	10,12	5,12	2,15	82,87	1,78	0,42	2,73	14,45	13,7	75,2
Леони	22,34	13,27	4,13	2,92	79,73	2,36	0,37	2,72	13,71	13,7	74,3
Наташа	22,76	12,72	5,39	3,31	78,32	2,13	0,40	2,38	13,65	13,5	73,6
Розалинд	16,47	16,14	4,91	3,27	75,51	2,76	0,43	3,17	11,82	12,3	73,1
Ланорма	17,16	12,93	2,37	3,38	81,38	2,21	0,38	2,83	13,64	12,9	74,5
Роко	21,36	13,14	8,82	3,32	74,63	2,18	0,43	2,41	12,58	14,6	72,4
Винета	20,34	13,75	6,19	3,51	76,44	2,45	0,41	2,36	12,91	14,5	74,3
Родрига	18,40	17,13	2,41	6,82	72,79	2,93	0,39	2,46	12,23	13,6	75,1
Ароза	22,33	17,65	2,90	5,88	73,57	3,07	0,36	2,06	14,40	14,3	71,8
Лабелла	19,38	13,44	1,21	4,26	80,46	2,45	0,38	2,63	14,02	13,8	72,23
Примадонна	18,49	17,33	2,82	5,63	75,67	3,37	0,43	2,36	12,39	13,2	75,8
Арника	19,33	12,65	0,83	5,54	80,98	2,20	0,37	2,60	12,96	17,7	73,3
Тоскана	21,16	14,14	7,82	4,32	74,63	2,28	0,41	2,61	13,58	13,5	71,8
Верона	21,19	13,14	5,84	3,15	82,82	2,74	0,41	3,84	11,84	14,1	78,8

Таблица 33

Содержание тяжелых металлов в растениях картофеля, 2011-2014 гг.

Сорт картофеля	Элемент, мг/кг								
	Pb			Cd			Fe		
	Ботва	Кожура	Клубень	Ботва	Кожура	Клубень	Ботва	Кожура	Клубень
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витессе	0,84	<0,20	0,04	0,23	<0,02	0,08	1469,0	31,0	3,78
Наташа	3,10	<0,20	<0,20	0,16	<0,02	<0,02	405,7	38,1	4,00
Родрига	0,80	<0,20	<0,20	0,34	<0,02	<0,02	338,6	55,1	3,50
Розара	2,36	0,09	0,16	0,24	0,04	0,03	1108,5	34,2	4,95
Роко	2,20	<0,20	<0,20	0,16	<0,02	<0,02	285,0	28,2	3,90
Романо	1,49	0,89	0,21	0,15	0,06	0,12	1619,5	31,2	7,39
Спринт элита	2,80	0,60	0,40	0,27	<0,02	<0,02	414,1	60,6	4,50
Ланорма	1,72	0,83	0,22	0,15	0,08	0,03	1644,3	35,1	8,54
Колетте	2,94	0,26	0,35	0,20	0,05	0,03	1820,0	75,1	5,62
Винета	3,53	0,30	0,44	0,31	0,03	0,07	1641,7	33,2	4,21
Розалинд	2,36	0,18	0,22	0,36	0,05	0,04	1334,5	41,3	3,91
Леони	1,31	0,25	0,17	0,14	0,06	0,04	1720,2	45,9	9,94
Джелли	3,30	0,50	0,30	0,18	<0,02	<0,02	695,0	32,7	3,90
Спринт	1,93	0,10	<0,02	0,23	0,06	<0,02	3173,0	81,6	3,76
Ароза	1,05	0,63	0,06	0,18	0,11	0,04	2364,0	929,9	21,08
Лабелла	0,71	2,53	0,07	0,20	0,22	0,12	199,00	5064,0	33,30
Примадонна	1,16	1,04	0,29	0,133	0,09	0,08	884,0	2791,0	38,20
Тоскана	0,76	1,46	0,16	0,281	0,22	<0,02	155,0	73,8	10,10
Верона	2,00	1,84	0,14	0,319	0,09	0,15	1820,0	3051,0	71,30
Арника	1,24	0,39	0,025	0,19	0,09	0,02	2248,0	587,0	3,76
Среднее	***1,88***	***0,6***	***0,19***	***0,22***	***0,07***	***0,06***	***1267***	***656***	***12,48***
Среднее в растении	**0,89**			**0,12**			**645**		
Критическая концентрация	10,0-20,0			5,0-10,0			750		
ФОН	***0,28***			***0,025***			***336,44***		

Окончание табл. 33

Сорт картофеля	Элемент, мг/кг								
	Zn			Cu			Mn		
	Клубень	Ботва	Кожура	Клубень	Ботва	Кожура	Клубень	Ботва	Кожура
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витессе	9,07	2,37	1,11	6,62	1,15	0,71	81,45	2,54	1,29
Наташа	19,50	4,50	3,70	6,6	1,20	1,1	32,7	2,70	1,60
Родрига	14,30	1,60	2,50	7,70	0,90	0,80	25,8	2,00	0,90
Розара	25,42	2,84	2,79	6,94	1,21	0,67	78,32	2,65	1,27
Роко	27,60	2,20	3,10	1,90	0,80	0,40	27,50	2,30	1,10
Романо	12,78	4,56	2,25	6,19	1,12	0,57	78,21	3,42	0,89
Спринт элита	41,20	2,90	2,60	4,30	1,40	0,90	63,50	3,20	0,90
Ланорма	13,04	8,22	2,9	4,79	2,92	0,79	61,87	7,79	1,17
Колетте	12,69	1,83	2,45	4,47	1,33	1,01	73,95	3,46	1,13
Винета	27,95	2,10	2,51	3,66	1,11	0,79	84,13	2,75	1,03
Розалинд	33,88	2,44	2,68	5,02	1,09	0,75	82,97	2,76	1,22
Леони	10,18	2,50	4,50	3,79	1,06	1,20	48,69	3,35	1,68
Джелли	21,00	2,70	2,80	10,40	1,20	1,00	61,80	1,70	1,00
Спринт	17,87	2,11	2,57	3,39	0,92	1,16	73,61	3,01	1,19
Ароза	10,68	6,21	6,05	8,33	2,34	2,48	39,86	8,58	2,64
Лабелла	18,00	21,80	14,40	5,62	7,18	4,44	40,04	16,90	2,86
Примадонна	7,35	4,86	2,83	4,32	1,17	1,62	72,35	5,97	1,04
Тоскана	7,25	5,75	2,75	2,59	2,66	1,11	15,30	10,10	0,92
Верона	16,80	10,87	6,38	4,03	2,20	2,06	17,00	3,76	2,46
Арника	11,88	5,83	2,57	2,76	2,16	1,16	43,26	7,38	1,19
Среднее	***17,92***	***4,91***	***3,67***	***5,17***	***1,80***	***1,23***	***55,11***	***4,82***	***1,37***
Среднее в растении	**8,58**			**2,72**			**20,58**		
Критическая концентрация	150,0-200,0			15,0-20,0			500		
ФОН	***21,38***			***24,5***			***46,73***		

Основной источник поступления свинца – автотранспорт, возможно, что при движении технических средств выделяемые продукты сжигания топлива, содержащие свинец, поступают в растение. Превышение среднего значения кадмия по сравнению с фоном в воздушно-сухой фитомассе картофеля в 4,92 раза. Среднее значение превышения кадмия фоновых значений выявлено во всех исследуемых сортах в 2-5 раза. Установлено превышение среднего значения в воздушно-сухой фитомассе картофеля содержания железа над фоном в 1,9 раза, высокотоксичного свинца в 3,5 раз, кадмия в 4,9 раз.

При сравнении исследованных частей растения выявлено, что по максимальному количеству накопление тяжелых металлов представлено рядом: надземная часть > перидерма >паренхима клубня.

При этом эпидерма и запасающая часть клубня содержат допустимые значения токсикантов, не превышающие фоновых значений. При длительном контакте с надземными частями растений, содержащими высокие значения тяжелых металлов, возможен отток по нисходящим сосудам в клубни растений. При очистке клубней (удалении перидерму), содержание тяжелых металлов в воздушно-сухой массе в клубнях картофеля по отношению к паренхиме выявлено снижение всех изученных элементов. Наибольшее снижение установлено для железа в 55,8 раза, марганца в 3,7 раз и свинца в 3,4 раза, снижение цинка и меди в 1,54 раза и 1,8 раз соответственно, снижение кадмия не установлено. Основная часть поступивших в растения металлов около 89-59 % накапливается в ботве, в среднем 8-25 % поступило в паренхиму и только 1-13 % накапливается в клубнях картофеля.

Содержание тяжелых металлов в ботве, кожуре и очищенных клубнях картофеля в зависимости от периода исследований не превышало установленных норм (табл. 34).

Исключение составляет распределения кадмия, где среднее поступление элемента находится на одном уровне значений в паренхиме и клубнях и составляет 21 % от общего содержания в растении. Соотношение надземная часть > паренхима клубня установлено, что максимальное снижение происходит у железа в 100 раз и у марганца в 40,5 раз, минимальное у кадмия в 2,75 раз. По результатам исследования установлено, что наземная часть накапливает свинца в 8,86 раз больше чем клубень картофеля, цинка и меди в 5,8 и 5,4 раза соответственно.

Таблица 34

Содержание тяжелых металлов в растениях картофеля

Элемент	Часть растения	Год исследования				Среднее значение	Среднее в растении	Критическая концентрация	*ФОН
		2011	2012	2013	2014				
Pb	ботва	2,22	2,12	2,01	1,15	1,88	0,89	10-20	0,28
	кожура	0,38	0,13	0,13	1,77	0,60			
	клубень	0,26	0,16	0,16	0,19	0,19			
Cd	ботва	0,17	0,26	0,26	0,19	0,22	0,12	5-10	0,025
	кожура	0,02	0,056	0,06	0,16	0,07			
	клубень	0,02	0,03	0,05	0,11	0,06			
Fe	ботва	536,69	534,10	3210,7	784,70	1267	645	750	336,44
	кожура	45,78	199,8	72,19	2308	656			
	клубень	3,79	6,54	6,55	33,0	12,5			
Zn	ботва	18,2	19,0	19,1	12,1	17,1	8,58	150-200	21,38
	кожура	2,26	2,49	2,49	13,1	5,06			
	клубень	2,65	2,77	2,77	6,17	3,59			
Cu	ботва	6,68	4,296	4,29	5,23	5,12	2,72	15-20	24,5
	кожура	1,10	1,06	1,16	3,88	1,80			
	клубень	0,76	1,06	1,03	2,06	1,23			
Mn	ботва	50,76	7098	71,15	27,56	55,11	20,58	200	46,73
	кожура	2,33	3,26	3,26	12,2	5,26			
	клубень	0,90	1,46	1,16	1,67	1,37			

Примечание: * – фоновое содержание ТМ [140, 141, 142].

Отмечено превышение относительно фоновых значений содержание свинца в клубнях сортов картофеля Джелли, Колетте, Винета от 1,1 раза до 1,6 раз.

Результаты исследований содержания изученных элементов в надземной части изученных сортов картофеля показали, что значительные количества накапливает ботва. Накопление изученных тяжелых металлов представлено следующим убывающим рядом: Cd – Pb – Cu – Zn – Mn – Fe.

8. Эффективность использования органоминеральной системы удобрений, урожайность картофеля и плодородие чернозема обыкновенного

8.1. Расчет потребности в органических удобрениях для восстановления бездефицитного баланса гумуса при возделывании картофеля

Картофель очень отзывчив на удобрения. Дозы удобрений устанавливаются в зависимости от планируемого урожая, предшественника, обеспеченности почвы элементами питания. В изученных вариантах на опытных участках заложены опыты: контроль N_{120} P_{150} K_{300}, вариант опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$+ навоз 20 т/га, вариант опыта N_{120} P_{150} K_{300}+ навоз 60т/га где доза внесения минеральных удобрений из расчета в килограммах действующего вещества на 1га: азота –120 д.в, фосфора – 150 д.в. и калия – 300 д.в. При определении доз удобрений в расчет принимаются данные по выносу питательных веществ из почвы под запланированный урожай. Содержание этих элементов в почве принята по результатам оперативного агрохимического анализа почвы, с учетом коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений. Во всех вариантах доза внесения минеральных удобрений, как и на всех участках севооборота, остается неизменной N_{120} P_{150} K_{300} (калий хлористый 60% – 5 ц/га, сульфат аммония – 7,3 ц/га, аммофос – 12,3 ц/га). (Доза внесения минеральных удобрений принята по данным товаропроизводителя которая применяется в севообороте).

Для поддержания бездефицитного баланса гумуса на участках, был произведен расчет необходимого внесения органических удобрений (навоз КРС). В результате расчета была определена доза в размере 15,5 т/га. Расчет производился исходя из агрохимических анализов участков на создание бездефицитного баланса гумуса. Баланс гумуса на исследуемом участке отрицательный и составил – 1,55 т/га. Для поддержания баланса гумуса осенью под предшествующую культуру вносится полуперепревший навоз. Предшественником на исследуемом участке в севообороте является чистый (черный) пар. При посадке картофеля в гребни

проводится нарезка гребней и одновременно вносится органические удобрения.

Органические удобрения при внесении в почву в основном минерализуются, а часть их идет на образование гумуса. Состав и условия разложения определяют количество образующегося гумуса – % углерода органического вещества удобрения, вошедшего в состав гумуса почвы.

Количество гумуса (кг), получаемого от 1 т навоза, определяется по формуле:

$$Г = Кг \times (100\text{-}В) / 10,$$

где *Г* – количество гумуса в кг от 1 т навоза; *Кг* – коэффициент гумификации, % (20 %); *В* – влажность навоза, % (50%), *(100-В)* – содержание сухого вещества в навозе, %.

$$Г = 20 \times (100\text{-}50) / 10 = 20 \times 50 / 10 = 1000/10 = 100 \text{ кг} = 0{,}1 \text{ т из 1 т навоза.}$$

Расходная часть статьи баланса рассчитывается путем умножения площади культуры на ежегодную потерю гумуса под данной культурой (ежегодная потеря гумуса при минерализации под картофелем для среднесуглинистых почв составляет 1,7 т/га).

Приходная часть статьи баланса рассчитывается путем умножения площади культуры на ежегодное восполнение гумуса под данной культурой (ежегодное восполнение гумуса под картофелем 0,15 т/га)

Баланс рассчитывается путем разности между приходной статьей баланса и расходной.

Потребность в органических удобрениях рассчитывается путем деления баланса на количество гумуса из 1 тонны навоза.

Расчет потребности в органических удобрениях картофеля:

1. Расходная часть статьи баланса = 210 га × 1,7 т = 357 т/га;

2. Приходная часть статьи баланса = 210 га × 0,15 = 31,5 т/га;

3. Баланс = 31,5 – 357 = -325,5 т/га;

4. Потребность в органических удобрениях = -325,5 / 0,1 = = -3255 т.

В расчете на 1 га = -3255 : 210 = -15,5 т/га.

Полученная расчетным путем норма внесения под картофель органических удобрений – 15,5 т/га позволяет восстановить баланс гумуса.

В качестве органического удобрения был принят навоз полуперепревший – подстилочный навоз. Анализ химического состава навоза показал, что внесение органического удобрения положительно скажется на дополнительное поступление в почву элементов питания азота, фосфора и калия, и, самое главное в составе отмечено высокое содержание органического вещества, которое восстановит баланс гумуса в почве (табл. 35).

Таблица 35

Химический состав полуперепревшего навоза

Удобрение	Влажность, %	Содержание (в пересчёте на сырое вещество), %				
		Органическое вещество	Зола	N	P_2O_5	K_2O
Навоз подстилочный	75	21	4	0,50	0,25	0,60
Твердая фракция бесподстилочного навоза	75	19	6	0,56	0,30	0,42

Анализ на содержания микроэлементов органического удобрения показал отсутствие превышения ПДК и ФОНа (табл. 36). Присутствие отдельных микроэлементов позволит обогатить почву и улучшить ее микроэлементный состав.

Таблица 36

Микроэлементный состав полуперепревшего подстилочного навоза

Объект	Элементы, мг/кг						
	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Co	Fe
Навоз	49,5	0,50	10,6	14,9	15,1	1,83	3491
ПДК	220	2,00	130		-	14,0	-

В среднем за период с 2012 по 2014 годы увеличение дозы навоза способствовало увеличению урожайности картофеля (табл. 37).

В 2012 году урожайность на контрольном участке сорта Ароза составила 30,8 т/га, незначительная прибавка урожая была получена в варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га и составила 3,2 %, прибавку к урожаю 1,0 т/га. В варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га урожайность картофеля увеличилась на 16,6 %, что составило прибавку к урожаю 5,1 т/га. Прибавка к урожаю сорта Арника в варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га несколько выше, чем у сорта Ароза и составила 4,3 %, прибавка к урожаю

1,4 т/га, однако в варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га урожайность картофеля несколько ниже, но все равно увеличилась на 11,7 %, а прибавка к урожаю составила 4,1 т/га.

Таблица 37

Урожайность картофеля при различных дозах удобрений, 2012-2014 гг.

Вариант опыта	Годы исследований			Среднее		
	2012	2013	2014	Урожайность, т/га	Прибавка	
					т/га	%
Сорт Ароза						
$N_{120}P_{150}K_{300}$	30,8	28,5	33,0	30,8	-	-
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	31,8	30,5	34,1	32,1	1,3	4,2
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	35,9	33,5	38,1	35,8	5,0	16,2
Сорт Арника						
$N_{120}P_{150}K_{300}$	30,8	28,5	33,0	30,8	-	-
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	32,2	29,9	34,4	32,2	1,4	4,3
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	34,9	32,7	37,2	34,9	4,1	11,7
$НСР_{05}$	0,9	0,7	0,6			

В 2013 году урожайность на контрольном участке сорта Ароза составила 28,5 т/га, прибавка урожая в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га составила 7,0 %, прибавка к урожаю 2,0 т/га. В варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га урожайность картофеля увеличилась на 17,5 %, что составила прибавку к урожаю 5,0 т/га. Прибавка к урожаю сорта Арника в варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га несколько выше, чем у сорта Ароза и составила 4,7 % или прибавку к урожаю 1,4 т/га, однако в варианте опыта N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га урожайность картофеля несколько ниже, но все равно увеличилась на 12,8 %, а прибавка к урожаю составила 4,2 т/га.

В 2014 году урожайность на контрольном участке сорта Ароза составила 33,0 т/га, прибавка урожая в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га составила 3,3 %, прибавка к урожаю 1,1 т/га. В варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га урожайность картофеля увеличилась на 15,4 %, что составила прибавку к урожаю 5,1 т/га. Прибавка к урожаю сорта Арника в варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га несколько выше, чем у сорта Ароза и составила

4,1 %, прибавка к урожаю 1,4 т/га, в варианте опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га урожайность картофеля увеличилась на 11,3 %, а прибавка к урожаю составила 4,2 т/га.

В среднем за период с 2012 по 2014 годы увеличение дозы навоза способствовало увеличению урожайности картофеля (рис. 14).

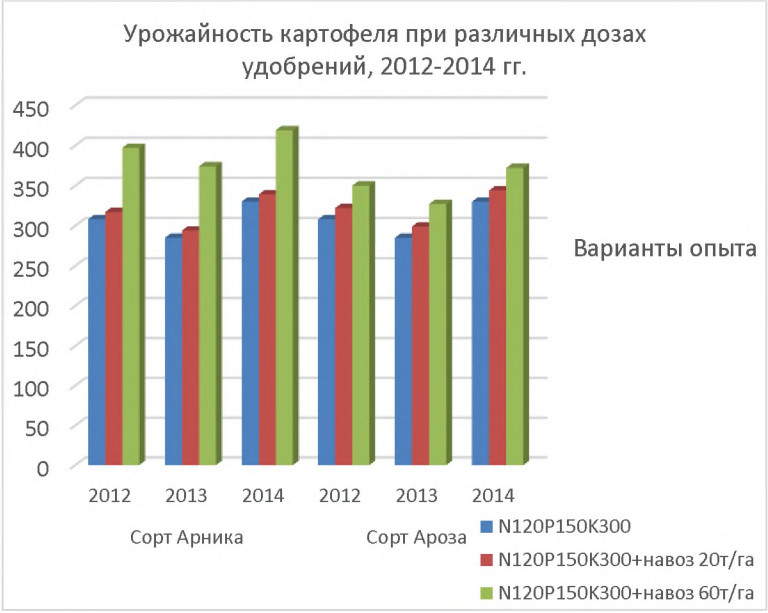


Рис. 14. Динамика изменения урожайности картофеля по вариантам опыта по сортам Арника и Ароза

При дозе внесения органических удобрений 60 т/га выявлена прибавка к урожаю у сорта Ароза 5,0 т/га, а у сорта Арника 4,1 т/га, при 20 т/га она гораздо меньше (сорт Ароза 1,3 т/га, сорт Арника 1,4 т/га), так как часть внесенного навоза идет на восстановление отрицательного баланса гумуса 15,5 т/га и только 0,5 т/га остается на создание прибавки к урожаю.

По результатам проведенных исследований выявлено, что на увеличение урожайности исследованных сортов картофеля преимущественно повышается при внесении к основному фону $N_{120}P_{150}K_{300}$ органической добавки в виде навоза 60 т/га.

8.2. Влияние различных доз удобрений органоминеральной системы на химический состав и накопление тяжелых металлов в агроценозах картофеля

В проведенных исследованиях изучены два сорта картофеля интродуцированный среднеранний сорт Арника и районированный раннеспелый сорт Ароза, имеющие коммерческую ценность и рекомендованные для производственных испытаний в Самарской области. В химическом составе клубней этих двух сортов картофеля произошли изменения в зависимости от внесения органических удобрений (табл. 38).

На опытных делянках с внесением органического удобрения отмечается повышение содержания влаги в клубнях, небольшое число БЭВ, что связано в большей степени с невысоким содержанием крахмала.

Таблица 38

Основные показатели качества клубней при различных дозах удобрений, 2012-2014 гг.

Вариант опыта	Показатель, единица измерения, %										
	Сухое вещество	Белки	Клетчатка	Зола	БЭВ	Азот	Фосфор	Калий	Сахар, г	Крахмал	Влага
Сорт Арника											
$N_{120}P_{150}K_{300}$	19,33	12,65	0,83	5,54	80,98	2,20	0,37	2,60	12,96	17,7	73,3
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	17,06	12,93	2,39	3,37	81,31	2,25	0,31	2,93	13,66	13,9	70,2
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	18,00	13,28	4,98	4,29	77,45	2,31	0,38	2,48	12,57	14,0	77,7
Сорт Ароза											
$N_{120}P_{150}K_{300}$	22,33	17,65	2,90	5,88	73,57	3,07	0,36	2,06	14,40	14,3	71,8
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	19,40	13,51	1,09	4,14	81,26	2,35	0,46	2,76	13,08	13,5	76,3
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	19,57	13,28	4,03	2,99	79,70	2,31	0,37	2,73	13,76	13,6	74,1

Содержание крахмала в клубнях картофеля сорта Арника колеблется 14,0 до 17,7 % на контроле и на опытном участке с вариантом внесения 60 т/га навоза КРС, у сорта Ароза содержания крахмала на опытных участках от 13,5 до 13,56 %.

Содержание клетчатки на контрольных участках варьирует от 0,83 % у сорта Арника до 2,90 % у сорта Ароза. Наибольшее содержание клетчатки установлено на учетных площадках с дозой внесения навоза КРС 60 т/га: сорт Арника – 4,98 %, сорт Ароза – 4,03 %.

Оба сорта характеризуются низким содержанием сухого вещества (менее 22%) как на контрольных участках, так и на опытных.

Клубни изученных сортов обладают повышенным содержанием сахара (норма 10,5 г). В контрольных образцах его содержится 12,96-14,40 г, однако на опытных участках с внесенным органическим удобрением (навоз КРС) 60 т/га его содержание незначительно уменьшается до 12,57-13,08 г.

Содержание азота колеблется от 2,20 % у сорта Арника до 3,07 % у сорта Ароза, на контрольных участках, что является допустимым значением (до 4,6%). На участках с вариантами опыта внесения доз органических удобрений (навоз КРС) содержание незначительно снизилось у сорта Ароза до 2,31-2,35 %, а у сорта Арника повысилось до 2,25-2,31 %, но в обоих случаях не превысили допустимое значение.

Значения калия варьирует от 2,06 % у сорта Ароза до 2,6 % у сорта Арника, при норме – до 4,2 %. Содержание фосфора колеблется на контрольных участках практически одинаково в сорте Арника – 0,37 % в сорте Ароза – 0,36 % (в норме 0,5%). Незначительно колеблется на опытных участках от 0,31 до 0,46 % без определенной закономерности, однако не превышает норму.

Внесение органического удобрения на исследуемом участке под сорт Арника привело к плавному снижению содержания в почве ТМ в вариантах опыта N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 20 т/га и N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га Cd – в 1,4 раза; Cu – в 1,1-1,2 раза; Fe – в 1,1 раза по отношению к контролю N_{120} P_{150} K_{300} (табл. 39*)*.

Увеличению содержания в почве отмечено в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га в 1,1 раза для Pb, Zn и Mn по сравнению с контрольной площадкой.

Таблица 39

Содержание валовой формы тяжёлых металлов в почве под плантацией картофеля при различных дозах удобрений, 2012-2014 гг.

Вариант опыта	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
Сорт Арника						
$N_{120}P_{150}K_{300}$	$\frac{8,98 \pm 0,86}{7,27 - 9,89}$ 1,49	$\frac{0,49 \pm 0,03}{0,34 - 0,44}$ 0,05	$\frac{12,60 \pm 1,77}{9,05 - 14,47}$ 3,07	$\frac{52,00 \pm 4,52}{47,37 - 61,04}$ 7,83	$\frac{338,00 \pm 8,84}{320,37 - 347,96}$ 15,31	$\frac{20264,00 \pm 2078,49}{16139,61 - 22776,11}$ 3600,05
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	$\frac{9,44 \pm 0,42}{8,68 - 10,12}$ 0,73	$\frac{0,34 \pm 0,07}{0,20 - 0,42}$ 0,12	$\frac{11,56 \pm 1,52}{8,52 - 13,27}$ 2,64	$\frac{54,20 \pm 1,60}{52,44 - 57,40}$ 2,77	$\frac{365,33 \pm 16,26}{343,23 - 397,06}$ 28,18	$\frac{20496,66 \pm 2701,40}{15146,77 - 23824,91}$ 4678,97
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	$\frac{9,64 \pm 0,32}{9,02 - 10,02}$ 0,54	$\frac{0,34 \pm 0,06}{0,22 - 0,40}$ 0,10	$\frac{10,83 \pm 1,47}{7,88 - 12,33}$ 2,55	$\frac{55,20 \pm 2,46}{52,48 - 60,11}$ 4,26	$\frac{348,67 \pm 15,82}{321,13 - 375,94}$ 27,40	$\frac{19638,33 \pm 2187,71}{15264,22 - 21918,01}$ 3737,12
Сорт Ароза						
$N_{120}P_{150}K_{300}$	$\frac{9,42 \pm 0,17}{9,06 - 9,60}$ 0,30	$\frac{0,36 \pm 0,09}{0,22 - 0,53}$ 0,16	$\frac{11,95 \pm 1,58}{9,23 - 14,69}$ 2,73	$\frac{46,0 \pm 2,25}{41,54 - 48,77}$ 3,89	$\frac{309,5 \pm 15,51}{278,49 - 325,92}$ 26,87	$\frac{18196,00 \pm 2484,00}{13229,00 - 20744,00}$ 4301,61
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	$\frac{9,80 \pm 0,42}{9,28 - 10,62}$ 0,73	$\frac{0,30 \pm 0,05}{0,21 - 0,35}$ 0,08	$\frac{11,19 \pm 1,08}{9,16 - 12,86}$ 1,87	$\frac{40,46 \pm 1,69}{38,73 - 43,84}$ 2,93	$\frac{275,5 \pm 19,95}{238,88 - 302,39}$ 34,55	$\frac{17186,66 \pm 2433,09}{12320,49 - 19622,26}$ 4214,23
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	$\frac{9,32 \pm 0,09}{9,20 - 9,50}$ 0,16	$\frac{0,31 \pm 0,06}{0,19 - 0,38}$ 0,10	$\frac{9,86 \pm 0,72}{8,42 - 10,58}$ 1,25	$\frac{41,83 \pm 2,08}{39,13 - 45,91}$ 3,59	$\frac{295,83 \pm 14,92}{266,37 - 314,74}$ 25,85	$\frac{16241,66 \pm 2021,41}{12198,85 - 18266,59}$ 3500,67
ФОН	*4,2*	*0,66*	*23,8*	*25,1*	*625,1*	*10923*
ПДК	30,00	2,00	55,00	100,00	1500,00	-

Иная картина наблюдается на участках под сортом Ароза, когда при внесении органических удобрений (навоз КРС) в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га в почве произошли незначительные уменьшение содержания всех исследуемых элементов: Pb, Zn, Mn и Fe – в 1,1 раза, а Cd и Cu – в 1,2 раза по сравнению с контрольным участком – вариант N_{120} P_{150} K_{300}. Следует отметить, что максимальное снижение при внесении в почву органических удобрений (навоз КРС) произошло в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га под сортами Арника и Ароза.

По сравнению с фоном валовое содержание тяжелых металлов превышает фон во всех вариантах: Pb в 2,1-2,3 раза (максимальное превышение в 2,3 раза в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 20 т/га), Zn в 1,6-2,2 раза, Fe в 1,5-1,9 раза максимальное превышение в 1,9 раза в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 20 т/га.

Содержание подвижных форм изученных тяжелых металлов в почве среднее значение не превышает предельно допустимой концентрации (табл. 40).

Содержание в почве подвижных форм тяжелых металлов по отношению к валовому в процентном выражении неодинаково и колеблется в зависимости от варианта. Содержание подвижной формы свинца составляет 5,3 % от валового (сорт Арника) на контрольной площадке N_{120} P_{150} K_{300}, на делянках произошло снижение до 3,9 % наибольшее снижение в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га. Менее 1% выявлено содержание подвижных форм от валовых в изучаемых элементах тяжелых металлов – Cu, Zn, Fe.

Наибольший процент содержания подвижных форм ТМ от валового содержания Cd, колеблется на контрольной площадке $N_{120}P_{150}K_{300}$ 11% с изменением до 15,6% в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га сорт Арника. У сорта Ароза с изменением Cd от 12,2% на контрольной площадке $N_{120}P_{150}K_{300}$до 17,7 % в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га. Также установлено, что содержание подвижных форм Pb и Mn от валового составляет значительный процент. Содержание Pb на контрольных площадках у Арники составляет 5,3%, у сорта Ароза – 3,2%. При повышении доз вносимых удобрений зависимость установить не удалось, однако в варианте с внесением 60 т/га навоза процент подвижности меньше, чем на контрольной площадке в обоих исследуемых сортах. Иначе ведет себя Mn, где процентное отношение подвижных форм к валовым практически остается без изменения по всем вариантам.

Таблица 40

Содержание подвижной формы тяжёлых металлов в почве под плантацией картофеля при различных дозах удобрений, 2012-2014 гг.

Вариант опыта	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
Сорт Арника						
$N_{120}P_{150}K_{300}$	$\frac{0,48 \pm 0,28}{0,16 - 1,03}\ 0,48$	$\frac{0,054 \pm 0,01}{0,045 - 0,069}\ 0,01$	$\frac{0,14 \pm 0,05}{0,09 - 0,24}\ 0,09$	$\frac{0,28 \pm 0,04}{0,21 - 0,35}\ 0,07$	$\frac{14,70 \pm 8,41}{6,08 - 31,53}\ 14,58$	$\frac{3,50 \pm 0,84}{2,58 - 5,19}\ 1,46$
подвижность	***5,3***	***11,0***	***1,1***	***0,5***	***4,3***	***0,02***
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	$\frac{0,56 \pm 0,03}{0,50 - 0,61}\ 0,06$	$\frac{0,052 \pm 0,01}{0,046 - 0,064}\ 0,01$	$\frac{0,05 \pm 0,01}{0,04 - 0,07}\ 0,01$	$\frac{0,30 \pm 0,09}{0,15 - 0,45}\ 0,15$	$\frac{13,32 \pm 6,37}{6,49 - 26,06}\ 11,04$	$\frac{3,86 \pm 1,01}{2,48 - 5,80}\ 1,73$
подвижность	***5,9***	***15,3***	***0,4***	***0,6***	***3,6***	***0,02***
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	$\frac{0,38 \pm 0,06}{0,32 - 0,48}\ 0,08$	$\frac{0,053 \pm 0,01}{0,045 - 0,063}\ 0,01$	$\frac{0,04 \pm 0,01}{0,03 - 0,06}\ 0,02$	$\frac{0,46 \pm 0,02}{0,44 - 0,49}\ 0,02$	$\frac{14,60 \pm 6,54}{7,03 - 27,63}\ 11,34$	$\frac{3,68 \pm 0,71}{2,44 - 4,91}\ 1,23$
подвижность	***3,9***	***15,6***	***0,4***	***0,8***	***4,2***	***0,02***
Сорт Ароза						
$N_{120}P_{150}K_{300}$	$\frac{0,30 \pm 0,07}{0,23 - 0,43}\ 0,12$	$\frac{0,044 \pm 0,01}{0,031 - 0,068}\ 0,02$	$\frac{0,11 \pm 0,05}{0,05 - 0,21}\ 0,09$	$\frac{0,18 \pm 0,07}{0,11 - 0,32}\ 0,12$	$\frac{13,30 \pm 6,99}{6,28 - 27,31}\ 12,13$	$\frac{2,84 \pm 0,22}{2,41 - 3,07}\ 0,37$
подвижность	***3,2***	***12,2***	***0,9***	***0,4***	***4,3***	***0,02***
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га	$\frac{0,11 \pm 0,02}{0,09 - 0,16}\ 0,04$	$\frac{0,050 \pm 0,01}{0,037 - 0,070}\ 0,02$	$\frac{0,07 \pm 0,03}{0,03 - 0,13}\ 0,05$	$\frac{0,17 \pm 0,07}{0,11 - 0,28}\ 0,10$	$\frac{12,23 \pm 6,21}{5,98 - 24,64}\ 10,75$	$\frac{1,14 \pm 0,27}{0,84 - 1,69}\ 0,48$
подвижность	***1,1***	***16,7***	***0,6***	***0,4***	***4,4***	***0,07***
$N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га	$\frac{0,16 \pm 0,02}{0,13 - 0,21}\ 0,04$	$\frac{0,055 \pm 0,01}{0,040 - 0,064}\ 0,01$	$\frac{0,03 \pm 0,01}{0,02 - 0,02}\ 0,01$	$\frac{0,41 \pm 0,03}{0,38 - 0,47}\ 0,05$	$\frac{14,47 \pm 5,91}{8,11 - 26,27}\ 10,24$	$\frac{2,55 \pm 0,33}{1,90 - 3,01}\ 0,58$
подвижность	***1,7***	***17,7***	***0,3***	***1,0***	***4,9***	***0,02***
ФОН	0,40	0,037	0,13	0,40	35,00	7,67
ПДК	6,0	0,10	3,0	23,0	140,0	-

Однако у сорта Ароза в варианте с внесением 60 т/га навоза отмечается незначительное увеличение подвижных форм от валовых (на 0,6%) по отношению к контрольной площадке. Менее 1% составило значение подвижных форм Cu, Zn и Fe от валового содержания. Определенной закономерности по изменению процентного содержания в зависимости от вариантов по этим элементам не прослеживается. Наблюдается некоторое превышение фоновых значений по накоплению цинка (в 1,15 раза) в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$+ навоз 60 т/га – меди в 1,07 раза и свинца в 1,4 раза, свинца в 1,2 раза, меди в 1,1 раза (сорт Арника) и кадмия в 1,4 раза (по обоим сортам Арника и Ароза) на контрольной площадке $N_{120}P_{150}K_{300}$. На опытных участках: в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га наблюдается превышение свинца в 1,4 раза (сорт Арника), кадмия в 1,4 раза (по обоим сортам Арника и Ароза), в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ навоз 60 т/га превышение кадмия в 1,4-1,5 раз, цинк в 1,2 раза (по обоим сортам Арника и Ароза). Такое незначительное превышение фоновых уровней указывает на то, что эти элементы являются рассеянными в почве.

Анализ проб клубней и ботвы выявил следующие закономерности (табл. 41, 42). Содержание тяжелых металлов в изученных сортах и вариантах не превышает как фитотоксичную, так и критическую концентрации. При сравнении исследованных частей растения выявлено, что максимальное количество металлов накапливает надземная часть меньше перидерма клубня и паренхима клубня. При этом, перидерма и запасающая часть клубня содержат допустимые значения токсикантов, не превышающие ПДК и в большинстве фоновых значений. Необходимо учитывать, что при длительном контакте с надземными частями растений, содержащими высокие значения тяжелых металлов, возможен отток по нисходящим сосудам в клубни растений [204].

Нормальная концентрация превышена в ботве: на контрольном участке N_{120} P_{150} K_{300} по свинцу в 2,1-2,5раза, по железу в 9-9,5раз; в варианте N_{120} P_{150} K_{300}+ навоз 20 т/га по свинцу в 2,9-3,5 раза , по железу в 9,9-10,5 раз; в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га по свинцу в 4,33-4,8 раз и по железу в 11,0-11,6 раз. Нормальная концентрация превышена в клубнях: на контрольном участке N_{120} P_{150} K_{300} – не выявлено; в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 20 т/га по свинцу в 1,8 раз; в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га по свинцу в 2,5-4,1 раз.

Таблица 41

Содержание тяжелых металлов в картофеле сорта Арника при различных дозах удобрений, 2012-2014 гг.

Часть растения	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
Контроль $N_{120}P_{150}K_{300}$						
Ботва	$\frac{1,24 \pm 0,12}{1,01 - 1,37}$ 0,21	$\frac{0,19 \pm 0,02}{0,16 - 0,21}$ 0,02	$\frac{2,76 \pm 0,39}{1,98 - 3,17}$ 0,67	$\frac{11,88 \pm 1,03}{10,84 - 13,95}$ 1,79	$\frac{43,26 \pm 1,13}{41,01 - 44,56}$ 1,96	$\frac{2248,4 \pm 230,58}{1790,84 - 2527,23}$ 399,46
Клубень	$\frac{0,025 \pm 0,01}{0,02 - 0,03}$ 0,01	$\frac{0,024 \pm 0,001}{0,02 - 0,03}$ 0,01	$\frac{1,16 \pm 0,16}{0,83 - 1,33}$ 0,28	$\frac{2,57 \pm 0,22}{2,34 - 3,02}$ 0,39	$\frac{1,19 \pm 0,03}{1,13 - 1,23}$ 0,05	$\frac{3,76 \pm 0,38}{2,99 - 4,23}$ 0,67
$N_{120}P_{150}K_{300}$+ навоз 20 т/га						
Ботва	$\frac{1,70 \pm 0,08}{1,56 - 1,82}$ 0,13	$\frac{0,14 \pm 0,03}{0,08 - 0,17}$ 0,05	$\frac{1,72 \pm 0,23}{1,27 - 1,97}$ 0,39	$\frac{14,08 \pm 0,42}{13,62 - 14,91}$ 0,75	$\frac{70,59 \pm 3,14}{66,32 - 76,72}$ 5,44	$\frac{2481,06 \pm 326,99}{1833,40 - 2883,94}$ 566,38
Клубень	$\frac{0,35 \pm 0,01}{0,33 - 0,36}$ 0,02	$\frac{0,094 \pm 0,02}{0,06 - 0,11}$ 0,03	$\frac{0,20 \pm 0,03}{0,14 - 0,23}$ 0,05	$\frac{3,05 \pm 0,14}{2,90 - 3,32}$ 0,24	$\frac{1,94 \pm 0,09}{1,78 - 2,098}$ 0,15	$\frac{3,82 \pm 0,43}{2,97 - 4,26}$ 0,74
$N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га						
Ботва	$\frac{2,42 \pm 0,04}{2,47 - 2,62}$ 0,08	$\frac{0,22 \pm 0,05}{0,13 - 0,32}$ 0,08	$\frac{0,69 \pm 0,09}{0,53 - 0,84}$ 0,16	$\frac{19,12 \pm 0,93}{17,26 - 20,27}$ 1,62	$\frac{111,26 \pm 5,57}{100,11 - 117,16}$ 9,65	$\frac{2758,40 \pm 376,49}{2005,51 - 3144,68}$ 652,10
Клубень	$\frac{1,25 \pm 0,05}{1,18 - 1,36}$ 0,09	$\frac{0,026 \pm 0,004}{0,02 - 0,03}$ 0,01	$\frac{0,19 \pm ,002}{0,15 - 0,21}$ 0,03	$\frac{1,55 \pm 0,06}{1,48 - 1,68}$ 0,11	$\frac{3,06 \pm 0,22}{2,62 - 3,32}$ 0,38	$\frac{4,61 \pm 0,65}{3,10 - 5,26}$ 1,13
ФОН	0,28	0,03	24,5	21,38	46,73	336,44
Концентрация: нормальная	0,1-0,5	0,05-2	2-12	15-150	300	50 - 250
критическая	10-20	5-10	15-20	150-200	500	750
фитотоксичная	20	100	20	400	500	-

Таблица 42

Содержание тяжелых металлов в картофеле сорта Ароза при различных дозах удобрений, 2012-2014 гг.

Часть растения	Тяжёлые металлы, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
Контроль $N_{120}P_{150}K_{300}$						
Ботва	$\frac{1,05 \pm 0,10}{0,85 - 1,21}$ 0,17	$\frac{0,18 \pm 0,01}{0,16 - 0,20}$ 0,02	$\frac{8,33 \pm 1,17}{5,98 - 9,56}$ 2,03	$\frac{10,68 \pm 0,93}{9,74 - 12,54}$ 1,61	$\frac{39,86 \pm 1,04}{37,78 - 41,04}$ 1,81	$\frac{2364,5 \pm 242,53}{1883,25 - 2657,62}$ 420,07
Клубень	$\frac{0,65 \pm 0,06}{0,52 - 0,74}$ 0,01	$\frac{0,044 \pm 0,003}{0,038 - 0,048}$ 0,01	$\frac{2,48 \pm 0,098}{1,78 - 2,84}$ 0,61	$\frac{6,05 \pm 0,52}{5,52 - 7,10}$ 0,91	$\frac{2,64 \pm 0,07}{2,50 - 2,72}$ 0,12	$\frac{21,08 \pm 2,16}{16,78 - 23,69}$ 3,74
$N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га						
Ботва	$\frac{1,44 \pm 0,06}{1,32 - 1,54}$ 0,11	$\frac{0,13 \pm 0,03}{0,07 - 0,16}$ 0,05	$\frac{5,19 \pm 0,68}{3,82 - 5,95}$ 1,18	$\frac{12,65 \pm 0,37}{12,24 - 13,39}$ 0,64	$\frac{65,03 \pm 2,89}{61,09 - 70,67}$ 5,01	$\frac{2609,21 \pm 343,88}{1928,17 - 3032,89}$ 595,62
Клубень	$\frac{0,91 \pm 0,03}{0,85 - 0,95}$ 0,05	$\frac{0,044 \pm 0,008}{0,028 - 0,052}$ 0,01	$\frac{0,43 \pm 0,06}{0,31 - 0,48}$ 0,10	$\frac{7,18 \pm 0,32}{6,82 - 7,81}$ 0,55	$\frac{4,31 \pm 0,19}{3,96 - 4,64}$ 0,34	$\frac{21,41 \pm 2,38}{16,64 - 23,89}$ 4,13
$N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га						
Ботва	$\frac{2,15 \pm 0,04}{2,07 - 2,19}$ 0,07	$\frac{0,20 \pm 0,05}{0,12 - 0,28}$ 0,09	$\frac{2,08 \pm 0,27}{1,61 - 2,55}$ 0,47	$\frac{17,18 \pm 0,84}{15,51 - 18,21}$ 1,45	$\frac{102,51 \pm 5,14}{92,23 - 107,94}$ 8,90	$\frac{2900,83 \pm 395,82}{2109,06 - 3307,05}$ 685,76
Клубень	$\frac{2,04 \pm 0,08}{1,93 - 2,22}$ 0,15	$\frac{0,047 \pm 0,008}{0,032 - 0,055}$ 0,01	$\frac{0,40 \pm ,004}{0,32 - 0,46}$ 0,07	$\frac{3,65 \pm 0,15}{3,49 - 3,95}$ 0,26	$\frac{6,79 \pm 0,48}{5,82 - 7,37}$ 0,84	$\frac{25,84 \pm 3,66}{18,52 - 29,50}$ 6,33
ФОН	0,28	0,03	24,5	21,38	46,73	336,44
Нормальная концентрация	0,1-0,5	0,05-2	2-12	15-150	300	50-250
Критическая концентрация	1-20	5-10	15-20	150-200	500	750

Превышение содержания тяжелых металлов над фоном выявлено в ботве: на контрольном участке N_{120} P_{150} K_{300}: по фосфору в 3,75-4,4 раза, по кадмию – в 6,0-6,3 раза, по железу в 6,7-7,0 раз; вариант N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 20 т/га по кадмию в 4,3-4,7 раз, по свинцу в 5,1-6,0 раз, по железу в 7,4-7,8 раз, по марганцу в 1,4-1,5 раз; вариант N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га по свинцу в 7,7-8,6 раз, по кадмию 6,7-7,3 раза, по железу в 8,2-8,6 раз и по марганцу в 2,2-2,4 раза. Не выявлено превышение над фоном по меди и цинку. Превышение содержания тяжелых металлов над ФОНом выявлено на контрольном участке N_{120} P_{150} K_{300} в клубнях: по кадмию в 1,4 раза (сорт Ароза); вариант N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 20 т/га по свинцу в 1,2-3,2 раза, кадмию в 1,5-3,1 раза; вариант N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га по свинцу в 4,5-7,3 раза, по кадмию в 1,6 раз (сорт Ароза). Не выявлено превышение в клубнях над фоном по меди, цинку, марганцу, железу, по фосфору на контрольном участке N_{120} P_{150} K_{300}, по кадмию вариант N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га.

Внесение органических удобрений способствует снижению значений подвижного свинца, кадмия, меди и повышению значений цинка, марганца и железа.

О степени интенсивности вовлечения элементов в биологический круговорот позволяют судить коэффициенты биологического поглощения (КБП) или индексы аккумуляции, представляющие отношение концентрации элемента в растении в воздушно-сухом состоянии к его концентрации в верхнем горизонте почв [200, 201, 202, 203]. Для растений КБП является одним из основных показателей накопления элементов. Этот коэффициент используется для оценки связи среды и физиологической роли химического элемента, а также для выявления участия каждого химического элемента в биотическом круговороте, роли организмов-индикаторов и организмов-концентраторов. Коэффициент биологического поглощения (КБП) рассчитывается как отношение содержания элементов в золе растений к их валовому содержанию в почвах, при этом КБП отражает потенциальную биогеохимическую подвижность элементов [129]. Согласно установленной А. И. Перельманом в 1989 году группировке химических элементов в рядах по интенсивности биологического поглощения используются градации: элементы биологического накопления (КБП>1), элементы биологического захвата (КБП<1).

Расчеты показали, что все полученные коэффициенты биологического поглощения (КБП), как в ботве, так и в клубнях, по степени интенсивности относятся к группе «захвата». Однако, в ботве исследуемых сортах Арника и Ароза: на контрольном участке N_{120} P_{150} K_{300}, в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 20 т/га и варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га согласно градации они являются элементами слабого поглощения и среднего захвата и содержаться в концентрациях характеризующихся как нормальные (табл. 43).

Таблица 43

Коэффициенты биологического поглощения
для растений картофеля сорта Арника и сорта Ароза

Часть растения	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
Контроль $N_{120}P_{150}K_{300}$						
Ботва	0,14 0,11	0,48 0,50	0,22 0,70	0,23 0,23	0,13 0,13	0,11 0,13
Клубень	0,003 0,007	0,06 0,12	0,09 0,21	0,05 0,13	0,003 0,008	0,001 0,001
$N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га						
Ботва	0,18 0,15	0,41 0,43	0,15 0,46	0,26 0,31	0,19 0,24	0,12 0,15
Клубень	0,04 0,09	0,07 0,15	0,02 0,04	0,06 0,18	0,005 0,016	0,001 0,001
$N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га						
Ботва	0,25 0,23	0,65 0,64	0,06 0,21	0,25 0,41	0,32 0,35	0,14 0,18
Клубень	0,13 0,22	0,08 0,15	0,02 0,04	0,03 0,09	0,09 0,02	0,001 0,002

Примечание. Числитель – сорт Арника, знаменатель – сорт Ароза.

В клубнях картофеля сорта Арника КБП на контрольном участке N_{120} P_{150} K_{300}, в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 20 т/га и варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га Cd, Cu, Zn – являются элементами слабого захвата; по показателям Mn, Fe – элементы очень слабого захвата (рис. 15).

Коэффициент Pb, по рассчитанному коэффициенту биологического поглощения в клубнях и степени интенсивности относится к группе «захвата», но разделяется по рядам биологического поглощения: на контрольном участке N_{120} P_{150} K_{300} – очень слабый захват, в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 20 т/га – слабый захват, а в варианте N_{120} P_{150} K_{300} + навоз 60 т/га – слабое накопление и средний захват.

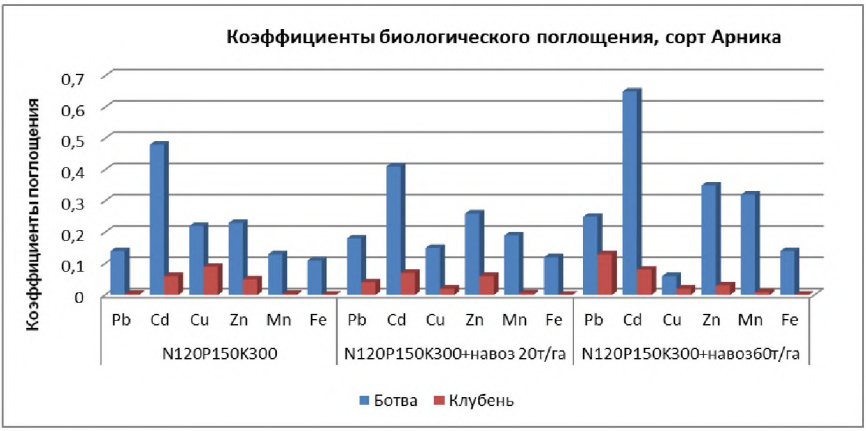


Рис. 15. Динамика изменения коэффициента биологического поглощения в ботве и клубнях картофеля сорта Арника в зависимости от дозы удобрений

Расчет КБП (рис. 16) показал, что в клубнях картофеля сорта Ароза, на контрольном участке $N_{120}P_{150}K_{300}$, в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$+ навоз 20 т/га и варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га во всех что: по Cd, Cu, Zn происходит слабое накопление и средний захват; по Fe – очень слабый захват (рис. 16).

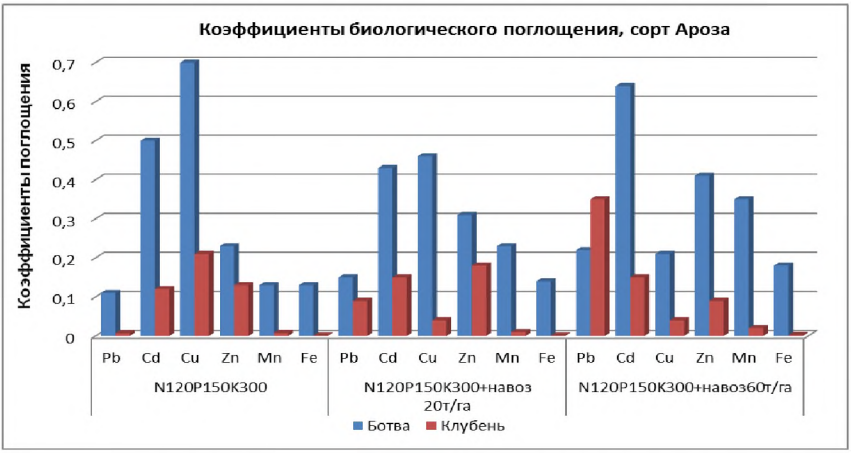


Рис. 16. Динамика изменения коэффициента биологического поглощения в ботве и клубнях картофеля сорта Ароза в зависимости от дозы удобрений

КБП в клубнях Pb по степени интенсивности позволил отнести его к группе «захвата», по рядам биологического поглощения: на контрольном участке $N_{120}P_{150}K_{300}$ и в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га – очень слабый захват, в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га – слабое накопление и средний захват; по показателю КБП Mn по степени интенсивности относится к группе «захвата», по рядам биологического поглощения: на контрольном участке $N_{120}P_{150}K_{300}$ очень слабый захват, в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га и в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$+ навоз 60 т/га – слабый захват.

Ряд интенсивности для ботвы картофеля сорта Арника в контрольном варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ имеет следующий убывающий вид: Cd > Zn > Cu > Pb > Mn > Fe.

Оценкой количества тяжелых металлов, перешедших из почвы в растения, является коэффициент накопления (Кн). Он рассчитывается как отношение содержания элемента в золе растений к содержанию его подвижных форм в почве. Этот показатель близок к коэффициенту биологического поглощения, но в отличие от него отражает не потенциальную, а актуальную биогеохимическую подвижность элементов. По концентрации накопления элементы разделены на группы, выделенные А. И. Перельманом и Н. С. Касимовым 1999 г. [130]:

1) $100 > Кн > 10$ – энергичного накопления;
2) $10 > Кн > 1$ – сильного накопления;
3) $1 > Кн > 0{,}1$ – слабого накопления и среднего захвата;
4) $0{,}1 > Кн > 0{,}01$ – слабого захвата;
5) 5) $0{,}01 > Кн > 0{,}001$ очень слабого захвата.

Расчет коэффициента накопления (Кн) выявил, что в ботве исследуемых сортов картофеля во всех вариантах происходит энергичное накопление меди и цинка, их концентрация колеблется: на контрольном участке $N_{120}P_{150}K_{300}$ от 19,70 до 75,73 в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га от 34,4 до 74,41 и в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га от 17,25 до 69,33 (табл. 44).

Коэффициент накопления Pb проявился в переменном накоплении у сорта Арника, что выражается в сильном накоплении во всех вариантах с колебанием от 2,58 до 6,37, в то время как в ботве сорта Ароза в вариантах $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га и $N_{120}P_{150}K_{300}$+ навоз 60 т/га. Свинец относится к группе элементов энергичного накопления в варианте с дозой внесения 60 т/га – 12,81 и 13,09 в варианте с дозой 20 т/га, в контрольном варианте

$N_{120}P_{150}K_{300}$ происходит сильное накопление Кн = 3,50. В градации сильного накопления концентрации тяжелых металлов в ботве находятся Cd и Mn, их концентрация колеблется : на контроле от 2,99 до 4,09; в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га от 2,60 до 5,30 и в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га от 3,60 до 7,62.

Таблица 44

Коэффициенты накопления для растений картофеля сорта Арника и сорта Ароза

Часть растения	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
Контроль $N_{120}P_{150}K_{300}$						
Ботва	2,58 3,50	3,52 4,09	19,7 75,73	41,7 51,73	2,94 2,99	642,4 832,57
Клубень	0,05 0,22	0,44 1,00	8,29 22,54	9,02 32,70	0,08 0,20	1,07 7,42
$N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га						
Ботва	3,04 13,09	2,69 2,06	34,4 74,14	46,9 74,41	5,30 5,32	642,8 2074,12
Клубень	0,65 8,27	0,46 0,88	4,00 6,14	10,2 42,24	0,15 0,35	0,99 18,78
$N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га						
Ботва	6,37 12,81	4,15 3,60	17,3 69,33	41,6 41,90	7,62 7,08	749,6 1137,58
Клубень	3,29 20,31	0,49 0,85	4,75 13,33	3,37 8,90	0,21 0,47	1,25 10,13

Примечание. Числитель – сорт Арника, знаменатель – сорт Ароза.

Анализ рассчитанных Кн показал, что во всех вариантах наиболее интенсивно в изучаемые части растений в ботву сорта Арника поступает Zn Кн=41,56-46,93, Cu Кн=17,25-34,4, Fe Кн=642,4-742,56. Наиболее интенсивно в клубни поступает Zn и Cu с вариацией значений К=3,37-10,17 и Кн=4,0-8,29, соответственно.

Наиболее интенсивно поступают в ботву сорта Ароза Zn, Cu, Fe с Zn (Кн=41,90-74,41), Cu (Кн=69,33-75,73) и Fe (Кн=832,57-2079,12). Наиболее интенсивно в клубни обеих сортов поступает Zn (Кн=8,90-42,24) и Cu (Кн=6,14-22,54).

Интенсивность накопления увеличивается в ботве, в зависимости от поставленных вариантов. Наблюдается увеличение интенсивности накопления в исследуемых сортах от контрольного участка $N_{120}P_{150}K_{300}$ к варианту $N_{120}P_{150}K_{300}$+ навоз 60 т/га,

поступление Pb, Cd, Mn и Fe. Во всех вариантах основная масса поступивших в растения изучаемых элементов локализуется в ботве растений картофеля.

Для характеристики процессов перехода тяжелых металлов из клубней в надземную часть рассчитывали коэффициент перехода (Кп). Коэффициент перехода (Кп) – отношение концентрации тяжелых металлов в воздушно-сухой надземной фитомассе к их значениям в корнях (клубнях). Клубни картофеля накапливают меньше токсичных элементов, чем ботва (табл. 45)

Таблица 45

Коэффициенты перехода для растений картофеля

Сорт картофеля	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
Контроль $N_{120}P_{150}K_{300}$						
Арника	0,02	0,13	0,42	0,22	0,03	0,002
Ароза	0,06	0,24	0,30	0,57	0,07	0,009
Среднее значение	0,04	0,18	0,36	0,40	0,05	0,006
$N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га						
Арника	0,21	0,17	0,12	0,22	0,03	0,001
Ароза	0,63	0,35	0,08	0,57	0,07	0,008
Среднее значение	0,42	0,26	0,10	0,40	0,05	0,004
$N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га						
Арника	0,52	0,12	0,28	0,08	0,03	0,002
Ароза	1,58	0,24	0,19	0,21	0,07	0,009
Среднее значение	1,05	0,18	0,24	0,14	0,05	0,006

Расчет коэффициента перехода показал, что в надземные органы картофеля преимущественно переходят медь, цинк и кадмий.

Высокотоксичный свинец активно проявляет себя и интенсивно переходит в надземную часть в вариантах опыта с внесением различных доз органических удобрений и максимальным переходом в варианте $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га.

9. Оценка экономической эффективности использования органических удобрений для получения экологически безопасной продукции картофеля

Для расчета экономической эффективности применения удобрений используется два показателя – чистый доход и рентабельность. Чистый доход от применения удобрений определяется по уравнению:

$$Чд = Сосн. – Зуд.,$$

где *Чд* – чистый доход, тыс. руб; *Сосн.* – стоимость дополнительной основной продукции, полученной в результате применения удобрений, тыс. руб.; *Зуд.* – затраты на применение удобрений, тыс. руб.

Стоимость дополнительной основной продукции, полученной с применением удобрений (*Сосн.*), определяется умножением цены реализации основной продукции на прибавку урожая основной продукции с применением удобрений.

Прибавку урожая в результате применения удобрений определяется по нормативной оплате единицы удобрений (органических – 1 т физической массы) приростом урожая основной продукции. Рентабельность применения удобрений определяется в процентах, как отношение чистого дохода к затратам на применение удобрений.

Эффективность применения органических удобрений рассматривали с позиции системного подхода с использованием структурной схемы «Навоз – органическое удобрение – поле – дополнительный урожай» и наложением ее на исследуемый участок с учетом действующего севооборота.

Урожайность картофеля в соответствии с технологической картой возделывания картофеля, в среднем за 3 года на контрольных участках составила 30,8 т/га. При внесении органических удобрений дозой 20 и 60 т/га сорт Ароза дал прибавку к урожаю на 2,1 и 5,0 т/га что в процентном отношении дало увеличение на 6,8 и 16,2 %. У сорта Арника увеличение урожая от внесенных органических удобрений с теми же дозами на 1,4 и 4,1 т/га, в процентном отношении составило 4,3% и 11,7%, соответственно. Производственные затраты за счет технологии внесения, транспортировки и стоимости органических удобрений

составили 10,1 тыс. руб./га, при дозе внесения органических удобрений 20 т/га и при дозе внесения 60 т/га – 28,9 тыс. руб./га. Достаточно высокая рентабельность получена в обоих сортах Арника и Ароза при внесении органических удобрений при дозе 60 т/га (табл. 46).

Таблица 46

Экономическая эффективность возделывания картофеля при использовании органических удобрений, 2012-2014 гг.

Вариант	Сорт Арника				Сорт Ароза			
	Затраты, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб./га	Уровень рентабельности	Затраты, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб./га	Уровень рентабельности
$N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га	10,1	11,9	1,8	18	10,1	11,1	1,01	10
$N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га	28,9	35,9	7,0	24	28,9	42,7	13,8	48

Стоимость реализационной цены продовольственного картофеля составила 8,549 тыс. руб./т. Чистый доход от применения удобрений, исходя из затрат и стоимости продукции, оказался выше при использовании органических удобрений. Не высокая рентабельность 10 и 18% получена и при внесении 20 т/га органических удобрений на участке под сортами Ароза и Арника соответственно.

Данный факт подтверждается, что в почве установлен отрицательный баланс гумуса в размере – 1,55 т/га в результате чего часть внесенного органического удобрения (навоз КРС) решает основную проблему земледелия – сохранение почвенного плодородия за счет формирования положительного баланса гумуса и питательных веществ почв, с первого года.

Заключение

На основании исследований, проведенных в условиях степной зоны Среднего Поволжья, выявлено существенное влияние органоминеральной системы удобрений на изменение показателей плодородия почв и аккумуляцию тяжелых металлов в агроценозах картофеля и сделаны выводы.

1. Исследуемый агроценоз картофеля в основном представлен черноземными почвами с разделением по родовым признакам на остаточно-луговатые обыкновенные и карбонатные. По содержанию гумуса почвы относятся к малогумусным: *в черноземах обыкновенных остаточно-луговатых* 5,0-4,0%, отношение $С_{гк} : С_{фк} = 1,1$, среднемощным – мощность гумусового горизонта в среднем составляет 57 см с пределом варьирования от 48 до 77 см. На незначительной площади распространены черноземы мощные – 82 см, характеризующиеся высокой насыщенностью основаниями с преобладанием Ca^{2+}, реакцией почвенной среды pH=6,7, обеспеченностью подвижными формами фосфора от низкой (38 мг/кг) до повышенной (132 мг/кг) и обменным калием от средней (57 мг/кг) до повышенной (120 мг/кг); *в карбонатных* перерытых содержание гумуса – 4,3-5,7%, мощность гумусового горизонта в среднем составляет 72 см при варьировании от 51 до 75 см, ППК насыщен кальцием и магнием в отношении 5-7:1, вскипает с поверхности от кислоты, реакция почвенной среды – pH=7,6, обеспеченность подвижным фосфором от низкой (30 мг/кг) до повышенной (140 мг/кг) и обменным калием от повышенной (96 мг/кг) до высокой (183 мг/кг почвы).

2. Мониторинг агроэкологических показателей за период 2003-2014 гг. выявил снижение почвенного плодородия и, как следствие этого, нестабильность урожайности картофеля. Содержание гумуса в *не карбонатных почвах* увеличилось на 12,5-19%, что составляет 0,5-0,9%. Почвы малогумусные и характеризуются следующими показателями: содержание гумуса – 4,5-4,9%, реакция почвенной среды осталась без изменения – pH 6,2-6,8; содержание обменного фосфора – 30-63 мг/кг почвы, обменного калия – 94-120 мг/кг.

В карбонатных почвах выявлено снижение содержания гумуса на 28-58%, почвы перешли в градацию слабогумусированных; установлено подщелачивание почвенного раствора (с pH 7,1-7,4 до pH 7,3-7,5); содержание подвижного фосфора не изменилось и соответствует 109,6-133,6 мг/кг, обменного калия уменьшилось с 163,0 до 73,2 мг/кг и 94,2-119,4 мг/кг.

Валовое содержание и концентрация подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) не превышает ПДК. За исследуемый период отмечено увеличение Zn и Cu в 1,2 раза, Mn в 2 раза, Fe в 1,3 раза; уменьшение Pb в 1,2 раза, Cd в 13,2 раза. В сравнении с фоновыми показателями, валовое содержание ТМ увеличилось в 1,3-2,1 раза, за исключением Cu и Cd, содержание которых в динамике снизилось, по сравнению с фоновыми, Cd в 13,2 раза и Cu в 1,4 раза. Коэффициент концентрации (Кс) показывает, что происходит накопление Pb, Cd и Zn в почве. По значениям Кс элементы располагаются в следующем убывающем ряду:
Pb(1,60) > Cu (0,69) > Zn (0,45) > Fe (0,44) > Mn (0,35) > Cd (0,043).

3. Результаты мониторинга содержания тяжелых металлов в растениях картофеля показали, что не выявлено превышения фитотоксической и нормативно допустимой концентрации. Сравнительный анализ накопления тяжелых металлов в растениях картофеля показал, что их максимальное количество накапливается в надземной части, меньше – в перидерме и паренхиме клубня картофеля. По суммарному накоплению тяжелых металлов части растений картофеля образуют убывающие ряды (мг/кг): надземная часть (80,3 мг/кг) > перидерма (12,2) > паренхима клубня (6,52).

До 59% поступивших в растения ТМ накапливается в ботве, 8-25% – в паренхиме и 1-13% – в клубнях картофеля. По интенсивности накопления в растениях тяжелые металлы можно расположить в следующем ряду: Cd > Pb > Cu > Zn > Mn > Fe. Исключение составляет кадмий, среднее поступление которого находится на одном уровне значений в паренхиме и клубнях и составляет 21% от общего его содержания в растении. Соотношение, надземная часть > паренхима клубня, показало, что максимальное снижение содержания происходит у Fe – в 100 раз и у Mn – в 40,5 раза, минимальное у Cd – в 2,75 раза. Выявлено, что наземная часть накапливает больше, чем клубень картофеля, Pb – в 8,86 раза, Zn – в 5,8 раза, Cu – в 5,4 раза.

4. Установлено, что внесение органических удобрений способствует снижению содержания ТМ в почве в вариантах опыта $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га и $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га: Cd – в 1,2-1,4 раза; Cu – в 1,1-1,2 раза; Pb, Zn, Mn и Fe – в 1,1 раза по сравнению с контролем.

Увеличение дозы навоза способствовало повышению урожайности картофеля в вариантах опыта: $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 20 т/га на 1,3-1,4 т/га; $N_{120}P_{150}K_{300}$ + навоз 60 т/га на 4,1-5,0 т/га.

5. Разработана расчетным путем доза внесения минеральных удобрений $N_{120}P_{150}K_{300}$ по д.в., обеспечивающая переход от отрицательного баланса питательных веществ в севообороте (азот -45%, фосфор -100%, калий -90%) к положительному. Норма внесения органических удобрений составляет 15,5 т/га (минимальная доза), что позволяет создать бездефицитный баланс гумуса. Наиболее эффективная доза органических удобрений (60 т/га) обеспечивает получение достоверной прибавки урожая клубней.

6. Внесение органических удобрений в дозе 20 и 60 т/га обеспечивает получение прибавки урожая клубней у сорта Ароза – 2,1 и 5,0 т/га, соответственно, или 6,8 и 16,2%, у сорта Арника – 1,4 и 4,1 т/га, или 4,3 и 11,7%, соответственно. При внесении 20 т/га органических удобрений рентабельность производства у сортов Ароза и Арника составила 10 и 18 % при дозе 60 т/га – 48 и 24%, соответственно.

Литература

1. Аканова, Н. И. Агроэкологическая эффективность использования в сельском хозяйстве вторичных ресурсов производства калийных удобрений / Н. И. Аканова, А. С. Стромский, А. А. Стромский [и др.] // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 2(386). – С. 194-199.

2. Аканова, Н. И. Агроэкологическая эффективность применения калийно-натриевого глинистого удобрения на посевах сельскохозяйственных культур в условиях среднего Поволжья / Н. И. Аканова, Н. М. Троц, В. Б. Троц // Самара АгроВектор. – 2021. – Т. 1, № 1. – С. 32-39.

3. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.

4. Альсмик, П. И. Учебная книга картофелевода / П. И. Альсмик, З. А. Дмитриева, В. В. Валуев. – Минск : Ураджай, 1981. – 160 с.

5. Альсмик, П. И. Физиология картофеля / П. И. Альсмик, А. Л. Албросов, А. С. Вечер [и др.] ; под ред. Б. А. Рубина. – М. : Колос, 1979. – 272 с.

6. Аминев, И. Н. Влияние биопрепаратов на качество клубней картофеля в условиях Южной лесостепи Республики Башкортостан / И. Н. Аминев, М. М. Хайбуллин, Ф. Ф. Ишкинина // Вестник БГАУ. – 2012. – № 1. – С. 5-7.

7. Амосова, Я. М. Охрана почв от химического загрязнения / Я. М. Амосова, Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова. – М. : Изд-во Московского университета, 1989. – 96 с.

8. Анатольев, Б. А. Потребность картофеля в питательных веществах / Б. А. Анатольев // Картофель и овощи. – 1978. – № 2. – С. 12-14.

9. Анисимов, Б. В. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Б. В. Анисимов, Г. Л. Белов, Ю. А. Варицев [и др.]. – М. : Картофелевод, 2009. – 272 с.

10. Анисимова, Г. И. Влияние кислотно-щелочных условий почвы на концентрацию и подвижность тяжелых металлов / Г. И. Анисимова, Т. Н. Сергеева // Миграция тяжелых металлов и радионуклидов в звене: почва – растение (корм, рацион) – животное – продукты животноводства – человек : материалы Второго

Международного симпозиума. – Великий Новгород : НовГАУ. – 2000. – 273 с.

11. Арнаутов, В. В. Агротехника картофеля / В. В. Арнаутов, В. Ф. Ильин, Л. В. Рожалин. – М. : Сельхозгиз, 1945. – 160 с.

12. Арнаутов, В. В. Картофель / В. В. Арнаутов – М. : Сельхозгиз, 1959. – 96 с.

13. Айдиев, А. Я. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в условиях Курской области / А. Я. Айдиев, В. И. Лазарев, М. Н. Котельникова // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 37-39.

14. Бакунов, А. Л. Проблемы и перспективы селекционной работы по картофелю в Самарской области / А. Л. Бакунов, А. В. Милехин, С. Л. Рубцов [и др.]. // Молодой ученый. – 2015. – № 22.2. – С. 48-50.

15. Бакунов, А. Л. Результаты селекционной работы по культуре картофеля в Самарской области / А. Л. Бакунов, А. В. Милехин, С. Н. Шевченко [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 2 (3). – С. 583-588.

16. Баранников, В. Д. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции / В. Д. Баранников, Н. К. Кириллов. – М. : КолосС, 2006. – 352 с.

17. Бахнов, В. К. Содержание микроэлементов меди и марганца в торфяных почвах Барабинской низменности / В. К. Бахнов // Микроэлементы в почвах, растительности и водах южной части Западной Сибири. – Новосибирск, 1971. – С. 17-27.

18. Башков, А. С. Калий в почве и калийные удобрения / А. С. Башков // Агроэкологические основы воспроизводства плодородия почв : уч. пособие. – Ижевск : Удмуртия, 1999. – С. 82-96.

19. Белоус, Н. М. Система удобрения картофеля / Н. М. Белоус // Химизация сельского хозяйства. – 1992. – № 4. – С. 68-72.

20. Белоус, Н. М. Влияние различных систем удобрения на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции / Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов, Ф. В. Моисеенко, М. Г. Драганская // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2005. – №S. – С. 22-29.

21. Бингам, Ф. Т. Токсичность металла в сельскохозяйственных культурах / Ф. Т. Бингам, Ф. Д. Перья, У. М. Джерелл // Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – М. : Мир, 1993. – С. 101-130.

22. Беляев, В. И. Мировая климатическая повестка. Почвозащитное ресурсосберегающее (углеродное) земледелие как стандарт межнациональных и национальных стратегий по сохранению почв и аграрных карбоновых рынков / В. И. Беляев, А. В. Варлагин, В. К. Дридигер [и др.] // International Agricultural Journal. – 2022. – Т. 65, № 1. – С 421-441. – DOI 10.55186/25876740-2022-6-1-26. – EDN JNFHGT.

23. Большаков, В. А. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах / В. А. Большаков // Почвоведение. – 2002. – № 7. – С. 844-849.

24. Борискин, И. А. Технология возделывания картофеля для фермерских и личных подсобных хозяйств Забайкальского края / И. А Борискин, В. Н. Днепровская, Г. М. Андрусова [и др.]. – Чита : Забайкальский аграрный институт – филиал ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, 2016. – 39 с.

25. Бузмаков, В. В. Природопользование и сельскохозяйственная экология : монография / В. В. Бузмаков, Ш. А. Москалев. – М. : Российская академия естественных наук им. В. И. Вернадского, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина, 2005. – 447 с.

26. Бутов, А. В. Влияние возрастающих норм минеральных удобрений в сочетании с бесподстилочным навозом на крахмалонакопление клубней картофеля / А. В. Бутов // Труды НИИКХ. – 1980. – Вып. 37. – С. 42-48.

27. Вавилов, П. П. Растениеводство. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1986. – 512 с.

28. Важенин, И. Г. Почва как активная система самоочищения от токсического воздействия тяжелых металлов – ингредиентов техногенных выбросов / И. Г. Важенин // Химия в сельском хозяйстве. – 1982. – № 3. – С. 3-5.

29. Варламов, А. А. Мониторинг земель : учебное пособие / А. А. Варламов, С. Н. Захарова. – М. : ГУЗ, 2000. – 156 с.

30. Васильев, А. А. Влияние сапропелей на урожайность картофеля и плодородие выщелоченных черноземов / А. А. Васильев // Пермский аграрный вестник. – 2014. – № 1 (5). – С. 3-9.

31. Васильев, А. А. Оптимизация технологии возделывания картофеля на Южном Урале : дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / Васильев Александр Анатольевич. – Челябинск, 2015. – 363 с.

32. Виссер, О. А. Плотность почвы и урожай / О. А. Виссер // Картофель и овощи. – 1964. – № 4. – С. 4-5.

33. Владимиров, В. П. Приемы повышения урожая и качества клубней / В. П. Владимиров, Н. В. Ситникова, Л. М. Егоров // Картофель и овощи. – 2007. – № 5. – С. 11.

34. Власюк, П. А. Химический состав картофеля и пути улучшения его качества / П. А. Власюк, Н. Е. Власенко, В. Н. Мицко ; под общей ред. П. А. Власюка. – Киев : Наукова думка, 1979. – 195 с.

35. Возделывание картофеля в индивидуальном секторе (рекомендации) / С. А. Банадысев, И. И. Бусько, А. Г. Белоусов [и др.]. – Минск, 1998. – 48 с.

36. Волков, С. Н. Землеустройство : учебник / С. Н. Волков. – М. : ГУЗ, 2013. – 992 с.

37. Воривода, В. Д. Плотность почвы и урожай / В. Д. Воривода, О. А. Виссер // Картофель и овощи. – 1964. – № 4. – С. 16.

38. Все о картофеле / Г. К. Машьянова, Г. П. Шушакова, А. Е. Аферина, З. И. Анкудинова. – Новосибирск : Новосибирское книжное изд-во, 1991.– 160 с.

39. Вяйзенен, Г. Н. Мониторинг тяжелых металлов и радионуклидов в природных экосистемах / Г. Н. Вяйзенен, А. И. Токарь // Пищевые ресурсы дикой природы и экологическая безопасность населения : материалы Международной конференции. – Киров : ВНИИОЗ, 2004. – 221 с.

40. Гайнутдинов, М. Т. Влияние способов посадки и удобрений на урожайность и качество клубней раннеспелых сортов картофеля на серой лесной почве лесостепной зоны : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Гайнутдинов Марат Талгатович. – Казань, 2007. – 153 с.

41. Гармаш, Г. А. Влияние тяжелых металлов, вносимых в почву с осадками сточных вод, на урожайность пшеницы и качество продукции / Г. А. Гармаш // Агрохимия. – 1987. – № 5. – С. 40-47.

42. Глазовская, М. А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов / М. А. Глазовская. – М. : Изд-во МГУ, 1964. – 230 с.

43. Глобальные экологические проблемы Земли, пути их решения на региональном и общепланетарном уровнях : учебное пособие / В. Н. Моложников. – Иркутск : ИрГСХА, 2001. – 44 с.

44. Головко, Т. Тяжелые металлы в окружающей среде и растительных организмах / Т. Головко, Е. Гармаш, С. Скугорева // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2008. – С. 2-7.

45. Голубев, И. Ф. Почвоведение с основами геоботаники. – М. : Колос, 1970. – 440 с.
46. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – Введ. 01.07.93. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 10 с.
47. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. – Введ. 01.07.93. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 8 с.
48. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 01.07.93. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 8 с.
49. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. – Введ. 01.07.86. – М. : Издательство стандартов, 1986. – 6 с.
50. Горбунов, Н. И. Минералогия и коллоидная химия почв / Н. И. Горбунов. – М., 1974. – 314 с.
51. Горбунов, Н. И. Минералогия и физическая химия почв / Н. И. Горбунов. – М., 1978. – 293 с.
52. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. – М. : ФГБНУ Росинформагротех, 2019. – 516 с.
53. Громова, В. С. Миграция и накопление ^{137}Cs и ТМ в почве и растениях в условиях расчлененного рельефа / В. С. Громова // Плодородие. – 2007. – № 4. – С. 38-40.
54. Дабахов, М. В. Влияние агрохимических средств на поступление свинца и кадмия в растения на светло-серой лесной почве / М. В. Дабахов // Проблемы экологии Ульяновской области. – Ульяновск, 1997. – С. 41-42.
55. Дабахов, М. В. Влияние агрохимических средств на подвижность свинца и кадмия в светло-серой лесной почве и поступление их в растения / М. В. Дабахов, Г. А. Соловьев, В. С. Егоров // Агрохимия. – 1998. – № 8. – С. 54-59.
56. Добровольский, В. В. Лабораторные работы по географии почв с основами почвоведения / В. В. Добровольский. – М. : Просвещение, 1973. – 143 с.
57. Добровольский, Г. В. Охрана почв / Г. В. Добровольский, Л. А. Гришина. – М. : Изд-во Московского ун-та, 1985. – 224 с.

58. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

59. Евдокимова, Г. А. Действие меди и никеля на биологические процессы в подзолистой почве / Г. А. Евдокимова // Тезисы докладов 8 Всесоюзного Съезда почвоведов. Кн. 2. – Новосибирск, 1989. – С. 284.

60. Ермоленко, Н. Ф. Микроэлементы и коллоиды почв / Н. Ф. Ермоленко. – Минск : Наука и техника, 1966. – 321 с.

61. Ефремов, В. Ф. Урожай и качество картофеля / В. Ф. Ефремов, Н. А. Курмышева, Н. П. Трофимова // Земледелие. – 1994. – № 3. – С. 18-19.

62. Закруткин, В. Е. Особенности распределения свинца в агроландшафтах Ростовской области / В. Е. Закруткин // Тяжелые металлы в окружающей среде. – Пущино, 1996. – С. 47-48.

63. Захаров, А. И. Влияние ОСВ и различных видов органических удобрений на содержание ТМ в почве и поступление их в зерно озимой пшеницы / А. И. Захаров, С. Н. Никитин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. (28). – С. 10-13.

64. Зубкова, В. М. Влияние загрязнение почв тяжелыми металлами на урожай и качество некоторых культур в условиях Ярославской области / В. М. Зубкова, Н. В. Зубков, О. Н. Кореннова // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах : сб. тр. – М. : МГУ, 1994. – С. 104-109.

65. Зырин, Н. Г. Распределение и варьирование содержания микроэлементов в почвах Русской равнины / Н. Г. Зырин // Почвоведение. – 1968. – № 7. – С. 77-87.

66. Иванова, Н. В. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах пригородной зоны Новосибирска / Н. В. Иванова // Проблемы экологии агроэкосистем: пути и методы их решения : материалы Всероссийской науч. конф. – Новосибирск, 2009. – С. 40-42.

67. Ильин, В. Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области : монография / В. Б. Ильин, А. И. Сысо. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. – 226 с.

68. Ильин, В. Б. Поступление тяжелых металлов в растения при повышенном содержании в почве / В. Б. Ильин // Известия СО АИ СССР. – 1981. – Вып. 10. – С. 49-56. – (Серия «Биология»).

69. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе «почва-растение» / В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1991. – 152 с.

70. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы – защитные возможности почв и растений – урожай и химические элементы в системе почва-растения / В. Б. Ильин, М. Д. Степанова. – Новосибирск : Наука, 1982. – С. 73-92.

71. Ильин, В. Ф. Удобрение картофеля / В. Ф. Ильин, Б. А. Писарев, В. А. Сухоиванов. – М. : Колос, 1974. – 144 с.

72. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растения / Ильин, В. Б. – Новосибирск : Наука, 1991. – 151 с.

73. Исмагилов, Р. Р. Адаптивная технология возделывания полевых культур / Р. Р. Исмагилов, М. Х. Уразлин, Р. Р. Гайфуллин. – Уфа : Изд-во БГАУ, 2005. – 168 с.

74. Ишкова, С. В. Особенности аккумуляции тяжелых металлов растениями на черноземе южном / С. В. Ишкова, Д. А. Ахматов, Н. М. Троц // Аграрная Россия. – 2012. – № 6. – С. 31-35. – EDN TMVKPR.

75. Итоги развития АПК Самарской области по состоянию на 05.11.2019 г. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Самарской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mcx.samregion.ru/apk/ apkvtsifrakh/8461/.

76. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. М. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.

77. Капитанова, Т. М. Прогнозирование ожидаемых уровней загрязнения тяжелыми металлами кормовых растений / Т. М. Капитонова, Е. С. Минина, М. А. Семина [и др.] // Миграция тяжелых металлов и радионуклидов в звене: почва – растение (корм, рацион) – животное – продукт животноводства – человек : материалы Второго Международного Симпозиума. – Великий Новгород : НовГУ, 2000. – 273 с.

78. Карманов, С. Н. Картофель от посадки до стола / С. Н. Карманов, В. С. Серебренников. – М. : Сельская новь, 1993. – 48 с.

79. Картофель России : монография. В 3 т. / Под ред. А. В. Коршунова. – М., 2003. – Т. 1. – 410 с.

80. Картофелеводство Самарской области // Межрегиональный информационно-аналитический журнал для профессионалов агробизнеса «Картофельная система». – 2019. – № 2. – С. 46-51.

81. Касимов Н. С, А. И. Геохимия ландшафта / Н. С. Касимов, Н. С. Касимов. – М. : Изд-во Московского государственного университета, 1999. – 610 с.

82. Каюмов, М. К. Справочник по программированию урожаев / М. К. Каюмов. – Москва : Россельхозиздат, 1977. – 188 с.

83. Клечковский, В. М. Агрохимия / В. М. Клечковский, А. В. Петербургский. – М. : Колос, 1967 – 583 с.

84. Клочков, А. В. Механизация рационального картофелеводства / А. В. Клочков, В. А. Попов. – Горки : Агрокапиталконсалт, 2006. – 89 с.

85. Ковальский, В. В. Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – М. : Наука, 1974. – 289 с.

86. Колесников, С. И. Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ш. Вальков // Почвоведение. – 2002. – № 12. – С. 1509-1514.

87. Коршунов, А. В. Качество картофеля и картофелепродуктов / А. В. Коршунов. – М., 2001. – 253 с.

88. Косьянчук, В. П. Агроэкологические основы технологии возделывания картофеля в юго-западной части Нечернозёмной зоны России : автореф. дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.09 / Косьянчук Виктор Порфирьевич. – Брянск, 1999. – 48 с.

89. Кремин, В. Е. Применение удобрений в условиях интенсификации земледелия / В. Е. Кремин // Повышение эффективности удобрений в Ярославской области. – Ярославль, 1989. – Ч. 3. – С. 62-70.

90. Кривошеен, Д. А. Экология и безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие / Д. А. Кривошеен, Л. А. Муравей, Н. Н. Роева ; под ред. Л. А. Муровей. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.

91. Кропивко, О. Г. Накопление тяжелых металлов растительной продукцией / О. Г. Кропивко // Зеленый Луч. – 2001. – № 7 (37). – С. 41-44.

92. Кузнецов, А. В. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / А. В. Кузнецов, А. П. Фесюн, С. Г. Самохвалов [и др.]. – М. : ЦИНАО, 1992. – 63 с.

93. Кузнецов, А. И. Картофель / А. И. Кузнецов, Ю. К. Казанков. – Чебоксары : Чувашское книжное изд-во, 1973. – 144 с.

94. Кузнецова, Е. А. Содержание тяжелых металлов в почвах типичного агроландшафта Орловской области и их накопление в зерне сельскохозяйственных культур / Е. А. Кузнецова // Агрохимия. – 2009. – № 8. – С. 60-64.

95. Кукреш, Н. П. Действие возрастающих доз азотных удобрений на урожай и качество клубней картофеля / Н. П. Кукреш // Труды ВИУА. – 1980. – Вып. 61. – С. 84-88.

96. Ларионов, М. В. Особенности накопления тяжелых металлов в почвенных экосистемах Саратовского Поволжья / М. В. Ларионов, Н. В. Ларионов // Вестник ОГУ. – 2010. – № 1 (107). – С. 110-114.

97. Лебедева, Т. Б. Зеленое удобрение в земледелии правобережной лесостепи Среднего Поволжья / Т. Б. Лебедева. – Пенза, 2007. – 160 с.

98. Лебедь, М. Б. Исследование эффективности различных способов стерилизации эксплантов картофеля при микроклональном размножении / М. Б. Лебедь, Ю. В. Берестнева, И. В. Волков [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 9. – С. 26-30.

99. Лорх, А. Г. Картофель / А. Г. Лорх. – М. : Московский рабочий, 1955. – С. 25-29.

100. Лунев, М. И. Влияние осадка сточных вод на содержание тяжелых металлов в почве и растениях / М. И. Лунев // Гигиена и санитария. – 2004. – № 2. – С. 34.

101. Магницкий, К. П. Диагностика питания растений по их внешнему виду // Агрохимические методы исследования почв. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – С. 360-402.

102. Макарова, В. Г. Экологические и медико-социальные аспекты охраны природной среды и здоровья населения : монография / В. Г. Макарова, А. Р. Цыганов, В. А. Кирюшин [и др.]. – Минск : БИТ «Хата», 2002. – 286 с.

103. Макеева, А. М. Болезни клубней картофеля и меры борьбы с ними в лесостепи Самарской области : монография / А. М. Макеева, В. Г. Каплин, Н. В. Салманов. – Самара : Самарская ГСХА, 2012. – 135 с.

104. Манторова, Г. Ф. Дифференциация слоев почвы по плодородию / Г. Ф. Манторова // Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии : сб. науч. тр. – Челябинск : ЧНИИСХ, 2003. – 278 с.

105. Матвеев, Н. М. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н. М. Матвеев, В. А. Павловский, Н. В. Прохорова. – Самара : Самарский университет, 1997. – 215 с.

106. Медведев, И. Ф. Тяжелые металлы в экосистемах : монография / И. Ф. Медведев, С. С. Деревягин. – Саратов : Ракурс, 2017. – 178 с.

107. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И. М. Богдевич, Г. В. Василюк, Л. В. Круглов [и др.]. – Минск, 1988. – 30 с.

108. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продуктах растениеводства. – М. : МСХА РФ, ЦИНАО, 1992. – 53 с.

109. Милехин, А. В. Методические рекомендации по возделыванию картофеля в Самарской области / А. В. Милехин. – Безенчук, 2007. – С. 2-4.

110. Минеев, В. Г. Практикум по агрохимии : учебное пособие / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, О. А. Амельянчик [и др.]. – 2-е изд. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

111. Минкина, Т. М. Качество зерна пивоваренного ячменя при техногенном загрязнении чернозема обыкновенного / Т. М. Минкина, В. С. Крыщенко, С. В. Федосеенко // Научная мысль Кавказа. – 2003. – № 2. – С. 119-123.

112. Молявко, А. А. Биологизация производства картофеля / А. А. Молявко, А. В. Марухленко, Л. А. Еренкова, Н. П. Борисова // Вестник Брянского госуниверситета. – 2015. – №2. – С. 423-425.

113. Муравин, Э. А. Агрохимия : учебник / Э. А. Муравин. – М. : КолосС, 2004. – 382 с.

114. Мушинский, А. С. Агроприемы выращивания высоких урожаев раннего картофеля в условиях Южного Урала / А. С. Мушинский, А. А. Мушинский, В. Н. Соловьева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2005. – Т. 1, № 5-1. – С. 46-49.

115. Мушинский, А. А. Подбор среднеранних и среднеспелых сортов картофеля для степной зоны Южного Урала / А. А. Мушинский, Е. В. Аминова, Е. В. Герасимова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – Т. 1, № 4. – С. 18-21.

116. Намсараева, Г. В. Анализ химического загрязнения почв сельскохозяйственных зон Иркутской области / Г. В. Намсараева // Рациональное природопользование и энергосберегающие технологии в агропромышленном комплексе : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Иркутск : ИрГСХА, 2010. – Ч. 2. – С. 128-134.

117. Настольная книга картофелевода / С. А. Турко, М. И. Рубель, В. Г. Иванюк [и др.] ; под ред. С. А. Турко. – Минск : Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, 2007. – 165 с.

118. Нестерова, А. Н. Воздействие ионов свинца, кадмия и цинка на клеточную организацию меристемы и рост корней проростков кукурузы : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.05 / Нестерова Анна Николаевна. – М. : МГУ, 1989. – 26 с.

119. Никитин, А. Использование районированных сортов картофеля [Электронный ресурс]. – 2012. Режим доступа: http://www.agroxxi.ru/stati/ raionirovaniesortov-kartofelja.html

120. Никитин, Е. Д. Жизнь и будущее почв. – М. : Знание, 1979. – 46 с.

121. Николаева, Т. Г. Экологические аспекты безопасности молочных продуктов питания [Электронный ресурс] // Научный блог молодых ученых-биологов. – 2009. – Режим доступа: http://shmain.ru/nauchnyestati/nikolaeva-t-g-ekologicheskie-aspekty-bezopasnosti-molochnyx-produktovpitaniya.html

122. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений / А. А. Ничипорович. – М. : изд-во АН СССР, 1963. – 159 с.

123. Овчаренко, М. М. Тяжелые металлы в системе почва –растение – удобрение. – М. : Пролетарский светоч, 1997. – 290 с.

124. Овчаренко, М. М. Влияние известкования и кислотности почвы на поступление в растения тяжелых металлов / М. М. Овчаренко, И. А. Шильников, Д. К. Полякова // Агрохимия. – 1996 – № 1. – С. 74-84.

125. Опекунова, М. Г. Биоиндикация загрязнителей : учебное пособие / М. Г. Опекунова. – СПб. : Издательство СПбГУ, 2013. – 266 с.

126. Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении : учеб. пособие / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2002. – 334 с.

127. Орлов, Д. С. Образование гуматов кобальта, никеля, меди и цинка // Научные доклады высшей школы. – 1960. – № 3. – С. 62-66. – (Биологические науки).

128. Панников, В. Д. Удобрения, сорт, урожай / В. Д. Панников // Агрохимия. – 1982. – № 312. – С. 3-11.

129. Первунина, Р. И. Подвижность металлов, выпавших на почву в составе выбросов промышленных предприятий / Р. И. Первунина, С. Г. Малахов // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Л. : Гидропромиздат, 1989. – С. 97-100.

130. Перельман, А. И. Геохимия. – М. : Высшая школа, 1989. – 528 с.

131. Перельман, А. И. Геохимия ландшафтов / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М. : Астерия, 2000. – 610 с.

132. Писарев, Б. А. Книга о картофеле : монография / Б. А. Писарев. – М. : Московский рабочий, 1977. – 232 с.

133. Писарев, Б. А. Сортовая агротехника картофеля / Б. А. Писарев. – М. : Агропромиздат, 1990. – 208 с.

134. Плеханова, И. О. Влияние ОСВ на содержание и фракционный состав тяжелых металлов в супесчаных дерново-подзолистых почвах / И. О. Плеханова, О. В. Кленова, Ю. Д. Кутукова // Почвоведение. – 2001. – № 4. – С. 496-503.

135. Побединцева, И. Г. О влиянии пород на содержание и распределение микроэлементов в почвах степной зоны / И. Г. Побединцева // Геохимические и почвенные аспекты в изучении ландшафтов. – М. : Изд-во Московского ун-та, 1975. – С. 199-209.

136. Полячков, В. В. Влияние удобрений на урожайность и качество картофеля и их последействие на светло-серых лесных почвах Волго-Вятской зоны : дис. канд. … с.-х. наук : 06.01.09 / Полячков Вениамин Васильевич. – Горький, 1983. – 183 с.

137. Посыпанов, Г. С. Растениеводство : учебник / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов. – М. : Изд-во «КолосС», 2006. – 612 с.

138. Почвоведение : учебник / Под ред. И. С. Кауричева. – М. : Агропромиздат, 1989. – 720 с.

139. Природно-хозяйственная характеристика по использованию и улучшению сенокосов и пастбищ Приволжского района Куйбышевской области. – Самара : ВолгоНИИгипрозем, 1985. – 25 с.

140. Протасова, Н. А. Редкие и рассеянные элементы в почвах Центрального Черноземья / Н. А. Протасова, А. П. Щербакова,

М. Т. Копаева. – Воронеж : Изд-во Воронежского ун-та, 1992. – 168 с.

141. Прохорова, Н. В. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье : монография / Н. В. Прохорова. – Самара : Изд-во Самарского Университета, 1998. – 131 с.

142. Прохорова, Н. В. Территориальные особенности распределения тяжелых металлов в почвах Самарской области / Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2000. – Т. 2, № 2. – С. 306-310.

143. Прохорова, Н. В. Распределение тяжелых металлов в посевах важнейших сельскохозяйственных культур в Самарской области : монография / Н. В. Прохорова. – Самара : Самарский гос. ун-т, 2006. – 141 с.

144. Прянишников, Д. В. Агрохимия : учебник / Д. В. Прянишников. – М. : Сельхозиздат, 1934. – 399 с.

145. Прянишников, Д. Н. Агрохимия : учебник / Д. Н. Прянишников. – М. : Сельхозиздат 1936. – 494 с.

146. Пустовой, И. В. Практикум по агрохимии : учебное пособие / И. В. Пустовой, В. И. Филин, А. В. Корольков. – М. : Колос, 1995. – 334 с.

147. Рубин, Б. А. Физиология растений и селекции / Б. А. Рубин // Проблемы физиологии в современном растениеводстве. – М. : Колос, 1979. – 302 с.

148. Ручкин, А. С. Формирование урожая и качество клубней картофеля сорта Невский при использовании пожнивного сидерата и соломы на удобрение в плодосменных севооборотах на почвах в временным избыточным увлажнением : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Ручкин Алексей Сергеевич. – Ярославль, 2002. – 177 с.

149. Рэутце, К. Борьба с загрязнением почвы / К. Рэутце, С. Кырстя. – М. : Агропромиздат, 1986. – 96 с.

150. Серегин, И. В. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высших растения / И. В. Серегин, В. Б. Иванов // Физиология растений – 2001. – Т. 48, № 4. – С. 606-630.

151. Смирнов, П. Н. Агрохимия : учебник / П. Н. Смирнов, Э. А. Муравин. – М. : Агропромиздат, 1991. – 288 с.

152. Смирнов, П. Н. Агрохимия : учебник / П. Н. Смирнов, Э. А. Муравин. – М. : Колос, 1981. – 319 с.

153. Сокаев, К. Е. Восстановление и сохранение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в РСО-Алания : учебное пособие / К. Е. Сокаев, К. Х. Бясов. – Владикавказ : Изд-во СОГУ им. К. Л. Хетагурова, 2007. – 56 с.

154. Сулейманов, В. А. Потребность в питательных веществах и их роль в формировании урожая / В. А. Сулейманов, М. С. Бацанов. – М. : Колос, 1970. – 35 с.

155. Сухоиванов, В. А. Удобрение картофеля и овощей / В. А. Сухоиванов, В. А. Борисов. – М., 1974. – 71 с.

156. Тамман, А. И. Влияние азота, фосфора и калия на рост ботвы и урожая клубней картофеля / А. И. Тамман. – М. : изд-во МСХ РСФСР, 1959. – 57 с.

157. Титова, В. И. Экотоксикология тяжелых металлов : учебное пособие / В. И. Титова, М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова. – Н. Новгород : НГСХА, 2001. – 135 с.

158. Трахтенберг, И. М. Тяжелые металлы во внешней среде: современные гигиенические и токсикологические аспекты : монография / И. М. Трахтенберг, В. С. Колесников, В. П. Луковенко. – Минск : Наука и техника, 1994. – 285 с.

159. Технический отчет по почвенному обследованию земель с целью создания государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения в КСПХ «Приморье» Приволжского района Самарской области. – Самара : ОАО «ВолгоНИИгипрозем», 2003. – 30 с.

160. Троц, Н. М. Эколого-агрохимическое состояние почв Самарской области : учебное пособие / Н. М. Троц, С. В. Обущенко, Д. В. Виноградов [и др.]. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 234 с. – ISBN 978-5-88575-644-0.

161. Троц, Н. М. Агрохимия / Н. М. Троц, М. А. Габибов, Д. В. Виноградов. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 165 с. – ISBN 978-5-88575-645-7.

162. Троц, Н. М. Агроэкологическая оценка состояния нефтезагрязненных черноземов степной зоны среднего Поволжья / Н. М. Троц, О. В. Горшкова // Воспроизводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях : сборник трудов. – Казань : Казанский ГАУ, 2021. – С. 58-62.

163. Троц, Н. М. Экологическая и агрохимическая оценка состояния техногенно нарушенного почвенного покрова степной полосы

Заволжья / Н. М. Троц, О. В. Горшкова, Т. В. Ерофеева [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2021. – № 4(46). – DOI 10.51419/20214424.

164. Троц, Н. М. Сельскохозяйственная рекультивация антропогенно нарушенных земель Сыртового Заволжья / Н. М. Троц, О. В. Горшкова, Г. И. Чернякова // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : материалы III международной научно-практической конференции. – Рязань : ИП Жуков В. Ю., 2019. – С. 472-475.

165. Троц, Н. М. Мониторинг состояния плодородия почв степной зоны Самарской области / Н. М. Троц, Г. И. Чернякова // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : Рязанский ГАТУ им. П. А. Костычева, 2020. – С. 487-490.

166. Троц, Н. М. Агроэкологическая оценка потенциала почвенного ресурса для формирования урожая картофеля в степной зоне Самарской области / Н. М. Троц, Г. И. Чернякова // Теория и практика современной аграрной науки : сборник III национальной (всероссийской) научной конференции. – Новосибирск : Золотой колос, 2020. – С. 573-578.

167. Троц, Н. М. Оценка эффективности фосфогипса в агроценозах ярового ячменя / Н. М. Троц, Н. В. Боровкова, А. А. Соловьев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – Т. 7, № 1. – С. 3-11.

168. Троц, Н. М. Тяжелые металлы в агроландшафтах Самарской области / Н. М. Троц, Н. В. Прохорова, В. Б. Троц [и др.]. – Кинель : РИО Самарской ГСХА, 2018. – 220 с. – ISBN 978-5-88575-544-3.

169. Троц, В. Б. Аккумуляция тяжёлых металлов чернозёмами Самарского Заволжья / В. Б. Троц, Н. М. Троц // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1(45). – С. 141-144.

170. Хлевной, Б. Ф. Агрономическая тетрадь. Возделывание картофеля по интенсивной технологии / Б. Ф. Хлевной [и др.] ; под общ. ред. Б. Ф. Хлевного. – М. : Россельхозиздат, 1986. – 94 с.

171. Чекмарев, П. А. Итоги реализации программы биологизации земледелия в Белгородской области / П. А. Чекмарев, С. В. Лукин // Земледелие. – 2014. – № 8. – С. 3-6.

172. Черников, В. А. Агроэкология : учебник / В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А. В. Голубев [и др.] ; под ред. В. А. Черникова и А. И. Чекереса. – М. : Колос, 2000. – 534 с.

173. Черников, В. А. Агроэкология : учебник / В. А. Черников. – М. : Колос, 2001. – 536 с.

174. Черникова, М. Ф. Новые сорта картофеля коллекции НИИКХ / В. А. Черников, А. И. Чекерес, М. Ф. Черникова // Тр. НИИКХ. – 1978. – Вып. 31. – С. 57-60.

175. Черных, Н. А. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере : монография / Н. А. Черных, С. Н. Сидоренко. – М. : Изд-во РУДН, 2003. – 430 с.

176. Черных, Н. А. О качестве растениеводческой продукции при разных уровнях загрязнения почв тяжелыми металлами / Н. А. Черных, И. Н. Черных // Агрохимия. – 1995. – № 5. – С. 97-101.

177. Черных, Н. А. Влияние различного содержания Zn, Pb и Cd в почве на состав и качество растительной продукции : автореф. дис. … канд. биол. наук : 06.01.03 / Черных Наталья Анатольевна. – М. : МГУ, 1988. – 27 с.

178. Черных, Н. А. Изменение содержания ряда химических элементов в растениях под действием различных количеств тяжелых металлов в почве / Н. А. Черных // Агрохимия. – 1991. – № 3. – С. 68-76.

179. Черных, Н. А. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н. А. Черных, Н. З. Милащенко, В. Ф. Ладонин. – Пущино, 2001. – 148 с.

180. Черных, Н. А. Нормирование загрязнение почв тяжелыми металлами / Н. А. Черных, В. Ф. Ладонин // Агрохимия. – 1995. – № 6. – С. 71-80.

181. Чичкин, А. П. Влияние биологизации систем воспроизводства почвенного плодородия и технологий на обеспеченность чернозёма обыкновенного обменным калием и продуктивность полевых культур в Среднем Поволжье / А. П. Чичкин, О. И. Горянин // Известия ОГАУ. – 2015. – № 2 (52). – С. 18-20.

182. Чжоу, Дунсин Накопление тяжелых металлов в растениях при удобрении ОСВ и компостом / Дунсин Чжоу // Плодородие. – 2006. – № 6. – С. 25-26.

183. Чмора, Н. Я. Картофель / Н. Я. Чмора, В. В. Арнаутов. – М. : Гос. изд-во с.-х. литературы, 1953. – 566 с.

184. Чуманова, Н. Н. Влияние гуминовых препаратов на ростовые показатели и урожайность ячменя и картофеля в лесостепи Кемеровской области / Н. Н. Чуманова, О. В. Анохина, С. И. Жеребцов [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – № 3 (143). – С. 32-40.

185. Шагиева, Ю. А. Тяжелые металлы в почвах и растениях Башкирского Зауралья в условиях техногенеза / Ю. А. Шагиева. – Тольятти : Институт экологии, 2002. – 20 с.

186. Шаркова, С. Ю. Воздействие ТМ на почвенную микрофлору / С. Ю. Шаркова // Плодородие. – 2007. – № 4. – С. 40.

187. Шафеева, Э. И. Влияние органических удобрений и орошения на урожайность и качество клубней картофеля на черноземе выщелоченном в южной лесостепи Республики Башкортостан : дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Шафеева Элина Ильгизовна. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2018. – 24 с.

188. Шебалова, Н. М. Оценка состояния почв в зонах техногенного загрязнения / Н. М. Шебалова, С. В. Залесов // Лесное хозяйство. – 2006. – № 2. – С. 33-35.

189. Щегорец, О. В. Биологизация технологии возделывания картофеля в условиях Приамурья : автореф. дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.09 / Щегорец Ольга Викторовна. – М. : Дальневосточный ГАУ, 2008. – 24 с.

190. Широков, Е. П. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации : в 2-х частях. Картофель, плоды, овощи : учебное пособие / Е. П. Широков, В. И. Полегаев . – Москва : Колос, 2000 – 254 с.

191. Шпаар, Д. Картофель / Д. Шпаар, В. Иванюк, П. Шуманн [и др.] ; под ред. Д. Шпаара. – Торжок : Вариант, 2004. – 466 с.

192. Эйхенбергер, Э. Взаимосвязь между необходимостью и токсичностью металлов в водных экосистемах. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Э. Эйхенбергер. – М. : Мир, 1993. – С. 62-87.

193. Юскаева, Г. И. Экологические аспекты возделывания яровой пшеницы на техногенно загрязненных почвах лесостепи Среднего Поволжья : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.16 / Юскаева Гульсем Искандяровна. – Саратов, 2004. – 19 с.

194. Baker, A. J. Accumulators and excluders – strategies in the response of plants to heavy metals / A. J. Baker // J. Plant Nutr. – 1981. – № 3. – P. 643-654.

195. Czuba, R. Wplyw nawozena na jacose plonow / R. Czuba, T. Mazur. – Warszawa : PWN, 1988. – 360 p.

196. Gruber, P. Dunqunq und gualitat der kartoffel prakt / P. Gruber. – Landtechn, 1971. – 24. – S. 8-10.

197. Herms, V. Influence of different types of natural organic matter on the solubility of heavy metals in soils / V. Herms, G. Brummer // Environ. Effect. Org. and Jnorg. Contam. Sewage Sludge. Poc. Work. Stevenage. – 1983. – P. 209-214.

198. Klasener, B. Ist Kartoffel oin fach – oder Tiefwurzler / B. Klasener // Kartoffel. – 1989. – №9. – S. 41-42.

199. Muller, K. Luz Bedentung der Dungung im ert rags – und gualitats betonden kartoffelenbau / K. Muller. – 1977. – Vol. 28. – P. 4-6.

200. Onwueme, I. C. Influence of shade on stomatal density, leaf size and other leaf characteristics in the major tropical root crops, tannia, sweet potato, yam, cassava and taro / I. C. Onwueme, M. Johnston // Experimental Agriculture, Cambridge University Press. – 2000. – Vol. 36, № 4. – P. 509-516.

201. Perrenond, S. Potato fertilizers for yield and quality / S. Perrenond // JPI. – Biul. – 1983. – № 8. – 359 p.

202. Vomonpal, B. Noktere priciny zmen ve stolni nodnote bramborovych hliz / B. Vomonpal. – Uroda, 1976. – R. 24, №6. – S. 231-253.

203. Wallace, A. Excess trace metal effects on calcium absorpion in plants / A. Wallace // Commun. Soil Sci. And plant Anal. – 1979. – № 1-2. – P. 473-477.

204. Weingmann, B. Ertrag und gualitat durch erreite dungung / B. Weingmann // Der kartoffel bau. – 1971. – S. 60-62.

Алфавитно-предметный указатель

А

Агроценоз 1, 2, 3, 43, 108, 132, 155

Агротехника 43, 135, 146

Агрохимические показатели 3, 62, 73, 75

Азот 10, 13, 15, 16, 17, 23, 301, 41, 59, 62, 67, 72, 73, 77, 80, 82, 84, 86, 90, 98, 107, 1144, 138

Б

Баланс гумуса 76, 78, 105 107, 131, 135

Биологизация 145, 151

Бутонизация 11, 57

Ботва 11, 100, 102, 104, 105, 120, 122, 125, 128, 129

Бездефицитный баланс 89, 90, 138

В

Валовое содержание 90, 91, 114, 134

Г

Гербицид 57, 58

Гумус 13, 21, 26, 28, 37, 38, 60, 63, 64, 68, 71, 77, 104, 108, 131, 133, 135

Гумификация 77

Д

Доза 14, 18, 21, 35, 59, 79, 80, 81,

82, 87, 94, 96, 107, 110, 113, 115, 118, 122, 124, 138

Действующее вещество (д.в.) 148, 149, 150, 151, 152, 153

Динамика 3, 59, 65, 69, 73, 108, 124, 125

Е

Емкость катионного обмена 36

З

Загрязнение почв ТМ 20, 24, 37, 41, 44, 153

И

Индекс аккумуляции 123

Интенсивность накопления 128

К

Критическая концентрация 99, 101, 102, 120, 122

Клубни 12, 13, 17, 49, 50, 51, 52, 60, 100, 114, 120, 131

Кожура 49, 50, 51, 52, 53, 101, 103, 105

Коэффициент биологического поглощения (КБП) 123, 124, 125, 126

Коэффициент перехода 128

Класс обеспеченности 74, 81

М

Минерализация 67, 79, 80

Макроэлементы 146,153

Микроэлементы (МЭ) 20, 21, 27, 140, 144, 145

Минеральные удобрения 19, 37, 56, 59

Н

Навоз 13, 17, 23, 55, 59, 78, 84, 91, 93, 95, 107, 109, 111, 113, 117, 119, 126,130

Нормальная концентрация 117, 118, 120, 122

О

Образцы 60

Орошение 23, 46, 63, 71

Органические удобрения 23, 39, 60, 80, 108

Обменный калий 71, 73, 74, 77

Оригинатор 49, 51, 52

Органоминеральная система 93, 109, 133

П
Пестициды 23
Питательные вещества 13, 15, 18
Плодородие 3, 18, 68, 89, 107, 141
Плантации 3, 48, 49, 62, 71, 91, 115, 118
Почвенный покров 5, 47, 62, 65, 71
Предельно-допустимая концентрация (ПДК) 41, 91, 93, 16, 120, 137, 158
Подвижный фосфор 71, 73, 74, 77
Перидерма 97, 117, 134
Паренхима 97, 103, 117, 134
Р
Реакция почвенной среды pH 66, 74, 75, 136
Расчет баланса 79, 80
Рентабельность 129, 130, 131, 135
С
Севооборот 9, 10, 38, 41, 48, 56, 57, 65, 71, 72, 75, 79, 80, 84, 85, 90, 107, 133, 138
Семенной материал 5, 6, 7, 19
Сумма поглощенных оснований 66, 68, 70
Суперфосфат 21, 22, 78, 77
Т
Токсичность 3, 20, 21, 30, 36, 140, 155
Токсикант 35, 97, 116, 149
Тяжелые металлы (ТМ) 19, 21, 23, 25, 33, 35, 37, 65, 136, 140, 142, 144, 148, 149
У
Урожай картофеля 5, 11, 13, 17, 27, 49, 51, 53, 65, 67, 78, 80, 82, 84, 89, 107, 109
Ф
Фитомасса 61, 62, 100, 106, 131
Фитотоксичность 3, 20, 27, 29
Фоновое значение (ФОН) 92, 93, 95
Фульвокислоты 36, 64
Ч
Чистый доход 129, 130, 132
Э
Эффективность 3, 14, 16, 20, 52, 89, 104, 130, 132

Научное издание

Чернякова Галина Игнатьевна
Троц Наталья Михайловна
Цирулев Евгений Павлович
Аканова Наталья Ивановна
Троц Василий Борисович
Горшкова Оксана Васильевна
Черняков Алексей Иванович

Агроэкологические аспекты органоминеральной системы удобрений в агроценозах картофеля

Монография

Подписано в печать 20.05.2022. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 8,31, печ. л. 8,94.
Тираж 500. Заказ №113.
Отпечатано с готового оригинал-макета
в издательско-библиотечном центре Самарского ГАУ
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru
143

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Агроэкологическая оценка возделывания земляники садовой

Монография

Кинель 2023

УДК 634.75
ББК 42.358.1
А26

Рекомендовано научно-техническим советом Самарского ГАУ

Рецензенты:
д-р биол. наук, проф. кафедры экологии, ботаники и охраны природы,
ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева»,
Н. В. Прохорова;
д-р биол. наук, проф. кафедры агрономии и агротехнологий,
ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический
университет им. П. А. Костычева»,
Д. В. Виноградов

Авторский коллектив:
А. В. Батманов, Н. М. Троц, Е. В. Батманова, В. Б. Троц,
О. В. Горшкова, М. С. Сергеев

А26 Агроэкологическая оценка возделывания земляники садовой : монография / А. В. Батманов, Н. М. Троц, Е. В. Батманова [и др.]. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 143 с.
ISBN 978-5-88575-703-4

В монографии приводится агроэкологический анализ производственных сортовых плантаций земляники садовой. Определены основные агрохимические показатели почвы. Осуществлена количественная оценка уровней накопления тяжелых металлов в системе «почва – поливная вода – растения». Выявлена степень опасности и характер аккумуляции тяжелых металлов в плодах земляники. Изучена эффективность использования минеральных удобрений и опоки для снижения аккумуляции тяжелых металлов почвой и земляникой садовой в разные фазы развития растений.

УДК 634.75
ББК 42.358.1

ISBN 978-5-88575-703-4

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Батманов А. В., Троц Н. М., Батманова Е. В.,
Троц В. Б., Горшкова О. В., Сергеев М. С., 2023

Оглавление

Введение..... 4
1. Биогеохимические особенности тяжелых металлов и пути их поступления в растения 5
2. Биологические особенности земляники садовой..... 24
3. Агроэкологические условия Приволжского района Самарской области..... 33
4. Природно-хозяйственная характеристика территории опытного участка 36
5. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах и растениях производственных плантаций земляники садовой..... 47
6. Особенности аккумуляции тяжелых металлов основными сельскохозяйственными культурами..... 61
6.1. Озимые зерновые культуры..... 61
6.2. Яровая пшеница..... 65
6.3. Зерновые фуражные культуры..... 69
6.4. Зерновые бобовые культуры..... 72
6.5. Крупяные культуры..... 76
6.6. Пропашные культуры..... 80
6.7. Коэффициенты накопления и вынос тяжелых металлов с урожаем воздушно-сухой массы..... 85
6.8. Корреляционная зависимость содержания тяжелых металлов в системе «почва – биомасса растений»..... 89
7. Влияние минеральных удобрений и опал-кристобалитовой породы (опоки) на аккумуляцию тяжелых металлов почвой и растениями земляникой садовой..... 93
7.1. Фенологические наблюдения вегетационного периода земляники садовой 93
7.2. Влияние минеральных удобрений и опоки на содержание валовой и подвижной формы тяжелых металлов в почвах опытного участка..... 95
7.3. Влияние минеральных удобрений и опоки на накопление тяжелых металлов сортовыми растениями земляники садовой 105
8. Оценка экономической эффективности использования минеральных удобрений и опал-кристобалитовой породы (опоки) для получения экологически безопасной продукции земляникой садовой 124
Заключение..... 126
Литература..... 129
Алфавитно-предметный указатель..... 141

Введение

Земляника садовая – источник углеводов и витаминов, красивое и полезное лакомство, повсеместно выращивается на территории Самарской области. Для увеличения площадей возделывания плодовых и ягодных культур в области ежегодно вводится 250-300 гектаров высокоинтенсивных садов. Окультуривание почв и повышение их плодородия напрямую связано с проблемой получения качественной продукции. Исследованиями в регионах РФ и за рубежом было показано, что в условиях постоянного роста техногенного полиметаллического воздействия на окружающую среду существует настоятельная необходимость в контроле качества растениеводческой продукции, включая плодовую и ягодную, по содержанию тяжелых металлов (ТМ) [16, 63]. По сравнению с другими ягодными культурами, земляника более чувствительна к загрязнению почв тяжелыми металлами, поскольку имеет неглубокую корневую систему, а основное количество токсикантов аккумулируют верхние горизонты почвы. В связи с этим разработка приемов по получению экологически качественной продукции земляники садовой, несомненно, актуальна и представляет существенную производственную значимость.

Эффективными приемами по регулированию токсикантов в почвах, которые выступают как основное средство производства в сельском хозяйстве, имеют особый правовой режим и подлежат особой охране, могут являться – подбор устойчивых к накоплению тяжелых металлов сортов и использование адсорбентов природных назначения, которые уменьшают их доступность для растений.

1. Биогеохимические особенности тяжелых металлов и пути их поступления в растения

Особое значение приобрело загрязнение биосферы группой поллютантов, плазматических ядов, с общим названием тяжелые металлы (ТМ). Термин «тяжелые металлы» характеризует широкую группу загрязняющих веществ. В связи с различной трактовкой их количество изменяется в широких пределах. Критериями принадлежности являются атомная масса (свыше 40-50), плотность (5 г/см^3), токсичность, степень вовлечения в природные и техногенные циклы, распространенность в природе [97]. Под этот термин попадают более 40 элементов периодической системы Д. И. Менделеева в том числе, относящиеся к хрупким (Bi) или металлоидам (As), способные накапливаться в гумусовых горизонтах почвы проявляя регрессионно-аккумулятивный тип распределения (накапливание в верхних горизонтах и снижение количества в нижних) [95]. Среди токсичных веществ тяжелые металлы занимают особое место, поскольку в отличие от других загрязнителей их соединения довольно устойчивы и сохраняют токсичное действие длительное время. Тяжелые металлы длительное время остаются ведущей группой загрязнителей, представляющих научный и практический интерес [20, 125].

Биогеохимия металлов эволюционировала после геохимических школ, основанных Ф. У. Кларком, В. И. Вернадским, А. Е. Ферсманом, В. М. Гольдшмидтом, Г. С. Вашингтоном. Современный период развития биосферы характеризуется увеличением миграции ряда металлов. Интенсивность техногенной миграции весьма высока у Fe, Cr, Mn, Cd. Проблема загрязнения среды остается актуальной в связи с расширением их потребления и ростом источников поступления. Приоритетной задачей в решении этой проблемы в современных исследованиях является поведение металлов и ионов металлов в окружающей среде.

Роль тяжелых металлов двухфазна: они необходимы для нормального протекания физиологических процессов и считаются эссенциальными (жизненно важными) микроэлементами (табл. 1), но являются токсикантами и при высоких концентрациях причиняют вред организму.

Таблица 1

Содержание в организме некоторых эссенциальных микроэлементов и их биологическая роль

Элемент, количество в организме взрослого человека	Биологическая роль
Железо, 4-5 г	Транспорт и депонирование кислорода, цитохромы, окислительное фосфорилирование, редокс-ферменты, антиоксидантное действие, необходимость для синтеза порфирина в гемоглобине, миоглобине
Медь, 80-120 мг	Оксидазы, окислительное фосфорилирование, антиоксидантное действие, метоболизм жирных кислот, метаболизм фенольных соединений, переносчик кислорода в реакциях сшивания коллагена и образования пигментов, участие в метаболизме соединительной ткани (коллагена, эластина)
Цинк, 1-2 г	Входит в состав 70 ферментов, включая карбоангидразу, дигидрогеназу, щелочную фосфатазу, участвует в усвоении силикатов, метаболизме нуклеиновых кислот и клеточном делении, в гидролизе фосфатов, синтезе РНК
Марганец, 12-20 мг	Антиоксидантное действие, кофактор дыхательных ферментов, синтез стирола, гликозилирование, метаболизм углеводов, синтез мукополисахаридов в хрящах
Хром, 6 мг	Углеводный обмен, в организмах кофактор инсулина, оптимизация толерантности к глюкозе
Селен, 14 мг	Антиоксидантное действие, оксидазы, обладающие смешанной микросомальной функцией, поддержание сохранности спермы
Молибден, 10 мг	Метаболизм пуринов и серы
Кобальт, 1,5 мг	Одно из действующих начал витамина B_{12}, реакции окисления-восстановления меди. В составе нитроредуктазы, альдегидоксазы
Ванадий	Фиксация азота; окислительно-восстановительный катализ в превращениях эфиров; метаболизм железа
Никель	Содержится в уреазе, стабилизирует структуру РНК, ДНК и рибосом

Это связано с тем, что многие ферменты в организме функционируют в присутствии небольших количеств металлов-микроэлементов. Избыточное их количество в организме связывается с функциональными группами жизненно важных соединений, и они становятся «металлическими ядами» [38]. По чувствительности к металлам животных и человека их можно расположить в

следующий ряд: Hg >Cu >Zn> Ni> Pb> Cd >Cr >Sn> Fe> Mn. При этом для каждого металла существует свой механизм токсичного действия, обусловленный конкуренцией между необходимыми и токсичными металлами за место в белковой молекуле [25].

Поступление тяжелых металлов в окружающую среду имеет как естественное, так и техногенное происхождение. Техногенная доля меди и цинка в атмосфере составляет примерно 75%, кадмия и ртути – 50%, никеля 30%, кобальта 10%. Наиболее высокая эмиссия характерна для свинца – 50-80%. При этом необходимо определять источники поступления металлов в среду: естественные (природные) и техногенные. Естественными источниками являются горные породы, термальные воды и рассолы, космическая и метеоритная пыль, вулканические газы. Наиболее важные техногенные источники: предприятия черной и цветной металлургии; металлообрабатывающие предприятия; автотранспорт; минеральные и органические удобрения, сточные воды и отходы животноводческих комплексов; электростанции, сжигающие уголь; сжигание различных отходов; добыча полезных ископаемых [59, 123].

Антропогенный вклад наиболее заметен для Mn, Cu, Zn, Cd, и Pb. Значительное обогащение природной среды тяжелыми металлами наряду с низким уровнем этих металлов в биосфере и высокой токсичностью требует контроля за их содержанием в пищевых продуктах, когда они прусутствуют в повышенных биодоступных концентрациях. Обычно это наблюдается у сельскохозяйственных культур [56].

Поступления тяжелых металлов в растения может осуществляться за счет корневого и фолиарного поглощения [3]. Важнейшим компонентом агроценозов являются почвы, на которых оседает большая часть загрязнителей [1, 119, 130]. Аккумуляция тяжелых металлов почвами зависит от целого комплекса природных и техногенных факторов: характер почвообразующих пород, климат, растительность, рельеф местности, расположение и особенности техногенных источников тяжелых металлов региона [36].

В почвенном покрове лесостепного и степного Поволжья количественное соотношение содержания тяжелых металлов в почвах отражает следующий ряд: Fe>Ti>Mn>Sr>Cr>Rb>Zn>V>Cu> >Ni>Co>Pb, при этом установлено очень близкое к кларкам почв мира содержание Ti, Fe, Co, Rb, Pb, более высокое содержание Cu и Zn (в 1,5-2,5 раза), более низкое – V, Cr, Mn, Ni, Sr.

Почвы степной зоны накапливают меньше тяжелых металлов по сравнению с почвами лесостепной зоны [81]. Металлы в сельскохозяйственных культурах распределяются неодинаково. На основе литературных данных представлены описания металлов, активно мигрирующих в агроценозах.

Свинец. Относится к металлам, проявляющим сильно выраженные токсикологические свойства при самых низких концентрациях и не выполняющим какой-либо полезной функции. Pb – политропный яд, относящийся к 1 классу опасности, согласно документов Международного агентства канцерогенного регистра. Организм детей сорбирует 40% Pb поступающего с пищей, взрослых – 5-10%. При дозе с 10 до 20 мкг/л в крови происходит снижение умственного развития детей [6]. Pb проникает в организм через дыхательные пути или пищеварительный канал, обладает способностью накапливаться в различных органах и тканях. Появление свинцовой интоксикации обусловлены тем, что Pb блокирует тиоловые группы различных ферментов, в том числе участвующих в синтезе порфиринов и гемма. Pb характеризуется гонадотоксическим, эмбриотоксическим и мутагенным действием [94].

Естественными источниками Pb в окружающей среде являются эндогенные и экзогенные минералы. Значительное повышение Pb в окружающей среде связано со сжиганием угля, применением тетраэтилсвинца, с выносом в водные объекты со сточными водами рудообогатительных фабрик, некоторых металлургических заводов, химических производств, шахт. Загрязнение окружающей среды свинцом и его соединениями происходит в отраслях производств: цветная металлургия (98% от всей металлургии), деревообработка, оборонное производство, производство аккумуляторов, этилированных бензинов, пигментов, сиккативов, стекол, смазок, консервов. Источник техногенного рассеивания Pb – воздействие на метерологические процессы, основной агент – йодистый свинец. Выброс Pb в мировой океан – 430-650 тыс. тонн в год [6, 117].

Pb легко проникает в почву и аккумулируется растениями, включаясь в трофические цепи питания. При низких концентрациях в почвах стимулирует рост растений. В загрязненных почвах наблюдается подавление микробиологической активности, замедляется процесс фотосинтеза, уменьшается процесс поглощения воды растениями. Наиболее высокая опасность накопления подвижной формы свинца наблюдается в сильнокислых почвах с

восстановительным режимом, наименьшая в нейтральных и слабощелочных почвах с окислительным режимом [46]. Устойчивость растений к избирательному накоплению Pb неодинакова: менее устойчивы злаки, более устойчивы бобовые. Расчетами доказано, что безопасное зерно пшеницы можно выращивать на почвах, содержащих не более 16 мг/кг Pb, соломы озимой пшеницы – 75 мг/кг [55, 122, 128]. По данным многочисленных исследований концентрация Pb в почвах фоновых районов бывших стран членов СЭВ колеблется в интервале 1-30 мг/кг, а фоновых районов мира 1-80 мг/кг, при среднем 16 мг/кг. Содержание Pb в верхних горизонтах почвы колеблется в пределах 3-190 мг/кг, при среднем 32 мг/кг [37, 40, 45].

Вывод свинца из пищевой цепи – глобальная проблема. Учеными предлагается внесение азотных удобрений в почву, загрязненную свинцом и мышьяком. В Японии запатентовано вещество для обработки почвы – меркато-8-триазин, связывающее тяжелые металлы [127]. В ФРГ принято в тех же целях вводить хелатные смолы [131]. В нашей стране ученые Московского лесотехнического института получили ряд составов, включающих азотнокислый торий, пентаоксид ванадия, азотнокислый кобальт – названные адаптогенами. Они помогают растениям «приспособиться» к воздействию повышенных концентраций вредных веществ [54].

Кадмий. Cd относят к токсичным ультрамикроэлементам. Физиологическая потребность в этом элементе составляет от 1 до 5 мкг, в количестве, превышающем 50 мкг, Cd поражает многие системы организма – оказывает влияние на углеводный обмен, нарушает фосфорно-кальциевый обмен, приводит к нарушениям функций легких, деформации скелета и непроизвольным переломам костей, поскольку способен вымывать кальций из организма [109]. Международное агентство по изучению рака (IARK) относит Cd к веществам 1 класса опасности и определяет его как канцероген для человека [87]. При попадании в организм блокируется синтез витамина Д, нарушается минерализация костей (болезнь итай-итай). Заболевшие болезнью итай-итай в 50-е годы XX века люди в Японии потребляли 0,6 мг Cd в сутки. В организм Cd чаще всего попадает с растительной пищей. Он легко переходит из почвы в растения, в связи с тем, что последние способны поглощать до 70% Cd из почвы и лишь 30% из воздуха. Для Cd характерно сродство с зерновыми культурами. ПДК в зерне для Cd 0,1 мг/кг

(детское питание 0,03 мг/кг). При действии Cd на растения возникает угнетение роста, торможение фотосинтеза, хлороз листьев. Cd может замещать Zn в составе ферментативных систем, приводя к торможению многих энзимотических реакций, нарушению проницаемости мембран [34]. Чемпионом по аккумуляции Cd является подсолнечник, его семена, майонез, масло. Халва накапливает Cd в 2,6 раза выше нормы [39].

Наиболее интенсивные источники загрязнения окружающей среды кадмием – металлургия и гальванотехника, а также сжигание твердого и жидкого топлива. Около 52% кадмия попадает в окружающую среду при сжигании и переработке материалов, его содержащих, особенно изделий из пластмасс, куда он добавляется для прочности и кадмиевых красителей. Сжигание мазута и дизельного топлива является дополнительным источником кадмиевых загрязнений [42].

До 70% попадающего в почву Cd связывается почвенными комплексами, доступными для усвоения растениями, его соединения мобильны, отличаются большой биодоступностью и тенденцией к бионакоплению. В растениях Cd конценрируется в корнях, в меньшей степени листьями [85, 115, 126]. Одним из основных источников в почвах агроценозов являются удобрения, в особенности суперфосфат, куда Cd входит в виде примеси.

Медь. Cu относится к умеренно токсичным металлам, которые в избыточном количестве оказывает ингибитирующее воздействие на организмы [98, 118].

Медь сравнительно мало распространена в природе. Среднее содержание ее в земной коре составляет 0,01 % по массе, причем основные и ультраосновные породы богаче медью по сравнению с кислыми массивно-кристаллическими породами, незначительные количества меди содержатся в известняках, доломитах, валунных суглинках и песках. Кларк меди в земной коре – 47 мг/кг. Медь находится преимущественно в соединениях с серой, железом, кислородом, встречается также в свободном состоянии в виде самородков. Медь образует множество минералов (медный колчедан, медный блеск, малахит, лазурит и др.), среди них наиболее распространены первичные минералы – простые и сложные сульфиды. Они подвержены выветриванию (особенно в кислой среде), которое сопровождается появлением в среде ионов меди. Элемент обладает очень сильными комплексообразующими свойствами.

Наиболее прочно микроэлемент связывается монтмориллонитом, глинами и гумусом почвы. Большую роль в миграции меди играют биологические процессы, в частности микробиологическая фиксация. Содержание меди в почве тесно связано с ее механическим составом, количеством органического вещества и суммой поглощенных оснований. Чем тяжелее механический состав почвы и больше поглощенных оснований, тем выше содержание меди. Медь – типичный элемент с высокой агрохимической активностью, т.к. ее вынос колеблется от 62 до 84 %. Поэтому вероятность истощения почв без внесения ее с удобрениями весьма вероятна и, в первую очередь, на почвах с низким содержанием этого элемента [14].

Медь – незаменимый элемент для нормальной жизнедеятельности растений, животных, человека. При избытке элемента происходит его аккумуляция в печени с последующим внезапным разрушением эритроцитов и резким повышением концентрации билирубина. Избыток свободной меди угнетает активность окислительных ферментов, что приводит к гибели клеток и усиливает тканевую гипоксию [96]. При недостатке в травяных кормах меди у животных ослабляется костная ткань, фосфорный и железный обмен, понижается в крови содержание гемоглобина. При недостатке меди в кормах животные теряют аппетит, сильно худеют и лижут несъедобные предметы, в связи с чем эта болезнь получила название «лизухи». Cu относительно распространенный элемент – кларк земной коры 0,0047%, для почв мира – 0,002% или 20 мг/кг [75].

Содержание меди в почвах колеблется в широких пределах: от 0,1 до 140 мг/кг, хотя в глобальном масштабе доходит до 3700 мг/кг [44, 111]. Количество этого элемента в почве зависит от типа, подтипа и особенностей почвообразования. Лучше обеспечены медью краснозем и желтоземы; хуже – песчаные и органические почвы [38]. Дерново-подзолистые почвы содержат меди в среднем 15 мг/кг при колебаниях от 0,1 до 48 мг/кг. Серые лесные почвы содержат в среднем 15 и в интервале 5-39 мг/кг; черноземы – 30 и 7-58 мг/кг; каштановые – 10 и 0,6-20 мг/кг; болотные – 11 и 2-37 мг/кг; торфяник верховой – 3 и 1-5 мг/кг; засоленные – 27 и 4-42 мг/кг; сероземы – 11 и 5-20 мг/кг; красноземы и желтоземы – 76 и 21-40 мг/кг; почвы тундры – 9 и 2-23 мг/кг. В эталонном курском черноземе меди содержится 26 мг/кг, а в

большинстве почв Северного Кавказа – 20-35 мг/кг [84, 100]. В пахотном горизонте серых лесных почв Центрального Черноземья России содержание валового количества меди разнится у подтипов: от 8,5 до 11,7 в светло-сером: 9,2-11,7 в сером; 14,0-18,2 мг/кг в тёмно-сером [78]. Авторы связывают большее содержание меди в темно-серых лесных почвах с интенсивным дерновым процессом по сравнению со светло-серым подтипом. Кроме того, в органическом веществе темно-серых лесных почв значительно возрастает доля гуминовых кислот, прочно закрепляющих Cu [77]. Содержание меди в темно-серых лесных почвах под лесом приближается к ее количеству в черноземах и обусловлено биогенной аккумуляцией элемента [52]. Однако для питания растений особое значение имеет не валовое содержание меди, а количество ее подвижных форм в почве. Обычно количество растворимых, доступных растениям, форм меди в природных условиях не превышает 10 % от общего его содержания. Содержание подвижной меди в почвах стран СНГ колеблется от 1 до 30 мг/кг. У песчаных и супесчаных почв этой формы меди – 1,1-2,2 мг/кг, у суглинистых – 3,0-7,8 мг/кг, у каштановых и дерново-подзолистых – 6-11,6 мг/кг, у черноземов – 7-30 мг/кг, у красноземов и серых лесных суглинистых почв – 8-40 мг/кг [7, 30, 76]. Медь находится в почвенном растворе в поглощённом органическими и минеральными коллоидами состоянии в виде труднорастворимых солей и гидратов окиси меди, металло-органических комплексов и как составная часть некоторых минералов. Содержание меди в почвах тесно связано с её гранулометрическим составом, количеством органического вещества и суммой поглощённых оснований. Чем тяжелее гранулометрический состав почвы и больше поглощённых оснований, тем выше содержание меди. В тяжёлых по гранулометрическому составу почвах меди больше, чем в лёгких, при возрастании степени оподзоленности (выщелоченности) количество меди и её подвижность уменьшается. В условиях Краснодарского края к минимально обеспеченным подвижными формами меди отнесены горные перегнойно-карбонатные почвы, черноземы долинные и малогумусные карбонатные (с содержанием 2,5-4,5 мг/кг); черноземы слабогумусные, каштановые, горнолесные бурые почвы (4,5-5,5 мг/кг). Наиболее многочисленная группа включает почвы со средним содержанием подвижной меди – 5,5-7,0 мг/ кг, куда вошли луговые и аллювиально-луговые суглинистые почвы,

черноземы малогумусные слабощелочные и выщелоченные, горно-лесные и лесостепные среднегумусные. В черноземах слитых и лугово-черноземных почвах среднее содержание подвижной меди – 7-9 мг/кг. На южных склонах Кавказских гор в горно-лесных бурых почвах – 9-20 мг/кг; на пойменных почвах дельты реки Кубани – 2,5-5,5 мг/кг [100]. Низкое содержание меди (1,5-3,0 мг/кг) характерно для областей Центрально-Черноземной зоны, в том числе и для Тамбовской области.

Количество меди в растениях находится в интервале 1,5-31,0 мг/кг сухого вещества, и ее содержание зависит от культур, органов растений и условий выращивания. Этот элемент в растениях не реутилизируется. Больше меди находится в листьях и семенах, меньше – в корнях и совсем мало в стеблях. Количество этого элемента у одного и того же вида растений при выращивании на разных почвах различается в 2-8 раз. Распределение в листьях относительно равномерное; однако содержание в корневой системе зависит от запаса меди в почве. При низкой концентрации ионов меди их распределение между зародышевыми и узловыми корнями равномерно. Однако при средней и высокой концентрации они преимущественно аккумулируются в зародышевых корнях. В семенах больше меди в зародыше и семенных оболочках, меньше – в эндосперме.

Медь входит в состав ряда ферментов, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность клеток, принимает участие в образовании хлорофилла и других окислительно-восстановительных процессах, протекающих в клетках растений. Растения поглощают из почвы от до 80 г/га меди [111]. Медь участвует в углеводном и белковом обменах растений, действие меди в этих реакциях специфическое, и она не может быть заменена каким-либо другим элементом. Под влиянием меди повышается активность пероксидазы, синтез белков, жиров и углеводов, а также интенсивность дыхательных ферментов. Недостаток меди вызывает у растений понижение активности синтетических процессов и ведёт к накоплению растворимых углеводов, аминокислот и других продуктов распада сложных органических веществ. При нехватке меди у растений происходит увядание, потеря тургора, хлороз листьев, задержка стеблевания и слабое образование семян. Признаки недостатка меди отмечаются у молодых частей растений. Медное голодание более распространено у сливы, груши, яблони,

пшеницы, ячменя, овса и других культур. Среди плодовых культур слива наиболее чувствительна к недостатку меди. Молодые листья верхушечных побегов становятся уродливой формы, желтоватой окраски, отмирают по краям, затем засыхают и опадают. Из нижних почек образуются новые боковые побеги, которые, не развившись, могут также засыхать и опадать. При недостатке меди у листьев яблони, расположенных на верхушках побегов, появляются некротические коричневые пятна, верхушки медленно увядают и отмирают; в следующий вегетационный период рост возобновляется из почки, расположенной ниже точки отмирания. Отрастание и отмирание в течение нескольких лет приводит к появлению кустовидной и малорослой формы. Недостаток меди у пшеницы, ячменя, овса проявляется в побелении кончиков листьев с изменением ярко-зелёной окраски на светлозелёную, новые листья слабо развёртываются и быстро отмирают. У пшеницы вместе с отмиранием верхушечного листа начинается усиленное кущение, вновь образованные побеги также поражаются, пока растение не засохнет. При умеренном медном голодании колос развивается слабым, хлоротичным, зёрна слабовыполненные, щуплые. Аналогично злаковым, выращиваемым в зерновых целях, развиваются травосмеси, выращиваемые на корм [9].

Цинк. Цинк – жизненно необходимый (эссенциальный) микроэлемент, один из самых распространённых микроэлементов организма, количественно, второй после железа [89]. Общее содержание цинка в земной коре 0,02 %. Кларк цинка в земной коре – 83 мг/кг. Главные минералы и горные породы, которые могут служить природными загрязнителями цинком, являются сфалерит, смитсонит, каламин, госларит, цинкит. Антропогенными факторами загрязнения цинком могут быть сточные воды с разных промышленных объектов (фабрики по производству минеральных красок, пергаментной бумаги, вискозного волокна и гальванические цехи) [110].

Цинк обладает слабой фитотоксичностью, которая обнаруживается только при существенном увеличении его содержания в почве. Так, на почвах с малой емкостью катионного поглощения токсичный эффект цинка наблюдается при поступлении его в количествах 400-700 кг/га, а на почвах с большой емкостью поглощения – 2000 кг/га. Проявление признаков токсичности цинка у растений наступает при содержании его в тканях 300-500 мг/кг

сухой массы. Обычное содержание цинка в частях растений, бедных хлорофиллом, составляет 7-27 мг/кг сухой массы, а в материалах, богатых хлорофиллом, – 40-95 мг/кг. Все культурные растения по отношению к цинку делятся на 3 группы: очень чувствительные (кукуруза, лен, хмель, виноград, плодовые); средне чувствительные (соя, фасоль, кормовые бобовые, горох, сахарная свекла, подсолнечник, клевер, лук, картофель, капуста, огурцы, ягодники); слабо чувствительные (овес, пшеница, ячмень, рожь, морковь, рис, люцерна) [9].

Цинк повышает активность фотосинтеза. Без внесения этого элемента у бобов наблюдались увядание и опадение листьев и цветочных почек, семена не образовывались. Недостаток цинка обычно вызывает задержку роста растений и уменьшение количества хлорофилла в листьях. От дефицита цинка страдают также горох, бобы, овес, клевер, люцерна и многие другие культуры. При этом отмечались мелколистность и скручивание листьев, тусклая светло-зеленая окраска или хлороз (между жилками). E. G. Viets и др. (1954) описали признаки цинковой недостаточности для 26 культур. Они отмечали, что при недостатке цинка растения плохо развиваются, у них наблюдается пятнистость нижних листьев, а это в свою очередь влияет на урожайность и качество продукции [62]. Применение цинковых удобрений увеличивает содержание аскорбиновой кислоты, сухого вещества и хлорофилла в листьях кукурузы. Цинковые удобрения повышают засухо-, жаро- и холодоустойчивость растений. Недостаток цинка сильнее сказывается на образовании семян, чем на развитии вегетативных органов. При недостатке цинка в растениях томата и цитрусовых накапливаются редуцирующие сахара и уменьшается содержание крахмала. Имеется указание, что недостаток цинка сильнее проявляется у растений, богатых углеводами. Многими исследователями доказана связь между обеспеченностью растений цинком и образованием и содержанием в них ауксинов. Цинковое голодание вызывается отсутствием активного ауксина в стеблях растений и пониженной его деятельностью в листьях [43].

Физиологическое воздействие цинка заключается в действии его как активатора ферментов. Цинк входит в состав более двухсот ферментов, является составной частью гормонов (тимулин, тестостерон, пролактин, соматомедин), влияет на все виды обмена. Стимулирует секрецию инсулина и транспорт глюкозы,

способствуя снижению повышенного уровня сахара в крови. Усиливает иммунный ответ, стимулирует деятельность половых желез. Участвуя в синтезе кератина и коллагена, благоприятно влияет на состояние кожи, ногтей и волос.

Большая часть цинка в организме взрослого человека находится в мышцах, костях и коже. Для обеспечения потребности ежедневное всасывание металла должно составлять не менее 5 мг (10-15 мг в сутки). Учитывая большое значение цинка в обмене веществ, его длительный дефицит может привести к развитию многих заболеваний: нарушению менструальной функции, бесплодию, потере сексуальной активности у мужчин, снижению иммунитета, кожным заболеваниям, развитию анемии, усиливает рост опухолей, нарушает рост волос и ногтей. В подростковом возрасте недостаток цинка приводит к неполноценному развитию половой системы, поскольку цинк входит в состав ферментов, участвующих в синтезе половых гормонов. В свою очередь, это ведет к ряду гормональных нарушений как у девочек (дисфункция яичников, позднее начало месячных, недоразвитие матки), так и у мальчиков (признаки инфантилизма, плохо развитая предстательная железа, недоразвитие яичек) [105].

Железо. Железо в очень высокой степени вовлечено в антропогенную деятельность, оно отличается высокой технофильностью. В процесс антропогенной деятельности вовлечено более 10 млрд т железа, 60 % которого рассеяно в пространстве [31]. Для растительных и животных организмов железо является эссенциальным микроэлементом, входящим в состав ферментных комплексов любых растений, как токсичный поллютант особого значения не имеет [92]. Организм взрослого человека содержит 4-5 г железа, которое входит в состав важнейшего дыхательного пигмента гемоглобина (55-70% от общего содержания), вырабатываемого костным мозгом и ответственного за перенос кислорода от легких к тканям, в состав белка миоглобина (10-25%), необходимого для накопления кислорода в мышечной ткани, а также в состав различных дыхательных ферментов (около 1% общего содержания), например, цитохромов, катализирующих процесс дыхания в клетках и тканях. Кроме того, 20-25% железа хранится в организме как резерв, сосредоточенный в печени и селезенке в виде ферритина – железо-белкового комплекса, служащего «сырьем» для получения всех вышеперечисленных многообразных

соединений железа. В плазме крови содержится не более 0,1% от общего содержания железа. Токсичной дозой для человека считается 200 мг в сутки, летальной – 7-35 г. [28]. При избыточной концентрации Fe образует хелатоподобные комплексы с обычными метаболитами, нарушая обмен веществ, взаимодействуя с клеточными мембранами изменяя их проницаемость [24].

Различные соединения железа играют существенную и весьма сложную роль в почвенных процессах в связи со способностью элемента менять степень окисления с образованием соединений различной растворимости, окисленности, подвижности [11].

Fe необходимый элемент растительной клетки. Выполняет каталитические функции, принимает участие в окислительно-восстановительных процессах дыхания, фотосинтеза, азотфиксации [49]. Содержание железа в листьях достигает сотых долей процента, за ним следует марганец, концентрация цинка выражается уже в тысячных долях, а содержание меди не превышает десятитысячных процента. Аккумулируется в основном в подземных органах, что считается проявлением защитной функции корневой системы в растительном организме [35, 41]. Высокие концентрации железа в надземных органах могут свидетельствовать о биологической способности растений аккумулировать металл в фотосинтетических тканях [19].

Железу принадлежит особая функция – непременное участие в биосинтезе хлорофилла. Поэтому любая причина, ограничивающая доступность железа для растений, приводит к тяжелым заболеваниям, в частности к хлорозу. При нарушении и ослаблении фотосинтеза и дыхания вследствие недостаточного образования органических веществ, из которых строится организм растения, и дефицита органических резервов, происходит общее расстройство обмена веществ. Поэтому при остром недостатке железа неизбежно наступает гибель растений. У деревьев и кустарников зеленая окраска верхушечных листьев исчезает полностью, они становятся почти белыми, постепенно усыхают [49].

Марганец. Mn позиционируется как «микроэлемент» [74]. Марганец участвует в процессах дыхания, в синтезе жирных кислот, оказывает влияние на рост, является активатором некоторых ферментов, участвует в биосинтезе РНК и ДНК и образовании костной ткани [71]. При недостатке марганца у животных наблюдаются затруднения в репродукции, дефекты в развитии

скелета [72]. Превышение концентрации Mn в организме человека приводит к снижению интеллектуальных способностей у детей, может спровоцировать возникновение серьезных заболеваний костной системы. Отравление марганцем имеет либо неврологическую, либо легочную форму [113].

Роль марганца в обмене веществ у растений сходна с функциями магния и железа. Mn активно поглощается и легко переносится растениями, не связываясь с нерастворимыми органическими лигандами. Mn концентрируется в листьях растений, что связано с участием в процессах фотосинтеза, протекания реакций цикла Кребса, синтеза нуклеиновых кислот [91, 121]. Признаки дефицита марганца у растений чаще всего наблюдаются на карбонатных, сильноизвесткованных, а также на некоторых торфянистых и других почвах при pH выше 6,5. Недостаток марганца становится заметным сначала на молодых листьях по более светлой зеленой окраске или по обесцвечиванию (хлорозу). В отличие от железистого хлороза у однодольных в нижней части пластинки листьев появляются серые, серо-зеленые или бурые, постепенно сливающиеся пятна, часто с более темным окаймлением. Признаки марганцевого голодания у двудольных такие же, как при недостатке железа, только зеленые жилки обычно не так резко выделяются на пожелтевших тканях. Кроме того, очень быстро появляются бурые некротические пятна. Листья отмирают даже быстрее, чем при недостатке железа. Марганцевая недостаточность у растений обостряется при низкой температуре и высокой влажности. Видимо, в связи с этим озимые хлеба наиболее чувствительны к его недостатку ранней весной. Марганец участвует не только в фотосинтезе, но и в синтезе витамина С. При недостатке марганца понижается синтез органических веществ, уменьшается содержание хлорофилла в растениях, и они заболевают хлорозом. Симптомы марганцевой недостаточности у растений проявляются чаще всего на карбонатных, торфянистых и других почвах с высоким содержанием органического вещества. Недостаток марганца у растений проявляется в появлении на листьях мелких хлоротичных пятен, располагающихся между жилками, которые остаются зелеными. У злаков хлоротичные пятна имеют вид удлиненных полосок, а у свеклы они располагаются мелкими пятнами по листовой пластинке. При марганцевом голодании отмечается также слабое развитие корневой системы растений. Наиболее чувствительными

культурами к недостатку марганца являются свекла сахарная, кормовая и столовая, овес, картофель, яблоня, черешня и малина. У плодовых культур наряду с хлорозным заболеванием листьев отмечается слабая облиственность деревьев, более раннее, чем обычно опадание листьев, а при сильном марганцевом голодании – засыхание и отмирание верхушек веток [97].

Хром. Cr эссенциальный для организма элемент, но в условиях превышения оптимального уровня содержания депонируется в тканях. ПДК Cr не вызывающая токсичного эффекта составляет около 5 мг в сутки. Элемент в виде соединений способствует активизации инсулина в организме, опосредовано индуцирует процессы липогенеза и перехода углеводов в липиды, участвует в поддержании структурного единства молекул нуклеиновых кислот. Cr регулирует деятельность миокарда, контролирует уровень холестерина и артериальное давление [27, 65, 120]. Природными источниками Cr для человека являются проросшие зерна пшеницы, черный перец, зернобобовые, перловка, крабы, устрицы, креветки, яйца, кукурузное масло; овощи – капуста, редис, помидоры; ягоды и фрукты – яблоки, вишня, слива, черника, голубика, клюква, облепиха, рябина; лекарственные растения – гинкго билоба, мелисса, сушеница и др.

Изучение валентных состояний хрома (+2; +3; +6) позволили сделать вывод о канцерогенности Cr^{+6}, в виде анионов хроматов и дихроматов [109]. Cr^{+6} проявляет токсичность, подавляя рост, затормаживая метаболические процессы, оказывает тератогенный, генотоксический, эмбриотоксический эффект. Cr^{+6} способен вызывать бронхогенный рак, злокачественные образования желудочно-кишечного тракта, дерматиты [25]. Избыточные концентрации в окружающей среде обусловлены в основном техногенными источниками: сжигание угля, сталелитейное производство (хромирование стали), электросварка, текстильное производство, кожевенная промышленность, производство красителей, катализаторов, процессы дегидрогенизации углеводородов.

По данным А. П. Виноградова [17], хром содержится в почве в среднем в количестве – $2 \cdot 10^{-2}$ %, а в растениях – $5 \cdot 10^{-4}$ %. Нормальное содержание хрома в листьях растений равняется 0,1-0,5 мг/кг сухой массы и предположительно максимальное – 2 мг/кг сухой массы. ПДК хрома для растений составляет от 0,1 до 2,0 мг/кг сухой массы. Критическая концентрация металла, выше

которой нарастание надземной массы растений снижается на 10 %, варьирует от 1,0 до 2,0 мг/кг сухой массы. Фитотоксическая концентрация хрома (снижение надземной фитомассы на 50 %) равна 100 мг/кг сухой массы [129]. Хром может поступать в растения не только через корневую систему, но и через листья.

Н. В. Прохоровой с соавт. [59] проанализировано распределение хрома наряду с другими тяжелыми металлами в важнейших сельскохозяйственных культурах в Самарской области, используемых в пищу. Накопление Cr в посевах пшеницы составляет от десятка долей до 50 мг/кг воздушно-сухой массы, во ржи – от десятка долей до 40 мг/кг, а в ячмене до 30 мг/кг, подсолнечнике до 65 мг/кг. В посевах гречки на территории Самарской области концентрация хрома варьирует от 3 до 30 мг/кг. Если учесть, что ПДК хрома для растений равна 2 мг/кг, то превышение концентрации этого элемента в сельскохозяйственных растениях может снижать их урожайность. Нетоксичные концентрации хрома могут вызывать некоторую стимуляцию физиологических процессов, в то время как высокие – существенно ингибируют все ростовые процессы. Это проявляется в торможении роста корневой системы растений, снижении сырого и сухого веса, изменении цвета корней, уменьшении количества листьев, площади ассимиляционной поверхности, возникновении хлорозов и некрозов, что приводит к снижению накопления биомассы. Избыток хрома в среде выращивания ингибирует прорастание пыльцы древесных и цветочных растений, приводит к появлению тератоморф. По количеству хрома, который накапливается растениях, вегетативные органы можно разместить в ряд: корни > листья > семена. Поглощение металла осуществляется как непосредственно корневыми система растений, так и листьями. На этот процесс оказывает влияние концентрация H+, содержание органического вещества в почве [108].

Растения являются индикаторами состояния окружающей среды, они накапливают металлы из почвы и воздуха и аккумулируют их в зависимости от характера загрязнения [3]. С растений начинаются многие пищевые цепи, что в конечном итоге может сказаться на здоровье людей. Выделяют следующие аспекты влияния тяжелых металлов на растения: накопление тяжелых металлов растениями, видимые изменения надземных и подземных органов, нарушение в метаболизме растений, влияние на репродуктивную сферу растения [90].

Согласно классификациям A. J. Baker (1981), И. В. Серегина (2009), М. Г. Опекуновой (2013), по способности аккумулировать тяжелые металлы выделены три группы растений: исключатели – содержат низкое содержание металлов в надземных органах, определяющееся барьерной функцией эндодермы корня; индифферентные – не накапливают металлы в органах и тканях, независимо от их содержания в окружающей среде; аккумуляторы – интенсивно накапливающие тяжелые металлы в надземных органах, как при низком, так и при высоком содержании в почве [73, 88, 116].

Исследования показали, что различия в содержании тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах определяется их биологическими особенностями. Сравнительный анализ различных групп сельскохозяйственных растений выявил, что максимальная концентрация в целом в растении элементов Cu, Zn, Cd отмечена в растениях пропашной группы (подсолнечник, кукуруза). Бобовые культуры (горох, люцерна, чечевица) активнее аккумулируют Ni, Cr, Pb. Зерновые (озимая рожь, озимая и яровая пшеница, ячмень, овес) обладают наименьшей аккумулирующей способностью. Средневзвешенное содержание тяжелых металлов в растениях пропашной группы на 39,5% выше, чем зерновой, и на 6,9% выше, чем в бобовых культурах [53].

В исследованиях О. Ф. Ветровой (2015) дана оценка содержания и распределения в растениях земляники садовой Pb, Ni, Zn, Fe, Cu в условиях техногенного загрязнения. Отмечено, что при одновременном поступлении Pb и Ni из почвы и атмосферного воздуха земляника лучше защищена от Ni, а риск накопления Pb в плодах выше. Zn интенсивнее поступает в плоды, а высокое содержание Cu обнаружено в корнях и черешках листьев, минимальное – в плодах. Fe накапливается в плодах, а в листьях количество металла минимальное [16].

Процесс поступления тяжелых металлов в растения происходит поэтапно, затрагивая механизмы структурных компонентов растений. Проникновение ионов в свободное пространство апопласта может происходить за счет процессов диффузии, обменной и физико-химической адсорбции. После преодоления мембранного барьера происходит проникновение ионов в симпласт и радиальное передвижение по тканям корня и сосудистым проводящим пучкам. В результате поступающие ионы активно включаются в метаболизм. Поступающие ионы способны вертикально

передвигаться по стеблям, черешкам и ветвящимся жилкам листьев, проникать в синтезирующие клетки, подвергаясь утилизации и реутилизации, оттоку в репродуктивные органы. Ассимиляты и ионы могут транспортироваться вниз по флоэме в корни [15]. Важнейший этап в процессе поглощения растениями ионов тяжелых металлов – преодоление ими структурного барьера – биологической мембраны, при котором происходит сочетание быстрой адсорбции с активным поглощением [101].

Ионы тяжелых металлов передвигаются в тканях корня симпластическим и апопластическим путем, которые могут сменять друг друга.

Внекорневое поступление тяжелых металлов возможно за счет адсорбции листовой поверхностью по безбарьерному типу [97]. На верхней стороне листа наиболее активное поступление наблюдается по жилкам и по его краям, а на нижней – в замыкающих клетками устьиц, околоустьичных клетках, эпидермальных волосках и над антиклинальными стенками клеток эпидермиса.

В исследованиях И. В. Серегина (2009) ткани растений в зависимости от способности накапливать и транспортировать металлы разделены на шесть групп. К первой группе отнесена поглотительная ткань ризодерма, ко второй выполняющие барьерные функции эндодерма и экзодерма, к третьей группе ткани-аккумуляторы и ткани, в которых металл выявляется, но не накапливается (многослойная кора, эпидерма). К четвертой группе принадлежат ткани-коллекторы (перицикл). К пятой группе относятся проводящие ткани – ксилема и флоэма. К шестой группе отнесены ткани-накопители, способные накапливать металлы в отсутствии ионов конкурентов – ткани апикального участка корня в зонах деления и растяжения, а также корневой чехлик.

Избыточному поступлению тяжелых металлов в растения противостоит система защитных реакций и механизмов. Первый – это корневая система, которая ограничивается избирательной способностью корневого поглощения по отношению к определенным элементам. При передвижении из корней в надземные органы, важная роль принадлежит корневой шейке [88].

Однако физиологические барьеры в корнях не всегда способны защитить растения от поступающих токсикантов. В работу могут включаться и физиологически менее активные органы.

Уменьшению уровня аккумуляции может способствовать десорбция тканей, которая объясняется метаболическими особенностями растений и свойствами поглощаемых металлов. В исследованиях Н. М. Чернаской (1989) отмечено, что одним из возможных механизмов детоксикации тяжелых металлов может быть изоляция их белками металлотионеинами, но если содержание металла превышает их связывающая способность, то элементы переносятся в металлоферменты и проявляют токсичные свойства. Фактором выживания растительного организма является нахождение металла в металлотионеине или металлоферменте.

Воздействие тяжелых металлов регулируется генетическим аппаратом растений, благодаря которым формируются толерантные генотипы и металлоустойчивые популяции к тому металлу, который находится в среде в избытке. Металлоустойчивость обеспечивается следующими механизмами: связывание в нерастворимые комплексы, складирование в вакуоли или в клеточные стенки, выведение в окружающую среду (сбрасывание листьев), вымывание осадками, выделение в воздух, адаптация к металлу за счет перестройки в метаболизме [108].

Таким образом, устойчивость растений к токсическому действию ионов тяжелых металлов зависит от эффективности действия в них взаимосвязанных комплексным процессом механизмов.

2. Биологические особенности земляники садовой

Земляника является самой распространенной из возделываемых ягодных культур. Предполагается, что появилась культура в Голландии в результате скрещивания земляники чилийской и земляники виргинской.

По ботаническому происхождению относится к царству Растения (Plantae или Vegetabilla), отделу Покрытосеменные (Angiospermae), классу Двудольные (Dicotyledones), порядку Розоцветные (Rosales), семейству Розовые (Rosaceae), роду Земляника (Fragaria), виду земляника садовая (Fragaria ananassa). Название рода Fragaria в переводе означает ароматный, благоухающий и включает 50 различных видов земляники и клубники [47].

Земляника является многолетним травянистым растением, неморозостойким, незасухоустойчивым, теневыносливым [107].

Надземная часть растения представлена несколькими короткими стеблями, оканчивающимися почками. На каждом стебле в виде розетки расположены листья на длинных черешках. Лист тройчатый, на конце черешка имеются прилистники. Характерным признаком сорта является форма среднего листа. Она может быть овальной, округлой, ромбической и др. В пазухе верхнего листа розетки имеется точка роста рожка – конус нарастания. В летне-осенний период происходит дифференциация и формируется зачаточное соцветие. На следующий год на рожке развиваются листья, образующие розетку и цветонос. После плодоношения цветоносный побег отмирает и на этом заканчивается поступательный рост рожка, а рост растения продолжается за счет развития из пазушных почек новых рожков, которые в дальнейшем повторяют этот цикл развития [48]. Лист земляники живет в среднем 60-70 дней. На одном и том же растении процесс отмирания и образования листьев идет неодновременно. Наиболее усиленно он протекает в начале вегетации и после уборки урожая. Во второй период вегетации в пазухах листьев образуются длинные шнуровидные стелющиеся побеги (усы) с укороченными розетками, используемые для размножения. Подземная часть растения земляники состоит из растущих или всасывающих корней (светлой окраски), проводящих и стержневых корней (темной окраски) и корневища.

Основная масса всасывающих и стержневых корней размещается на глубине до 30 см и лишь проводящие корни уходят на глубину до 40 см. Рост корней происходит в течение всего вегетационного периода, но наиболее активно они растут весной и сразу после окончания плодоношения. Корневая система земляники мочковатая, каждый новый рожок у своего основания образует мочку придаточных корней, развивающиеся затем в осевые и ветвящиеся корни. Корневая система в условиях поливного хозяйства растет в течение всей вегетации и углубляется до 70 см, основная часть находится на глубине 0-40 см, диаметр отхождения корневой системы – 0-20, 0-30 см (рис. 1).

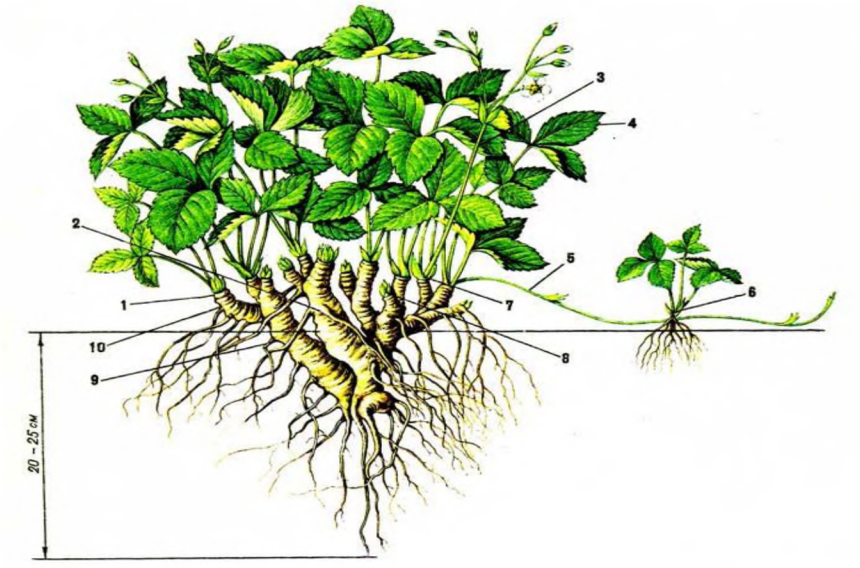


Рис. 1. Строение куста земляники:
1 – однолетний рожек; 2 – многолетнее корневище; 3 – цветонос; 4 – лист; 5 – ус; 6 – розетка; 7– верхушечная почка; 8 – пазушная почка; 9 – боковые корни; 10 – придаточные корни рожка [22]

Цветоносы земляники представляют собой генеративные стебли, завершающие свое развитие образованием плодов. Цветоносный стебель несет соцветие, у которого боковые оси развиваются сильнее основных центральных. Развиваются цветоносы

ранней весной из дифференцированных почек. Каждый цветонос несет на себе соцветие: у молодых растений в первый год плодоношения с 3-10 цветками, а у взрослых (на второй и третий годы) – до 20-30 цветков

Цветоносы по отношению к листьям, в зависимости от сорта, располагаются выше или ниже листьев или на одном уровне. Цветок земляники имеет венчик из 5 лепестков. Первые цветки образуют 7-10 лепестков и чашечку с 5 или 10 чашелистиками, 20-30 тычинками от 100 до 400 пестиков. Цветки земляники бывают обоеполые и однополые. Большинство сортов имеют обоеполые цветки с нормально развитыми тычинками и пестиками. Значительно меньше сортов с однополым женским типом цветка. У таких сортов нормально развиты пестики и недоразвиты тычинки. Сорта с подобным типом цветка требуют опылителя. Длительность цветения растений является ценным биологическим свойством растений и приспособлением к неблагоприятным условиям среды. При гибели первых цветков от весенних заморозков сохранившиеся последующие могут обеспечить получение некоторого урожая ягод [48].

Плод земляники – ложная ягода с мелкими орешкообразными семянками, образующаяся из разросшегося цветоложа. Семянки у одних сортов расположены на поверхности плода и хорошо заметны, а у других слабо или сильно погружены в мякоть.

На рост и плодоношение земляники сильно влияют метеорологические условия. Отсутствие зимой снегового покрова, чередование оттепелей с морозами отрицательно влияют на перезимование и состояние растений. Когда почва оттаивает, затем замерзает, корни растений рвутся и частично оголяются, рожки вымерзают. При таких условиях, например, в Каракалпакской республике земляника на зиму укрывается опилкой, листвой, а при ташкентских – кусты укладываются навозом.

В неблагоприятные годы первым цветкам земляники, дающим крупные ягоды, вредят поздние апрельские заморозки, после чего цветки погибают, или вырастают из завязей уродливые ягоды, а время начала созревания несколько оттягивается. На зимостойкость земляники влияет расположение участка, уход за ней в период вегетации, возраст растений, запас влаги в почве, уплотнение почвы, повреждение листьев вредителями и болезнями [106, 114].

Сведения о накоплении тяжелых металлов в органах и тканях многолетних плодовых и ягодных растений незначительны. Влияние мелиорантов и метеоусловий на поступление тяжелых металлов в ягоды смородины черной в 2006-2007 годах исследовали Т. А. Роева и С. Н. Мотылева. Так, в полевом опыте на серой лесной среднесуглинистой почве изучалось влияние извести в дозе 2 т/га и цеолитсодержащей породы в дозах 3-24 т/га на содержание Pb, NI, Zn, Cu и Fe в ягодах смородины черной. Валовое содержание тяжелых металлов в почве опытного участка превышало фоновый уровень в 2-6 раз, содержание подвижных форм тяжелых металлов было ниже ПДК. Изучение проводилось в контрастные по метеоусловиям годы: 2006 год был влажным, 2007 г. – засушливым и жарким. Установлено, что поступление тяжелых металлов в ягоды смородины черной зависит от генетических особенностей растений, физиологической значимости элемента для растения, вида и дозы мелиоранта, погодных условий периодов вегетации. Внесение цеолитсодержащей породы не влияло на содержание Pb в ягодах и изменяло содержание Ni, Cu, Zn и Fe. Известкование приводило к увеличению содержания Pb, снижало накопление Cu, Zn и Fe и не влияло на содержание Ni. В засушливый период в ягодах наиболее интенсивно накапливались Ni, Zn и Fe. Содержание Pb и Cu в ягодах было стабильным по годам и не зависело от метеоусловий [83].

Агротехнический способ снизить поступление тяжелых металлов в ягоды смородины черной изучались в полевых опытах М. Н. Кузнецовым, Т. А. Роевой, Е. В. Леоничевой и С. М. Мотылевой (2006). Способ включает внесение на глубину пахотного слоя природного сорбента. В качестве сорбента используют молотый цеолитсодержащий трепел Хотынецкого месторождения в дозе 3 т/га в смеси с фосфорными и калийными удобрениями, дозы которых определяют по степени обеспеченности почвы фосфором и калием. При этом смесь цеолита с удобрениями вносят однократно при закладке плантации по всей площади поля. После чего поле обрабатывают тяжелыми дисковыми боронами. Азотные удобрения вносят весной следующего года в междурядья под культивацию. Изобретение позволяет уменьшить содержание Ni, Zn, Cu в ягодах на 50-70% и в течение всего периода эксплуатации насаждения получать экологически безопасную продукцию

смородины черной на почвах с содержанием тяжелых металлов, превышающим фоновый уровень в 2-6 раз [50].

По результатам исследований тульских ученых Т. Ф. Соколовой, Т. Я. Дроновой, И. И. Толпешта разработан способ очистки и рекультивации сельскохозяйственных земель за счет связывания в почве подвижных форм тяжелых металлов и радионуклидов при введении в почву природных сорбентов на основе глинистых минералов (монтмориллонит и палыгорскит) в дозе 2 т/га. Способ эффективен на малоплодородных, песчаных (супесчаных) сильнозагрязненных почвах. Недостатком этого способа является то, что палыгорскит устойчив в почвах только в условиях щелочной реакции, а в кислой среде (свойственной песчаным и супесчаным почвам) довольно быстро растворяется. Добавление 2 т/га монтмориллонита согласно данному способу составит всего 0,07% от массы пахотного слоя, в то время как почвы тяжелого гранулометрического состава – суглинистые и глинистые – уже содержат минералы монтмориллонитовой группы в количествах: от 1-2% от массы пахотного слоя – в подзолистых почвах, до 15-25% – в черноземах. Следовательно, применение данного способа существенно не изменит естественную сорбционную способность таких почв. Наиболее близким техническим решением является способ повышения плодородия почвы, заключающийся во внесении на глубину пахотного слоя органических или минеральных удобрений, цеолита (2-5 т/га) и дополнительно порошка кварца (5-50 т/га) [93].

И. В. Федосова и Ю. М. Злобина (2012) в своей работе представили результаты распределения микроэлементов (Zn, Cu, Mg, Na, Mn, Hg, Fe) в почве и органах растений щирицы запрокинутой (обыкновенной), райграсе пастбищном и горце птичьем города Оренбурга. Установлена кумуляция ртути, марганца, железа и меди в растениях, произрастающих на территории, прилегающей к автомобильной дороге города Оренбурга. В отличии от других объектов окружающей среды (воздух, вода), где протекают процессы самоочищения, почва обладает этими свойствами в незначительной мере. Для некоторых веществ, в частности для тяжелых металлов почва является кумулятором. Загрязнение атмосферы, почвы и воды в ландшафтах вызывает тревогу, так как оно может заметно снизить продуктивность растений. Авторы выявили, что основными факторами, определяющими содержание микроэлементов в растениях, являются: содержание элемента в почве;

относительное количество биодоступной формы элемента в почве; вид растения, фаза развития и распределение элемента по органам; эволюция растений в данных геохимических условиях и адаптация к ним [104].

Особенности накопления свинца и кадмия в плодах смородины черной и рябины обыкновенной в Оренбургской области показаны в работах В. А. Деннер и П. С. Федюниной (2016). Целью их исследований стала оценка содержания свинца и кадмия в плодах рябины и смородины, заготовленных на территории Кваркенского района Оренбургской области. Свинец и кадмий не относятся к биогенным элементам и проявляют выраженное токсическое действие. Механизм токсического действия указанных элементов связан с образованием активных форм кислорода: гидроксильного радикала, супероксиданиона, перекиси водорода. В растительных клетках нет ферментных систем, способных к нейтрализации гидроксильного радикала, что повышает роль неферментативного звена антиокислительной защиты. Вторым механизмом токсического действия ионов свинца и кадмия является блокирование функциональных групп в биомолекулах (в основном сульфгидридных). Растения существенно различаются по способности поглощать и накапливать указанные элементы. Токсическое действие свинца связывают с тем, что ионы свинца образуют с сульфгидридными группами SH-содержащих ферментов устойчивые меркаптиды и таким образом приводят к блокированию ферментных систем. Кадмий легче, чем свинец, поглощается корневой системой и листьями. Кадмий способен ингибировать антиоксидантные ферменты, особенно глутатионредуктазу, вызывая повреждение клеточных мембран и ДНК. Период полувыведения кадмия составляет более 10 лет. При сравнительной оценке показателей содержания тяжелых металлов в плодах рябины обыкновенной и смородины черной выявили, что особенности накопления токсических элементов в плодах смородины черной и рябины обыкновенной зависят от видовых особенностей метаболизма и экологических условий в месте произрастания. Максимальным накоплением кадмия и свинца характеризовались плоды рябины. При этом содержание указанных элементов в образцах сырья, собранных в техногенной зоне, несколько увеличено [26].

В 2013 году Т. В. Астракова и Н. В. Хитова в своих исследованиях основной задачей ставили определение содержание ионов

тяжелых металлов в ягодах разных сортов облепихи с целью оценки уровня безопасности по основным регламентируемым ТМ-токсикантам. Особенностью вновь созданных посадок являлось отсутствие внесения какого-либо природного субстрата. Миграция токсических элементов из почв в растительные объекты – процесс многофакторный и неоднозначный. Так, в работах были выявлены некоторые закономерности накопления токсических тяжелых металлов в растениях, произрастающих на урбанизированных территориях. Отмечено, что медь, цинк, свинец являются приоритетными загрязняющими веществами почв, уровень аккумуляции, подвижность, неравномерность распределения которых зависит от функционального использования территории. Содержание этих элементов в почвах и растениях зависит от количества органического углерода в почве, наличия подвижных форм фосфатных соединений. Значительное влияние на миграцию элементов оказывает кислотность почв и другие факторы. Сравнение значений по содержанию меди, цинка и свинца в ягодах облепихи зависит от сорта [10].

Экологический фактор существенно влияет на элементный состав растений и их плодов. Данные, полученные в настоящем исследовании, свидетельствуют о необходимости экологического мониторинга содержания тяжелых металлов в растениях. В работе А. С. Вохмяниной, Е. Н. Дрозд и Ю. Ю. Выставной (Украина, Харьков) показано исследование уровней содержания, процессов миграции и транслокации тяжелых металлов в почвах виноградников Украины. Предмет исследования – химические, солевые характеристики почв, химический состав растительной продукции. Поскольку подавляющее большинство промышленных насаждений многолетних культур размещены в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения, одним из важнейших мероприятий обеспечения их долговечности и производительности является орошение. С его началом изменяются условия функционирования всех слагающих природной среды, в том числе происходят изменения направленности и скорости почвенных процессов в зависимости от качества поливной воды, исходного состояния почвы, режима орошения, климатических условий, культуры земледелия. В орошаемых почвах изменяется ионно-солевой состав почвенного раствора, усиливаются процессы миграции, повышается интенсивность биологического выноса элементов из почв при

увеличении урожаев, что влияет на динамику тяжелых металлов в почве и на их транслокацию. Таким образом, поглощение тяжелых металлов виноградными культурами зависит от многих факторов, среди которых следует отметить адаптивные возможности растительного организма, содержание их подвижных форм в почве и оросительной воде, культуру земледелия, использование удобрений и средств защиты растений. Все это в конечном итоге влияет на качество виноградной продукции, обеспечивает ее вкусовые качества и экологическую безопасность [21].

В исследованиях Г. Ф. Манторовой (2010), приведен анализ накопления тяжелых металлов в разных направлениях и удалениях от источника загрязнения в пахотном слое почвы, растительных образцах многолетних трав, плодах ягодных культур; в разных сортах свеклы и картофеле, которые выращены на рекультивированных землях. Повышенный фон тяжелых металлов обычно свойствен тяжелым по гранулометрическому составу почвам (глинистым и тяжелосуглинистым), хорошо гумусированным, пониженный – легким (песчаным и супесчаным). Это различие объясняется тем, что тонкодисперсные минеральные частицы и гумусовое вещество почвы обладают высокой способностью депонировать тяжелые металлы. У растений есть свой естественный защитный барьер для тяжелых металлов. Они проникают в растения ступенчато: корень – проводящий орган – листья – запасающий орган. Наиболее защищенным от проникновения тяжелых металлов у растений является орган накопления ассимилянтов – плоды, семена. Больше всего тяжелых металлов накапливалось в вегетативных органах растений. Содержание их в зеленой массе многолетних трав было выше, чем в плодах ягодных культур. Таким образом, проведенные исследования на рекультивированных землях подтвердили предположение, что в засушливые годы и при выращивании культур на богаре есть опасность накопления тяжелых металлов в растениях выше допустимых норм. Поэтому на этих землях необходимо подбирать такие растения и сорта, у которых корневая система располагается в верхнем окультуренном слое почвы, а в пищу использовать органы, менее всего накапливающие тяжелые металлы [58].

Исследование на определение макро- и микроэлементного состава в растении жимолости алтайской методами атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектроскопией отражено в

работе Г. М. Саяковой, Н. В. Алексеевой-Поповой и А. И. Беляевой [86].

В исследованиях Н. М. Троц, С. В. Ишковой, А. В. Батманова, Д. А. Ахматова (2012) был изучен вопрос о влиянии почвенных факторов на обеспеченность основными питательными элементами и содержание тяжелых металлов в ягодных растениях. В связи с этим при исследовании влияния экологических факторов на растительные организмы особое внимание заслуживает изучение действия физико-химических и агрохимических свойств почвы на элементный состав ягодных растений. Обследование почвы на содержание тяжелых металлов выявило, что концентрация их подвижных и валовых форм в почве находится ниже норм ПДК и ОДК. С целью оптимизации значений pH и создания благоприятных условий для роста и развития растений земляники необходимо спланировать мероприятия по уменьшению содержания солей в верхнем горизонте почвы и точнее рассчитывать оросительные нормы [102].

В Среднем Поволжье проведены исследования М. И. Антиповой (2010) по изучению исходных форм земляники для селекции на высокую продуктивность [8]. И. В. Муханин, О. В. Жбанова, А. И. Миляев, И. М. Зуева свои исследования посвятили разработке интенсивных технологий производства ягод земляники, провели их экономический анализ [66, 67, 68, 69, 70].

Фоновыми значениями тяжелых металлов в исследованиях авторов служили данные, полученные Н. М. Матвеевым, Н. В. Прохоровой, В. А. Павловским в 1998 году при анализе надземной фитомассы Fragaria vesca L. (земляника лесная), произрастающей в Самарской области.

Таким образом, на настоящий момент на региональном уровне сведения о накоплении тяжёлых металлов ягодными культурами весьма незначительны.

3. Агроэкологические условия Приволжского района Самарской области

Район исследований расположен в Приволжском районе Самарской области в 160 км к юго-востоку от г. Самара. По природно-сельскохозяйственному районированию страны исследуемая территория относится к Заволжской провинции степной зоны. Рельеф представлен аккумулятивными аллювиальными и аллювиально-озерными плоскими нерасчлененными низкими равнинами средне- и позднеплейстоценового и голоценового возраста. Геологическая составляющая – пески, супеси, суглинки.

В ландшафте сочетание плоских надпойменных террас р. Волга и крупных внутренних понижений с редкими оврагами и слабо врезанными долинами рек.

Обследованная территория по физико-географическому районированию относится к левобережной части р. Волга, частично занимает вторую надпойменную террасу. Близость Саратовского водохранилища, большое количество водных источников сказалось на микроклимате и привело к значительному развитию наряду со степной, также луговостепной и луговой растительности.

Согласно агроклиматическому районированию, территория района относится к III агроклиматическому району, характеризующемуся значительными колебаниями суточных и среднегодовых температур, неустойчивостью и недостатком атмосферных осадков, достатком тепла и света.

Характерными особенностями климата области является преобладание в течение года ясных и малооблачных дней, холодная и малоснежная зима, короткая весна, жаркое и сухое лето, непродолжительная осень, сравнительно большая вероятность весенних и осенних заморозков. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0° происходит по всей области в первой декаде апреля.

Почти ежегодно наблюдаются засушливые и суховейные периоды. В теплый период года максимум ветреных дней (больше 15 м/с) приходится на конец апреля – начало мая (табл. 2).

Весна начинается в конце марта – начале апреля, с частым возвратом холодов, поздними весенними заморозками и снегопадами. Малоснежные зимы сказываются на сохранности растений земляники, приводят к вымерзанию.

Таблица 2

Климат Приволжского района Самарской области 2011-2013 гг.
(по данным метеостанции «Безенчукская»)

Показатель	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Всего
2011													
Средний максимум, ^{0}C	-11,9	-23,7	-11,9	+9,5	+17,7	+20,6	+25,1	+23,8	+16,9	+9,9	-6,4	-10,8	4,9
Средняя температура,^{0}C	-11,5	-16,8	-6,6	+5,2	+16,4	+18,4	+24,3	+20,4	+14,0	+6,9	-3,5	-7,2	5,0
Средний минимум,^{0}C	-11,1	-9,2	-3,2	+1,3	+14,7	+16,5	+22,6	+17,0	+10,6	+3,9	-1,0	-4,9	6,0
Норма осадков, мм	13,8	7,2	17,0	8,3	12,0	27,0	2,6	15,0	132,5	41,0	6,3	6,0	288,7
2012													
Средний максимум, ^{0}C	-17,9	-19,9	-7,8	+16,7	+18,7	+22,6	+24,2	+25,9	+16,3	+10,8	-5,3	-14,5	6,3
Средняя температура,^{0}C	-11,5	-15,9	-5,9	+11,4	+17,1	+21,1	+22,6	+22,1	+14,7	+8,4	-5,3	-7,8	5,9
Средний минимум,^{0}C	-7,1	-9,1	-2,3	+4,1	+14,6	+19,0	+21,3	+18,0	+13,0	+6,0	-2,2	+1,3	6,4
Норма осадков, мм	10,7	8,0	1	12,1	17,6	49,5	19,6	14,8	32,9	59,5	16,0	13,8	265,3
2013													
Средний максимум, ^{0}C	-14,9	-11,6	-8,5	+11,0	+19,8	+22,9	+23,4	+22,7	+13,9	+7,7	+7,9	-5,8	7,4
Средняя температура,^{0}C	-10,7	-9,4	-4,7	+8,1	+18,0	+20,8	+21,5	+20,6	+13,1	+6,6	+3,0	-3,8	6,9
Средний минимум,^{0}C	-7,4	-7,3	-2,2	+6,3	+15,0	+18,1	+18,7	+18,7	+9,4	+5,8	-1,5	-2,8	5,9
Норма осадков, мм	15,0	6,1	4,2	1,8	29,8	19,9	20,8	73,3	84,9	22,4	19,5	42,1	339,8

Наиболее благоприятным зимний период был в 2011 году с суммой осадков 37,9 мм. В 2012 и 2013 гг. этот показатель был 29,5 и 19,8 мм, соответственно. В марте месяце средняя месячная температура достигает -3,2°С, а в конце апреле при средней месячной температуре 11,4°С земляника хорошо растет, обильно цветет, и завязываются ягоды.

Вегетационный период продолжается 175…185 дней, период активной вегетации с температурой выше 10°С составляет 150-160 дней. Средняя температура воздуха вегетационного периода 12,3…16,8°С. Сумма осадков периода вегетации в 2011 году составила 238,4 мм, вследствие дождливой осени. Начало вегетации растений в 2012 году совпадало с влажными апрелем и маем, сумма осадков периода была 206 мм. По погодным условиям 2013 год был влажным, сумма осадков вегетационного периода составила 253 мм. Год отличался «сухим» апрелем, что совпало с началом вегетации растений, весна была теплая.

Температурный режим весеннего и летнего периодов вегетации оказывает влияние на сроки и длительность прохождения фенологических фаз. Земляника садовая характеризуется границами периода вегетации от даты схода и появления снежного покрова. Возобновление роста начинается после таяния снега при установлении положительной среднесуточной температуры +5-8°С [2]. Таким образом, температурный режим весеннего периода обуславливает начало вегетации.

4. Природно-хозяйственная характеристика территории опытного участка

Почва обследованного участка – чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный слабогумусированный среднемощный среднесуглинистый. По механическому составу преобладают глинистые и тяжелосуглинистые разновидности. По запасам гумуса и основным элементам питания растений обыкновенные черноземы считаются потенциально богатыми. Они имеют самую высокую обеспеченность подвижными формами азота и калия и низкую – фосфора. Основным вопросом плодородия этих почв является улучшение их водного режима. Большая часть земель производственной плантации занята плодовыми деревьями. Участок работ согласно программе возделывания земляники имеет следующую структуру посевных площадей: земляника – 13,5 га (42%), пар чистый – 4,5 га (14%) и ячмень – 14,0 га (44%).

Для решения поставленных задач исследования проводились в 2003 году, в периоды 2008-2010 гг. и 2011-2013 гг. на производственных плантациях земляники садовой площадью 13,5 га.

В 2003 году на участке было выполнено полевое почвенное обследование. В качестве фонового принято содержание валовых форм тяжелых металлов, установленное ранее для почв Приволжского района Самарской области [80].

В 2008 году были отобраны образцы надземной фитомассы земляники и образцы почвы прикорневой сферы соответствующих растений для выявления причин их различного состояния. В 2009 году был проанализирован химический состав надземной фитомассы земляники и почвенных образцов с ягодной плантации.

В 2010 году были отобраны образцы почв с описываемого участка и проведен их агрохимический и химический анализ. В 2010 были заложены плантации рассадой фриго стандарт А (диаметр рожка 8-12 мм). Применялась четырехстрочная система выращивания на мульчирующей пленке с плотностью посадки 80 тыс. растений на гектаре в сочетании с капельным поливом.

В 2011-2013 гг. были заложены пробные площадки на сортовых участках земляники.

Параллельно в 2011-2013 гг. проводился эксперимент по изучению эффективности использования опал-кристабалитовой

породы (опоки) в сочетании с минеральными удобрениями на аккумуляцию тяжелых металлов (кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, хрома, железа) земляникой садовой сортов Хоней и Эльсанта. Изучение эффективности опоки и ее смеси с минеральными подкормками проводилось в трехкратной повторности по схеме:

I – контроль,

II – минеральные подкормки Абиго-Пик, Феррелин, Brexil Zn, Brexil Mn,

III – минеральные подкормки Абиго-Пик, Феррелин, Brexil Zn, Brexil Mn + опока.

Опока вносилась в количестве 50 кг/га однократно при предпосевной обработке почвы, согласно рекомендациям И. А. Тойгильдиной (2006), М. С. Бодня (2011) [12, 99].

Растительные и почвенные образцы для анализа отбирали с использованием общепринятых методов [4]. На каждой пробной площадке в трёх равноудалённых друг от друга точках (вершины равнобедренного треугольника) с помощью саперной лопатки из верхнего (0-10 см) горизонта брали почвенный образец массой до 1 кг, тщательно перемешивали и методом конверта отбирали среднюю пробу массой до 300-400 г. Все три пробы ссыпали вместе, ещё раз перемешивали и также методом конверта брали смешанный образец весом около 500 г, который помещали в маркированные бумажные пакеты. Аналогичным образом отбирались образцы из среднего (10-20 см) и нижнего горизонтов (20-30 см).

Растительные образцы отбирали параллельно с почвенными на тех же пробных площадках. Растения выкапывали с корнями из земли в разных достаточно отдалённых друг от друга точках пробной площади. Отбирали по 5-30 и более экземпляров в зависимости от их размера, сразу отделяли корни, стебли и соцветия, ягоды. Каждую пробу помещали в маркированные пакеты. Маркировка растительных образцов была связана с номером соответствующей пробной площадки. В пакетах почвенные и растительные образцы доставляли в лабораторию ФГУ «Станция агрохимической службы «Самарская», имеющую аттестат аккредитации испытательной лаборатории № РОСС RU. 0001.510565.

Подготовку образцов почвы и растений для определения валового содержания тяжёлых металлов в них проводили традиционным методом [64]. Надземные части растений освобождали от крупной пыли и частиц почвы. Корни отмывали

дистиллированной водой. Почву и взятые для анализа части растений доводили до воздушно-сухого состояния. Затем средний образец почвы растирали в фарфоровой ступке и просеивали через капроновое сито с диаметром отверстий 1 мм, отвешивали 2 г и помещали маркированные пакетики из пергаментной бумаги. Из средних образцов воздушно-сухого растительного материала отбирали, измельчали вручную и взвешивали на аналитических весах с точностью до 3-го знака определенное количество надземной фитомассы (стебли, листья, генеративные органы) и корней растений. Количество воздушно сухого материала, необходимого для анализа, определяли по выходу золы не менее 100 мг зольных веществ. Навеску воздушно-сухого материала озоляли в муфельной печи при температуре +450…+500^{0}С в течение 4-20 часов в зависимости от характера образца [82]. Золу взвешивали на аналитических весах до 3-го знака, растирали в агатовой ступке и помещали в маркированные пакетики, на которых указывали начальную навеску воздушно-сухого материала и вес полученной золы в граммах. В пакетиках подготовленные пробы хранились до анализа.

Определение валовых форм тяжелых металлов в почвах и растительных образцах проводилось с предварительной подготовкой проб методом «сухой» минерализации при 575^{0}С. Подвижные формы соединений извлекались ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 (ААБ). Этот экстрагент принят агрохимической службой для извлечения доступных растениям микроэлементов. Конечное определение элементов проводили пламенным и электротермическим вариантами с применением атомно-абсорбционного спектрофотометра «Спектр 5-4» в пламени ацетилен – воздух. Одновременно проводили холостой анализ, включая все его стадии, кроме взятия пробы почвы. За окончательный результат испытания принимали среднее арифметическое двух параллельных определений.

Помимо содержания тяжелых металлов в почвах определяли:

- содержание гумуса по методу И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО в соответствии с ГОСТ 26213-91 «Почвы. Методы определения органического вещества»;
- pH солевой суспензии в модификации ЦИНАО в соответствии ГОСТ 26483-83 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО»;

- содержание подвижного фосфора и обменного калия в нейтральных почвах по Ф. В. Чирикову (ГОСТ 26204-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО»), в карбонатных почвах по Б. П. Мачигину (ГОСТ 26205-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО»);

- содержание легкогидролизуемого азота в кислотной (0,5Н H_2SO_4) вытяжке по Ю. В. Тюрину и М. М. Кононовой в модификации В. Н. Кудеярова [61];

- содержание тяжелых металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии [32, 33, 51];

- содержание тяжелых металлов в надземной фитомассе проводили пламенной и электротермической атомно-абсорбционной спектроскопией с предварительной подготовкой проб методом «сухой» минерализации [60].

Содержание подвижного фосфора и обменного калия получены разными методами, для сопоставимости полученные результаты лабораторных анализов по Мачигину пересчитаны по методу Чирикова.

В качестве фоновых значений тяжелых металлов использовались значения, полученные Н. В. Прохоровой (1998, 2000, 2006).

Средние значения из повторений и стандартные отклонении вычисляли с помощью программы Excel. Наименьшую существенную разность средних рассчитывали по Доспехову [29], используя пакет анализа программы Excel. Согласно списку сортов растений Госреестра по состоянию на 2017 год по Средневолжскому региону допущено к использованию 13 сортов земляники садовой: Витязь (1999), Вымпел (1965), Заря (1974), Зенга Зенгана (1972), Зенит (1987), Комета (1979), Красавица Загорья (1959), Надежда (1989), Огонек (1979), Русич (2002), Славутич (2006), Сударушка (2000), Фестивальная (1965).

В период с 2011-2013 гг. изучались 3 интродуцированных сорта земляники садовой, завезенные в регион, имеющие коммерческую ценность и рекомендованные для производственных испытаний в Самарской области [70]. Контролем урожайности изученных сортов служили рекомендованные для промышленных насаждений районированные для Среднего Поволжья сорта земляники

садовой: раннего срока созревания Фея, среднего Фестивальная, позднего Зенга Зенгана [8].

Сорт Эльсанта. Сорт голландской селекции Эльсанта был выведен в 1981 году скрещиванием сортов Горелла и Холидей. Является ведущим промышленным сортом европейских стран и занимает первое место по площадям выращивания и реализации. Сорт включен в Госреестр с 2007 года по Волго-Вятскому (4) Северо-Кавказскому (6), Западно-Сибирскому (10) регионам. В условиях Среднего Поволжья – сорт среднего срока созревания. Куст прямостоячий с хорошей облиственностью, толстыми усами. Листья крупные, вогнутые, опушенные, со средней морщинистостью и ребристостью и округлой средней долей. Зубчики острые широкие. Соцветие многоцветковое, полураскидистое. Плодоножки средние, толстые. Чашелистики простые, средней длины, расположены горизонтально. Ягоды многосемянные, средние, но при хорошем уходе вес достигает 45 г, округло-конической формы, равномерного ярко-красного цвета с блестящей поверхностью. Ягоды содержат 7,2% сахара, 0,78% кислоты, 75,3% витамина С, который сохраняется при заморозке до 60%. Мякоть плотной консистенции, кисло-сладкого вкуса с ярким ароматом. Дегустационная оценка 4,5-4,7 балла. Сорт характеризуется высокой урожайностью, высокими товарными качествами плодов, способностью транспортироваться на дальние расстояния (рис. 2).

Сорт Хоней. Сорт включен в Госреестр с 2013 года по Центральному (3), Центрально-Черноземному (5) и Северо-Кавказскому (6) регионам. Сорт был выведен в 1979 году в Америке в городе с одноименным названием. Родоначальниками являются сора Холидей и Вибрант. Относится к раннеспелым сортам. Куст прямостоячий, хорошо облиственный. Усы средние, листья темно-зеленые, среднеморщинистые и среднеребристые, вогнутые, опушенные, тусклые. Черешок средней доли листа длиннее боковых. Цветки обоеполые, большие, белые, нескурченные. Цветоносы средние, толстые, находятся ниже листьев. Соцветие полураскидистое, многоцветковое. Чашечка средняя, опушенная. Ягоды правильной конической формы, темно-красной окраски с шейкой. Мякоть красная, плотная, сочная, кисло-сладкая без аромата (рис. 3). По данным государственного сортоиспытания средняя урожайность составила более 105 ц/га. Масса ягод первого сбора 20,2 г, по остальным сборам – более 16,0 г. Содержание

сахара в ягодах 5,7%, кислоты 0,87%, витамина С 67,6 мг/%. Сорт зимостойкий, устойчивый к жаре и засухе.



Рис. 2. Физиологически спелая ягода земляники садовой сорта Эльсанта



Рис. 3. Физиологически спелая ягода земляники садовой сорта Хоней

Сорт Мармолада. Сорт итальянской селекции появился в 1989 году скрещиванием сортов Адди и Паджаро, полное название сорта Marmolada Onebor. Сорт рекомендован как перспективный, урожайный, неприхотливый и устойчивый к заболеваниям. В условиях Среднего Поволжья сорт позднего срока созревания. Продуктивность достаточно высокая (до 500 г/раст). Легко переносит транспортировку и сбор. Сорт переносит понижения температуры, устойчив к мучнистой росе, слабо поражается земляничным клещом. Основания черешков листьев и цветоносов поражаются серой гнилью. На карбонатных почвах (pH 7,8 и более) растения хлорозят, не переносят кислых почв – снижается урожайность. Куст компактный, прямостоячий, высотой 28-35 см, дает много усов. Листья крупные, темно-зеленого цвета. Цветоносы толстые удлиненные, расположены на уровне или выше уровня листьев. Соцветия компактные, многоцветковые. Ягоды крупные, правильной конусообразной формы с заостренной верхушкой, без шейки, светло-красного цвета, равномерно окрашенные, с блеском (рис. 4). Масса первых ягод – 45-55 г, а по всем сборам средняя масса – 15-20 г. Мякоть плотная, красного цвета с хорошим ароматом, кисло-сладким вкусом.



Рис. 4. Физиологически спелая ягода земляники садовой сорта Мармолада

В системе питания земляники применяются препараты, вносимые листовой подкормкой и фертигацией (табл. 3).

Таблица 3

Схема питания земляники садовой

Стадия развития	Способ внесения	Минеральное удобрение	Расход, г/л, кг/га
3-4 настоящих листьев	Фертигация	Аммиачная селитра	10,0
		Биостим Старт	5,0
		Брексил Fe	5,0
		Сульфат магния	5,0
	Листовая подкормка	Келик-Микс	0,5
Начало образования цветоносов	Фертигация	Сульфат магния	5,0
	Листовая подкормка	Райкат развитие	0,6
Массовое появление цветоносов	Фертигация	Аммиачная селитра	10,0
	Листовая подкормка	Келик-Микс	0,5
		Ультрамаг Бор	1,0
Начало цветения	-	-	
Массовое цветение	-	-	
Рост и созревание ягоды	Фертигация (1-5 день)	Кальциевая селитра	5,0
	(6-10 день)	Кальциевая селитра	10,0
	Листовая подкормка (6-10 день)	Келик-К	2,0
		Райкат финал	0,5
Плодоношение	Фертигация	Кальциевая селитра	10,0
Скашивание 3-4 настоящих листьев	Фертигация	Аммиачная селитра	5,0
Вегетация	Фертигация	Аммиачная селитра	10,0
	Листовая подкормка	Ультрамаг Zn (14-15 день)	0,5
		Ультрамаг бор	0,5
		Ультрамаг Zn (через месяц)	0,5

Райкат развитие. В составе препарата свободные (активные) аминокислоты – 4%; экстракты морских водорослей – 5%; цитокинин – 0,05%; комплекс витаминов – 0,2%; всего азота (N) – 6%; фосфора (P_2O_5) – 4%; калия (K_2O) – 3%; железо (Fe) хелатное – 0,1%; марганец (Mn) хелатный – 0,07%; цинк (Zn) хелатный – 0,02%; медь (Cu) хелатная – 0,01%; бор (B) – 0,03%; молибден (Mo) – 0,01%.

Стимулятор роста растений на средних фазах развития растений от бутонизации до созревания. Специальный продукт для улучшения стадии развития растений и роста новых тканей растений. Листовые подкормки – 75-125 мл/100 л воды. Капельный полив 1-4 литра/га. Применяется на всех полевых, овощных, плодовых и декоративных культурах, а также цветах.

Райкат финал. Содержит свободные (активные) аминокислоты – 4%; сахариды – 15%; комплекс витаминов – 0,1%; всего азота (N) – 3%; калия (K_2O) – 6%; железо(Fe) хелатное – 0,1%; марганец (Mn) хелатный – 0,07%; цинк (Zn) хелатный – 0,02%; молибден (Mo) – 0,01%. Стимулятор роста плодов (зерновок, бутонов цветов и т. д.) на завершающих стадиях развития растений в фазы от начала образования плодов до полного созревания (не позднее, чем за 7 дней до уборки). Увеличивает размер плодов, повышает содержание сахаров, витаминов и сухих веществ. Улучшает семенные качества семян на семенных посевах. Листовые подкормки – 75-125 мл/100 л воды. Капельный полив 2-3л/га. Применяется на всех полевых, овощных, плодовых и декоративных культурах, а также цветах.

Келик-К (50% EDTA, хелат калия). В составе минеральной жидкости калий (K_2O) хелатный – 50%, хелатирующий агент EDTA – 4,5%. Корректор дефицита калия в жидком виде. Может использоваться во всех типах систем капельного орошения или посредством листовых подкормок. Повышает качество плодов, улучшая их вызревание.

Келик-Микс. Содержит хелатное железо (Fe) – 5%, хелатный марганец (Mn) – 2%, хелатный цинк (Zn) – 0,37%, хелатную медь (Cu) – 0,19%, бор (B) – 0,65%, молибден (Mo) – 0,18%, хелатирующий агент: EDTA. Эффективный корректор комбинированного дефицита микроэлементов в жидкой форме. Может использоваться во всех типах систем капельного орошения или посредством листовых подкормок.

Биостим Старт. Жидкое удобрение. В составе препарата свободные аминокислоты – 5,5%, полисахариды – 7,0%, азот – 4,5% фосфор(P_2O_5) – 5,0%, калий (K_2O), магний – 1%, железо – 0,2%, марганец – 0,2%, цинк – 0,2%, медь – 0,1%, бор – 0,1%, молибден – 0,01%. Предпосевная обработка семян препаратом Биостим Старт обеспечивает высокий процент полевой всхожести.

Полисахариды, входящие в состав препарата, ускоряют набухание семян, являются дополнительным источником энергии и стимулятором развития полезной микрофлоры в ризосфере. Препарат предназначен для предпосевной обработки семян зерновых, зернобобовых, технических, масличных овощных, цветочно-декоративных культур, предпосадочной обработки клубней картофеля, а также для корневых подкормок при выращивании и пересадке рассады (саженцев), корневых подкормок ягодных культур, плодовых деревьев, виноградников, декоративных деревьев и кустарников.

Брексил Fe (Brexil Fe). Содержит 10,0 % Fe, а также ряд отдельных мезо- и микроэлементов и их концентрированных соединений в инновационном хелатном комплексе LSA (лигнинсульфонат аммония), специально разработанным для предотвращения и лечения хлорозов с помощью листовых подкормок.

Ультрамаг Хелат Zn-15 КРП. Кристаллическое, полностью растворимое в воде удобрение для листовой и почвенной подкормок сельскохозяйственных и огородных растений, тепличных культур. Содержит 15% цинка от массы. Применяется для решения проблемы дефицита цинка в растении, при котором наблюдаются пожелтение листьев; задержка роста междоузлий; появление хлороза и развитие розеточности. Способствует метаболизму углеводов, фосфатов и протеинов; образованию ауксинов, ДНК, рибосом.

Ультрамаг Бор ВК, ВПК. Жидкое удобрение, содержащее 150 г/л бора в легкоусвояемой форме (борэтаноламин) и 50 г/л азота. Рекомендуется при выращивании растений, особо нуждающихся в больших количествах бора в доступной форме для быстрой ликвидации его дефицита, увеличивает урожайность; повышает качественные показатели продукции; защищает от болезней (гниль сердечка на свекле); участвует в транспортировке углеводов из листьев; улучшает усвоение питательных веществ.

В начале мая производится первая листовая подкормка растений. Всего за период вегетации предусмотрено пять листовых подкормок с интервалом в 10, 20, 20, 30 дней после первой. На следующий день после листовой подкормки растения опрыскиваются, при дальнейшем развитии опрыскивание происходит семь раз: три через 10 дней, три через двадцать дней. За опрыскиванием следует фертигация растений земляники за счет капельного

орошения плантаций. Минеральные подкормки фертигацией производятся 10 раз в течение вегетации: вначале развития через десять, затем через двадцать дней. Полив растений производится через каждые двадцать дней. Агротехническим мероприятием является ежемесячная прополка плантаций. В октябре осуществляется удаление усов у растений.

Операции повторяются каждые три года, затем происходит раскорчевка плантаций и посадка новой рассады, урожай с которой снимается только через год. Для производимых операций используются универсальный пропашной колесный трактор МТЗ-80 и садовый опрыскиватель ОВС-2000 с методом поверхностного опрыскивания с использованием воздушного потока, предназначенный для работы со всеми разрешенными в сельском хозяйстве растворами, эмульсиями и суспензиями.

5. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах и растениях производственных плантаций земляники садовой

При оптимальном балансе питательных веществ в почве можно добиться урожайности земляники от 12 до 20 т/га [23, 63]. Растения земляники имеют мощную корневую систему, располагающуюся в верхнем слое почвы. Вынос питательных веществ земляникой высокий. Исследователями отмечено, что при урожае 90 ц вынос с 1 га составляет 140 кг азота, 40 кг фосфора и 170 кг калия. При этом азот используется на протяжении всего периода вегетации равномерно, а фосфор и калий интенсивно (до 40%) в период формирования и созревания ягод [5, 13, 103].

По количеству выноса преобладают азот и калий, поэтому велико их влияние на урожайность. Фосфор оказывает меньшее влияние на урожайность и выносится из почвы земляникой менее интенсивно, чем азот и калий [18]. Оптимальное соотношение фосфора и калия в почве, соответствующее биологическим требованиям земляники и способствующее увеличению урожайности – 1:3.

На исследуемых участках возделывание земляники началось в 2007 году, до начала возделывания более 5 лет поле находилось под черным паром. Почва под участками возделывания земляники садовой – чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный слабогумусированный среднемощный среднесуглинистый. По результатам обследования почвы, применению коэффициентов использования и усвоения питательных веществ расчетные дозы составили $N_{60}P_{80}K_{120}$. Обследование верхнего пахотного горизонта почвы корневой сферы земляники выявило изменения в составе и неравномерное распределение питательных элементов (табл. 4). Наиболее динамичным показателем в пахотном слое является содержание гумуса – основного показателя плодородия почв (рис. 5).

Изначально в 2003 г. содержание гумуса в верхнем слое почвы участка составляло 3,9%, что ниже рекомендуемого в 2 раза. Это существенно ниже фонового значения для южной зоны Самарской области.

За период 2003-2013 гг. произошло понижение содержания гумуса в пахотном слое до 2,9 %, ежегодная потеря гумуса составляет 0,2%. Это свидетельствует об интенсивном выносе

питательных веществ почвы растениями земляники без должного восполнения потерь путем внесения органических удобрений.

Таблица 4

Агрохимические показатели почв участков возделывания земляники садовой

Год исследований	pH (KCl)	Гумус, %	Содержание подвижных форм, мг/кг		NO_3^- (нитратный азот), мг/кг
			P_2O_5	K_2O	
2003	7,1	3,9	175	51	-
2008	6,6	3,6	288	256	25,7
2009	7,5	2,5	26,9	331	34,2
2010	7,3	2,2	21,2	223	42,0
2011	6,9	3,5	212,5	161	12,6
2012	6,8	3,8	143,0	182	25,7
2013	6,8	2,9	248,5	185	26,9
Оптимальное значение	5,6-6,5	7-8	100-150	150-200	30-60



Рис. 5. Содержание гумуса в почвах на участках под земляникой садовой

Анализы реакции среды почвенного раствора (pH) показали, что параметры в 2003 г. находились в пределах 7,1-7,5, в 2009-2010 гг. pH на участках (70%) оказалась близка к нейтральным индексам – 6,6, а на остальной части территории (30%) сдвинута в слабощелочную сторону – 7,8, что является неблагоприятным фактором для роста и развития земляники и влияет на снижение урожая (рис. 6). Проведенный агрохимический анализ почвы в 2011-2013 гг. исследуемого участка показал, что pH

почвенной вытяжки находится в пределах 6,8, что незначительно выше оптимального значения для растений земляники. Очевидно, данные изменения связаны с особенностью режима орошения и частичным подъемом грунтовых вод.



Рис. 6. Показатель pH почвенного раствора на участках под земляникой садовой

За исследуемый период уменьшилось содержание подвижного фосфора в 8,3 раза (от 175 до 21,2 мг/кг почвы в 2010 г.). В 2011 году значение подвижного фосфора превышало норму в 1,4 раза, в 2012 году показатели соответствовали норме, а в 2013 году превышение составило 1,7 раза (рис. 7). Причиной может быть неподвижность элемента в почве, а также низкое содержание азота, без которого действие фосфора ограничивается.



Рис. 7. Содержание подвижного фосфора в почвах на участках под земляникой садовой

Количество обменного калия увеличились в 5,0 раз, что выше нормы до 2011 года (рис. 8).

При дальнейших исследованиях выявлены оптимальные показатели обменного калия, что положительно сказывается на вегетации растений.

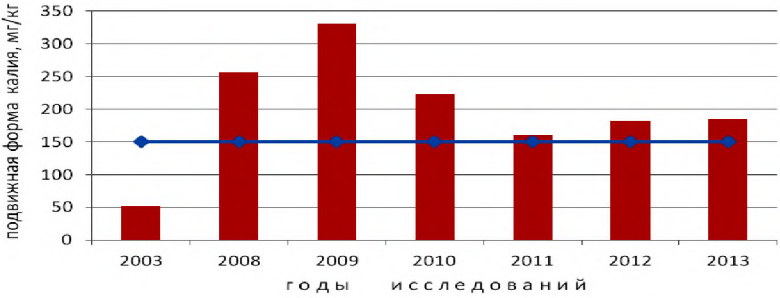


Рис. 8. Содержание обменного калия в почвах на участках под земляникой садовой

С 2011 г. произошло снижение содержания азота в почве под растениями земляники в 2,4 раза в сравнении с оптимальными значениями (рис. 9). Недостаток азота связан, по-видимому, с проведенным с осени мульчированием плантации мелкой соломой. Известно, что мульчирование ведет к недостатку азота в почве, так как разлагающие органическую мульчу бактерии потребляют много азота и растения земляники при этом испытывают его недостаток. Для земляники недостаток азота может отразиться на слабом образовании усов, покраснении и раннем пожелтением листьев [16].



Рис. 9. Содержание легкогидролизуемого азота в почвах на участках под земляникой садовой

В почве обследуемого участка относительно благоприятным для растений содержание элементов питания было в 2012 году.

Полученные результаты за период исследования свидетельствуют о несбалансированном внесении минеральных удобрений и одностороннем изменении запаса элементов питания в почве.

Обследование почвы на содержание ТМ выявило, что концентрация их подвижных и валовых форм в почве находится ниже норм ПДК и ОДК (табл. 5). За период с 2003 по 2010 гг. содержание в пахотном слое почвы валовых форм ТМ изменилось следующим образом: концентрация Mn увеличилась в 1,1 раза, Cu, Zn, Cd, Pb – снизилась в 1,1; 1,2; 3,3; 1,3 раза соответственно. Так, суммарный показатель загрязнения почвы Zn на 2003 год равен 2,34, на 2010 год – 1,14, т.е. снизился в 2,1 раза. Снижение уровня валовых форм можно объяснить переводом их в подвижные формы, вымыванием при орошении в нижележащие горизонты, поглощением растениями.

Таблица 5

Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах, мг/кг

Почва	Элементы						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr
под производственными плантациями							
2003 г.	0,660	10,3	14,0	41,4	440,0	-	-
2010 г.	0,200	7,7	13,2	34,2	466,0	-	-
под сортами 2011-2013 гг.							
Хоней	0,309	9,92	16,5	36,1	329,0	16413	8,97
Мармолада	0,289	10,20	17,1	36,2	353,0	15739	9,96
Эльсанта	0,229	9,50	14,7	35,7	342,5	14953	11,25
ФОН	0,295	9,13	16,3	35,1	343,0	14807	10,60
ПДК	2,000	130	132	220	1500	-	100

Наблюдаются некоторые превышения фоновых значений на участке возделывания сорта Хоней: меди в 1,01 раза, цинка в 1,03 раза, железа 1,11 раз. Почва под сортом Эльсанта содержит повышенное количество железа и хрома, превышающих ФОН в 1,01 и 1,12 раз соответственно. В почве под сортом Мармолада выявлено превышение фонового значения по свинцу в 1,11 раза, по меди в 1,04 раза, по цинку в 1,03 раза, по марганцу в 1,03 раза, по железу в 1,06 раза. В средних показателях исследуемых плантаций обнаруживается превышение по содержанию железа в 1,06 раза по сравнению с фоном. С целью оценки изменения

распределения ТМ по почвенному профилю были пройдены шурфы до 150 см. При анализе распределения тяжелых металлов в почвенном профиле (табл. 6) участка превышение ПДК не выявлено. Максимальные превышения фоновых концентраций выявлены в почвенных горизонтах: кадмий (120-150 см) в 1,38 раза, свинец (90-120 см) в 1,06 раза, медь (0-30 см) в 1,03 раза, цинк (30-60 см) в 1,02 раза, марганец (0-30 см) в 1,04 раза, железо (0-30 см) в 1,22 раза, хром (0-30 см) в 1,19 раза.

Таблица 6

Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвенных горизонтах, мг/кг

Глубина отбора, см	Тяжелые металлы						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr
0-30	0,313	10,9	15,3	36,1	405	20496	13,6
30-60	0,328	11,0	12,9	36,5	378	15378	9,47
60-90	0,318	10,3	11,6	35,3	362	17304	14,5
90-120	0,395	12,3	9,77	33,4	368	13069	9,27
120-150	0,425	12,9	10,1	33,5	356	11745	7,96
Среднее	0,356	11,5	11,9	35,0	373,8	15598,4	11,0
ФОН	0,308	11,6	14,8	35,7	403	16756	11,4
ПДК	2,0	130	132	220	1500	-	100

По приведенным данным можно заключить, что активно мигрируют в нижележащие слои валовые формы кадмия и свинца, а накопление меди, цинка, марганца, железа и хрома происходит в верхнем пахотном горизонте почвы. Между тем известно, что корневая система земляники находится в слое 0-20 см, и растение потребляет минеральные вещества именно с этого горизонта [16].

Валовые значения характеризуют общую загрязненность почвы, но не отражают степень доступности элементов для растений. Для характеристики почвенного питания используется только их подвижная форма [80].

В исследованиях авторов подвижная часть элементов извлекалась ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8. Известно, что в этой вытяжке в подвижную форму переходит наиболее мобильная часть запасов ТМ в почве. Процент подвижности изученных элементов составил: кадмий – 18,1%, свинец – 4,44%, медь – 1,05%, цинк – 11,65%, марганец – 11,65%, хром – 1,2%.

В целом, содержание подвижных форм ТМ в почвах участка находится в пределах норм ПДК (табл. 7).

Таблица 7

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах, мг/кг

(экстрагент ацетатно-аммонийный буфер с pH 4,8)

Почва	Элементы					
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe
под производственными плантациями						
2010	0,05	0,43	0,21	0,20	13,4	-
2009	-	-	0,15	1,05	9,5	-
2008	0,27	2,8	0,15	0,34	16,2	-
под сортами 2011-2013 гг.						
Хоней	0,037	0,39	0,19	0,55	42,1	0,12
Мармолада	0,059	0,31	0,17	0,60	39,5	0,14
Эльсанта	0,054	0,61	0,16	0,79	37,8	0,10
ФОН	0,037	0,43	0,13	0,40	35,0	0,09
ПДК	-	6,0	3,0	23,0	100,0	6,0

Анализ данных содержания подвижных форм Pb, Cd, Zn, Mn за 2008-2010 гг. показал, что их концентрация в верхнем слое почвы уменьшилась, соответственно, в 5,4; 6,7; 1,7; 1,2 раза. Увеличились значения Cu в 1,4 раза. В период 2011-2013 гг. произошло повышение в почвах Mn в среднем в 2,5 раза, Zn в 1,9 раза, концентрации других изученных металлов изменялись незначительно. Высокие значения марганца объясняются переходом валовых форм в подвижные.

Накопление элементов в сравнении с фоновыми значениями представляется коэффициентами концентрации (Кк), которые рассчитывались по формуле:

$$Кк=Кс/Кф,$$

где *Кс* – среднее содержание в почве участка, *Кф* – фоновое значение.

В этих значениях ТМ образуют следующий убывающий ряд:
Zn (1.62) < Cd (1.35) < Cr (1.33) < Cu (1.30) < Mn (1.14) < Pb (1.02).

Максимальное превышение в сравнении с фоновым значением наблюдается в содержании свинца на участке под сортом Эльсанта (*Кс*=1,38).

Подвижность элементов на участках, используемых для возделывания различных сортов земляники равномерна. По интенсивности поступления элементов в растение (*Ia*) изученные элементы образуют следующий убывающий ряд:
Cu (135.6) < Zn (53.8) < Cr (4.50) < Mn (2.48) < Pb (1.22) < Cd(1.00).

При практически одинаковой подвижности создались условия для сравнения интенсивностей поступления элементов в изученные сорта земляники. По суммарному накоплению тяжелых металлов изученные сорта располагаются убывающим рядом:

сорт Мармолада (258,0)>сорт Хоней (209,10)>сорт Эльсанта(128,84).

Видимо, растения сорта Эльсанта обладают физиологическими особенностями, позволяющими создавать естественные барьеры для поступления токсикантов.

Миграция подвижных форм ТМ по почвенному горизонту (табл. 8) показывает, что максимальная концентрации Cd, Pb, Cu, Mn, обнаруживается в нижних слоях (120-150 см).

Таблица 8

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвенных горизонтах орошаемых участков, мг/кг

Глубина отбора, см	Элементы					
	Кадмий	Свинец	Медь	Цинк	Марганец	Хром
0-30	0,048	0,49	0,15	0,32	25,8	0,23
30-60	0,038	0,30	0,14	0,22	13,6	0,48
60-90	0,046	0,46	0,13	0,13	6,25	0,17
90-120	0,067	0,65	0,40	0,16	21,6	0,09
120-150	0,055	0,71	0,72	0,24	28,3	н/обн
ФОН	0,037	0,43	0,13	0,40	35,0	0,09
ПДК		6,0	3,0	23,0	100,0	6,0

Содержание цинка наиболее высокое в верхнем пахотном горизонте почвы, присутствует его мобильность в нижние слои. Особенностью поведения хрома в почвенном профиле является отсутствие миграции в нижние горизонты и высокая аккумуляция в пахотном слое почвы.

Подвижность хрома при поступлении невысокая. Можно предположить, что с течением времени будет происходить его накопление в верхнем горизонте почвы. Высокая подвижность элементов обусловлена применяемым на участке капельным орошением.

Анализ поливной воды показал (табл. 9), что дополнительное внесение возможно по свинцу (1,4 ПДК) и железу (1,5 ПДК). Остальные изученные элементы в поливной воде находятся в пределах допустимых норм.

Таблица 9

Содержание тяжелых металлов в поливной воде, мг/дм^3

Кадмий	Свинец	Медь	Цинк	Марганец	Железо	Хром
0,0006	0,014	0,006	0,228	0,016	0,443	0,097
ПДК						
0,001	0,01	1,0	1,0	1500	0,3	0,5

Исследования растительных образцов земляники, отобранных в 2008 г. выявили, что концентрация Zn и Cd в надземной фитомассе земляники ниже критической в 3,4 и 340,9 раза соответственно, а содержание Pb и Cu ниже фонового уровня по Самарской области в 2,2 и 2,6 раза (табл. 10). Содержание Mn и Fe в растительных образцах 2008 г. значительно превышало фоновое значение (в 97,5 и 15,2 раза) и фитотоксические индексы. На плантациях обнаруживались растения, которые заметно отставали в развитии.

Средняя концентрация в надземной фитомассе всех изученных тяжелых металлов в образцах больных растений по сравнению со здоровыми выше: Fe – 1,5 раза, Pb – 1,3 раза, Zn – 1,4 раза, Cu – 1,2 раза, Cd – 1,1 раза; и Mn ниже в 1,2 раза.

Таблица 10

Содержание тяжелых металлов в надземной фитомассе земляники (фазы – цветения-плодоношения)

Год обследования	Элементы, мг/кг					
	Mn	Fe	Pb	Zn	Cu	Cd
2008*	5040 4070	4140 6071	0,11 0,14	42,0 60,7	8,73 10,08	0,021 0,023
2009	249,8	199,7	-	28,3	4,87	-
Среднее содержание ТМ в надземной фитомассе Fragaria vesca L. (земляника лесная), произрастающих в Самарской области [6]	46,73	336,44	0,28	21,38	24,50	-
Критическая концентрация ТМ в воздушно-сухой фитомассе [119]	-	-	10-20	150-200	15-20	5-10
Фитотоксическая концентрация ТМ в воздушно-сухой фитомассе [119]	500	-	60	400	20	100

Примечание. * – в числителе показатели по здоровым растениям, в знаменателе – по больным.

За период между обследованиями 2008-2009 гг. содержание Zn, Cu, Mn и Fe в надземной фитомассе земляники снизилось в 18,2; 25,6; 1,8 и 1,9 раза соответственно, что предположительно связано с поглощением этих элементов растениями предыдущих генераций, внесением минеральной подкормки, способствующей связыванию элементов. Так, в образцах растений, выращенных в 2009 г., содержание Mn превышает фоновое в 5,3 раза, но не достигает фитотоксического значения (в 2,0 раза ниже), Fe и Cu – ниже фоновых показателей в 1,7 и 5,0 раз, а Zn – выше фонового показателя в 1,3 раза. На основании полученных данных (табл. 11) рассчитаны коэффициенты биоаккумуляции подвижных элементов больными и здоровыми растениями земляники по формуле

$$I_a = Ix / nx,$$

где *Ix* – содержание элементов в золе растений, *nx* – содержание элементов в почве.

Среднее значение коэффициента биоаккумуляции тяжелых металлов уменьшается в ряду Mn > Zn > Cu > Cd > Pb, минеральных элементов – N > K > P.

Для кадмия и свинца коэффициенты биоаккумуляции меньше 1, что означает их слабое поглощение из почвы.

Таблица 11

Коэффициент биоаккумуляции (I_a) элементов в почве и надземной фитомассе земляники

Год	Элементы							
	N	P	K	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb
2008*	762,65 761,68	14,58 44,12	87,50 40,00	311,11 248,17	58,20 59,29	123,53 173,43	0,08 0,09	0,04 0,05
2009	663,74	107,81	61,03	26,29	32,47	26,95	-	-

Примечание. * – в числителе показатели по здоровым растениям, в знаменателе – по больным.

Результаты исследований 2011-2013 гг. показали, что в сравнении с ФОНом накопление изученных ТМ характеризуется зависимостью (коэффициент концентрации):

Mn (30.3) < Pb (2.13) < Cu (1.49) < Zn (1.93) < Fe (0.55)

Коэффициент опасности элементов представляется следующим убывающим рядом:

Cr (3.1) < Fe (2.0) < Cu (0.71) <Pb (0.60) < Zn (0.49) < Cd (0.32).

Концентрирование ТМ в землянике садовой зависит от сорта и органа растения (табл. 12). Органы растений земляники

накапливают тяжелые металлы в соответствии со следующим убывающим рядом: корни (1175,9) > листья (443,2) > ягоды (87,7).

Таблица 12

Содержание тяжелых металлов в растениях земляники садовой, мг/кг на сухое вещество, 2011-2013 г.г.

Сорт	Элементы						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr
Корень							
Хоней	0,093	1,20	35,9	54,8	136,9	1101,5	0,71
Мармолада	0,080	0,96	81,9	83,3	176,8	1092,0	0,56
Эльсанта	0,035	0,56	23,0	37,4	83,5	615,9	0,66
Кс	2,30	3,20	1,90	2,73	2,83	0,39	3,2
Листья							
Хоней	0,052	0,31	40,2	35,1	209,4	197,8	0,47
Мармолада	0,024	0,29	18,8	17,7	118,8	364,4	0,46
Эльсанта	0,023	0,30	21,4	20,5	125,4	157,9	0,25
Фоновое значение	-	0,28	24,5	21,38	46,73	336,44	-
Кс	1,11	1,07	1,09	1,14	3,23	0,71	1,95

В ягодах изученных сортов содержание Cd, Zn, Cu, Mn не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) (табл. 13). Это связано с защитными функциями растений по отношению к своим генеративным органам.

На уровне ПДК находится концентрация свинца в ягодах сорта Мармолада, тогда как в ягодах сортов Хоней и Эльсанта значения Pb ниже ПДК в 3,0 и 2,4 раза соответственно. Ягоды сорта Мармолада характеризуются повышенным содержанием Fe, превышающим уровень допустимой нормы в 1,4 раза. Вероятно, повышенное накопление элементов, подвижность которых возрастает с наступлением высоких температур, связано со сроками развития растений изученных сортов. В ягодах изученных сортов отмечается повышенное содержание хрома, превышающее ПДК: сорт Хоней в 2,7 раза, Мармолада в 3,8 раза, Эльсанта в 2,8 раза. Высокие региональные значения элемента в важнейших сельскохозяйственных культурах отмечены в работах Н. В. Прохоровой с соавт. [80]. Для хрома характерна способность аккумулироваться в верхних горизонтах почвы, а корневая система земляники не уходит глубоко в почву и растение поглощает питательные элементы с этих горизонтов.

Таблица 13

Содержание тяжелых металлов в ягодах перспективных сортов земляники садовой

Сорта (n=18)	Элементы, мг/кг						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr
Хоней	$\frac{0.011 \pm 0.0007}{0.010 - 0.0125}$	$\frac{0.134 \pm 0.006}{0.125 - 0.148}$	$\frac{4.03 \pm 0.072}{3.90 - 4.15}$	$\frac{6.05 \pm 0.037}{5.98 - 6.11}$	$\frac{33.5 \pm 0.37}{32.9 - 34.2}$	$\frac{38.5 \pm 0.34}{37.9 - 39.1}$	$\frac{0.54 \pm 0.04}{0.51 - 0.57}$
Мармолада	$\frac{0.012 \pm 0.0007}{0.011 - 0.0135}$	$\frac{0.436 \pm 0.012}{0.42 - 0.46}$	$\frac{3.75 \pm 0.037}{3.68 - 3.81}$	$\frac{6.31 \pm 0.127}{6.10 - 6.54}$	$\frac{15.5 \pm 0,31}{15.0 - 16.1}$	$\frac{69.2 \pm 0.49}{68.4 - 70.1}$	$\frac{0.76 \pm 0.09}{0.73 - 0.79}$
Эльсанта	$\frac{0.0059 \pm 0.0005}{0.0050 - 0.0070}$	$\frac{0.170 \pm 0.005}{0.16 - 0.18}$	$\frac{2.97 \pm 0.072}{2.85 - 3.10}$	$\frac{5.62 \pm 0.095}{5.45 - 5.78}$	$\frac{30.5 \pm 0.60}{29.4 - 31.5}$	$\frac{42.9 \pm 0.95}{40.6 - 43.8}$	$\frac{0.56 \pm 0.06}{0.53 - 0.60}$
НСР 0.5	0.0018	0.018	0.023	0.062	0.054	0.058	0.032
ПДК [4]	0.03	0.4	5.0	10	500	50	0,2
Плодоножки	0,0090	0,18	7,64	20,00	182,1	94,6	0.29

Примечание: n – количество проб; в числителе – X ± m(x); в знаменателе – min-max.

Определив средние концентрации ТМ в растениях, отметили превышение концентрации в плодоножках ягод земляники биогенных элементов: Cu – в 2,13 раза, Zn – в 4 раза, Mn – в 6,9 раз, Fe – в 1,8 раза. Концентрация меди и цинка в плодоножках превышает ПДК в 1,5 и 2,0 раза соответственно.

По значениям в изученных сортах растений элементы образуют следующие убывающие ряды (мг/кг):

Сорт Хоней:

Cu (140.58) > Zn (58.2) > Cr(4.78) > Mn (3.0) > Pb, Cd (1.4)

Сорт Мармолада:

Cu (204.8) > Zn (59.6) > Cr(4.2) > Mn (2.6) > Pb (1.8) >Cd (0.7)

Сорт Эльсанта:

Cu (200.0) > Zn (26.8) > Cr (4.9) > Mn (2.1) > Pb (0.6) > Cd (0.5)

Как показывают расчеты показателя коэффициента концентрации в органах растений земляники садовой, более активно концентрирует тяжелые металлы сорт Мармолада, несколько ниже сорта Эльсанта и Хоней.

Сорт Хоней:
Cd: корни (0.093) >листья (0.052) >ягоды (0.011)
Pb: корни (1.20) >листья (0.31) >ягоды (0.13)
Cu: листья (40.2) >корни (35.9) >ягоды (4.03)
Zn: корни (54.8) >листья (35.1) >ягоды (6.05)
Mn: листья (209.4) > корни (136.9) >ягоды (33.6)
Fe: корни (1101.5) >листья (197.8) >ягоды (38.5)
Cr: корни (0.71) >ягоды (0.54) >листья (0.47)

Сорт Мармолада:
Cd: корни (0.093) >листья (0.024) >ягоды (0.012)
Pb: корни (0.96) >листья (0.43) >ягоды (0.29)
Cu: корни (81.9) >листья (18.8) >ягоды (3.75)
Zn: корни (83.3) >листья (17.7) >ягоды (6.31)
Mn: корни (176.8) >листья (118.8) > ягоды (15.5)
Fe: корни (1092.0) > листья (364.4) > ягоды (69.2)
Cr: ягоды (0.76) > листья (0.46) > корни (0.56)

Сорт Эльсанта
Cd: корни (0.035) >листья (0.023) >ягоды (0.0009)
Pb: корни (0.56) >ягоды (0.3) >листья (0.17)

Cu: корни (23.0) >листья (21.4) >ягоды (2.97)
Zn: корни (37.4) >листья (20.5) >ягоды (5.62)
Mn: листья (125.4) > корни (83.5) >ягоды (30.5)
Fe: корни (615.9) >листья (157.9) >ягоды (42.9)
Cr: корни (0.66) >ягоды (0.56) >листья (0.25)

По суммарному накоплению ТМ:
Хоней: $Cd_{0.36}+Pb_{0.32}+Cu_{0.21}+Zn_{0.6}+Mn_{0.053}+Fe_{0.11}+Cr_{3.1} = 4,753$
Мармолада: $Cd_{0.4}+Pb_{1.08}+Cu_{0.75}+Zn_{0.63}+Mn_{0.03}+Fe_{0.20}+Cr_{3.8} = 6,886$
Эльсанта: $Cd_{0.19}+Pb_{0.425}+Cu_{0.59}+Zn_{0.562}+Mn_{0.061}+Fe_{0.12}+Cr_{2.8} = 4,746$

Выше критических концентраций значения меди. Корни сорта Мармолада накапливают медь выше установленных норм в 4 раза.

6. Особенности аккумуляции тяжелых металлов основными сельскохозяйственными культурами

6.1. Озимые зерновые культуры

Изучению особенностей накопления и локализации тяжелых металлов в фитомассе озимых хлебов посвящены работы Н. В. Прохоровой (1996, 2002), В. А. Павловского и др. (1996); Н. М. Матвеева и др. (1997, 2008), которые отмечают, что уровень содержания токсикантов в растительном организме во многом зависит от конкретных почвенно-грунтовых и климатических условий зоны возделывания культуры, видовых особенностей биотипа, степени интенсификации производства, удаленности территории от источников антропогенного воздействия и т.д. При этом авторы отмечают, что растения, как правило, больше аккумулируют «природные» тяжелые элементы (Sr, Rb, Fe, Mn, Ti), имеющие по преимуществу естественное происхождение, т.е. содержащиеся в материнских почвообразующих породах и меньше «техногенные» (As, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Zn), привнесенные в агроценозы Самарского Заволжья от внешних источников.

Исследованиями выявлено, что максимальное количество из окружающей среды озимая пшеница поглощает Mn – в среднем от 31,70 до 51,10 мг на 1 кг воздушно-сухой биомассы, или 59,3-71,6% от общего объема изучаемых элементов (табл. 14). Относительно большое количество поступает в растение и Zn – 15,54-19,27 мг/кг, или 21,8-36% от общего объема. Объем Cu и Pb в фитомассе варьировал в пределах 1,89-2,94 и 0,54-1,23 мг/кг, а их удельный вес в общем количестве металлотоксикантов равнялся соответственно 3,2-4,1% и 0,9-1,72%. Концентрация Co в сухой биомассе составляла 0,39-0,61 мг/кг, а Cd 0,051-0,067 мг/кг, что не превышало 0,60-1,11% и 0,09-0,11% от общей массы тяжелых металлов. Таким образом, в порядке убывания в биомассе озимой пшеницы химические элементы образуют следующий ряд: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd. Существенное влияние на характер накопления микроэлементов оказывали абиотические и биотические условия района возделывания культуры. Растения, выращенные в северной зоне на черноземе выщелоченном, содержат в 1,43 раза больше Mn, чем растения культивируемые на черноземе типичном, и в 1,61 раза больше озимой пшеницы южной зоны.

Таблица 14

Содержание тяжелых металлов в озимых зерновых культурах, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элементы					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
чернозем выщелоченный	озимая пшеница	колос	0,032	0,44	18,63	2,60	0,33	34,65
		стебель	0,037	0,51	11,35	1,74	0,50	41,13
		корень	0,091	2,73	16,65	4,49	1,11	77,53
		среднее	0,053	1,23	15,54	2,94	0,64	51,10
	озимая рожь	колос	0,038	0,09	13,53	2,19	0,19	22,73
		стебель	0,054	0,28	4,85	1,75	0,39	24,55
		корень	0,104	1,62	12,38	4,14	1,42	75,20
		среднее	0,065	0,66	10,25	2,69	0,67	40,83
чернозем типичный	озимая пшеница	колос	0,035	0,31	26,54	2,35	0,31	22,33
		стебель	0,056	0,68	14,50	2,19	0,42	31,08
		корень	0,061	1,19	16,78	4,17	1,09	53,11
		среднее	0,051	0,73	19,27	2,90	0,61	35,51
	озимая тритикале	колос	0,040	0,31	27,35	2,77	0,14	17,23
		стебель	0,066	0,45	13,65	1,93	0,20	18,17
		корень	0,078	1,60	22,35	4,51	1,43	50,73
		среднее	0,061	0,78	21,11	3,07	0,60	28,71
чернозем южный	озимая пшеница	колос	0,039	0,19	23,50	1,35	0,21	21,96
		стебель	0,063	0,39	10,45	1,17	0,30	25,73
		корень	0,100	1,05	22,48	3,16	0,65	47,40
		среднее	0,067	0,54	18,81	1,89	0,39	31,70
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*РФУ (региональный фоновый уровень)			0,28	0,55	20,66	6,44	0,22	58,45

Примечание. * – по данным Н. М. Матвеева и др. (1997 г.).

По отношению к Cd, наоборот, прослеживалась обратная зависимость: растения чернозема южного содержали его на 26,4% больше, чем растения северной зоны, и на 31,3% больше, чем растения центральной. Zn и Co более активно усваивался озимой пшеницей на черноземе типичном. Такие зональные особенности поступления элементов в растения можно объяснить разностью

физико-химических условий почв, а также проявлением стимулирующего эффекта корневых выделений пшеницы на данном типе почв или действием химических выделений сорняков, повышающих биодоступность тяжелых металлов.

Сравнение полученных результатов с индексами ПДК показало, что растения озимой пшеницы, выращенные во всех почвенно-климатических зонах Самарского Заволжья, содержат относительно небольшое количество металотоксикантов. Уровень аккумуляции Cu был в 10,2-15,8 раза меньше ПДК, Pb – в 4,1-9,2 раза, Mn и Ca в 3,9-6,3 раза, а Co и Zn – в 1,63-3,2 раза. Однако установлено превышение регионального фонового уровня по Co: на черноземе выщелоченном в 2,9 раза, на типичном – в 2,8, а на южном в 1,8 раза. В растениях северной и центральной зон отмечено превышение и по Pb соответственно в 2,2 и 1,3 раза. Объем аккумуляции остальных элементов в сухой биомассе находился в пределах естественных потребностей растений в минеральных веществах, необходимых для нормальной жизнедеятельности.

Наряду с озимой пшеницей изучались растения озимой ржи и озимой тритикале. Исследованиями установлено, что характер поступления тяжелых металлов в эти растения во многом схож с озимой пшеницей, но вместе с тем имеются и различия. Так, озимая рожь в отличие от озимой пшеницы на 25,1% меньше накапливает Mn, на 86,0% – Pb, 51,6% – Zn, 9,3% – Cu и, наоборот, в 1,3 раза больше аккумулирует Co и в 1,2 раза – Cd. При этом общий уровень поступления металотоксикантов в фитомассу озимой ржи в идентичных почвенно-климатических условиях оказался на 29,3% ниже, чем в растения озимой пшеницы. Данную особенность необходимо учитывать при выборе культур для возделывания в условиях повышенного загрязнения агросистем. Сравнение полученных результатов с индексами ПДК также не выявило их превышения. Объемы накопления Cd, Zn, Mn находились в пределах 2,4-21,6% от ПДК, Pb и Cu – на уровне 1,3% и 8,9%, а Co – 67,0% от ПДК. Полученные значения Cd, Zn, Cu и Mn были ниже и регионального фонового уровня. Однако по Pb и Co отмечалось превышение РФУ в 1,2 и 3,0 раза.

Анализы фитомассы озимой тритикале, выращенной в условиях центральной зоны на черноземе типичном, показали, что этот вид зернового растения на 23,6% по сравнению с озимой пшеницей меньше аккумулирует Mn, но в 1,2 раза больше поглощает из

окружающей среды Cd, на 9,5% – Zn, 5,8% – Cu и на 6,8% – Pb. При этом общий уровень абсорбированных токсикантов достигал в среднем 54,33 мг на 1 кг воздушно-сухой биомассы, что на 9,8% больше значений озимой пшеницы. Относительно высокий объем поглощения химических элементов озимой тритикале обусловлен более мощной корневой системой и ее высокой сосущей силой, а также способностью усваивать труднодоступные, для других биотипов, почвенные соединения. Однако, несмотря на это, величина поглощения тяжелых металлов растениями в условиях Самарского Заволжья не превышает ПДК. Ниже РФУ отмечены и значения Cd, Cu и Zn. Вместе с тем выявлено, что культура способна на 41,8% больше фоновых индексов аккумулировать Pb и в 2,7 раза – Co, а по уровню абсорбирования Zn озимая тритикале в 2,1 раза превосходит озимую рожь и в 1,1-1,4 раза – озимую пшеницу.

Исследованиями установлено, что большая часть поглощенных растениями тяжелых металлов локализуется в корневой системе и стеблях, а минимальная – в колосе. Данная закономерность четко прослеживалась у всех изучаемых злаков независимо от зоны возделывания и была характерна для Cd, Pb, Co и Mn. Таким образом срабатывает «естественный барьер», защищающий генетическую информацию, хранящуюся в генеративных частях растений, от этих токсикантов. Однако, такие биогенные элементы, как Zn и Cu, способны преодолевать биологический барьер и аккумулироваться в соцветиях. Причем объем накопления Zn в колосьях может в 1,2-1,6 раза превышать значения в корнях и в 2,0-2,2 раза – индексы стеблей. В соответствии с выявленными особенностями локализации в озимых культурах Cd, Pb, Co и Mn образуют следующий убывающий ряд: корень>стебель>колос; Zn – колос>корень>стебель; Cu – корень>колос>стебель.

По результатам исследований можно сделать заключение, что уровень аккумуляции Cd, Pb, Zn, Cu, Co и Mn озимыми культурами на всех подтипах изучаемых черноземов в условиях Самарского Заволжья не превышает ПДК, а по Cd, Zn, Cu и Mn и регионального фонового уровня. Объем аккумуляции токсикантов растениями озимой ржи на 29,3% меньше, а озимой тритикале – на 9,3% больше, чем озимой пшеницей. Наибольшее количество Cd, Pb, Co и Mn откладывается в корневой зоне растения и минимальное - в колосьях. Zn и Cu способны в относительно больших объемах мигрировать в генеративные органы растений.

6.2. Яровая пшеница

Учитывая важное продовольственное и экономическое значение яровой пшеницы, исследователи и научные коллективы как у нас в стране, так и за рубежом в разные годы уделяли особое внимание изучению вопросов производства экологически безопасного зерна этой культуры (L. S. Ahnston et al. (1999), Д. В. Ладонин (2002), Ю. А. Можайский (2003), М. С. Панин и др. (2005), С. В. Лукин и др. (2009)). В Средневолжском регионе этой проблеме посвящены работы Н. В. Прохоровой (2002), В. И. Немцова (2003), Н. М. Матвеева и др. (2008), М. В. Игнатьева (2009), И. Ф. Медведева и др. (2009), Н. М. Троц и др. (2010), В. И. Немцова и др. (2011), в которых отмечается, что наряду с биогенными элементами в определенных условиях яровая пшеница может поглощать из почвы довольно широкий спектр химических веществ, в том числе и ионы тяжелых металлов, аккумулируя их в корневой системе и надземных органах.

Существенное влияние на характер поступления и особенности локализации тяжелых металлов в растениях оказывают почвенно-климатические условия района возделывания культуры. Так, яровая мягкая пшеница, выращенная на черноземе выщелоченном северной зоны, поглощала в среднем 63,02 мг изучаемых элементов на 1 кг воздушно-сухой массы, в том числе 0,063 мг/кг – Cd, 1,40 мг/кг – Pb, 27,55 мг/кг – Zn, 4,38 мг/кг – Cu, 1,03 мг/кг – Co и 28,6 мг/кг – Mn (табл. 15). Сравнение полученных результатов с контрольными индексами показало, что объем накопления всех металлов, за исключением Co, находится в 1,14-1,55 раза ниже ПДК. По Co, наоборот, отмечено превышение ПДК на 3,0%. На 37,5% выше физиологических потребностей растительного организма, то есть фоновых значений, в тканях аккумулировался и Zn – 27,55 мг/кг против 20,10 мг/кг по норме. Анализ уровней концентрации тяжелых металлов по органам растений показал, что максимальное количество металлотоксикантов откладывается в корневой зоне растений, следующий биологический барьер для Cd, Pb, Co и Mn устанавливается на уровне стеблей, и лишь относительно небольшая доля этих элементов проникает в генеративные части растений. Zn и Cu аналогично озимым хлебам способны мигрировать через барьеры стеблей и проникать в колос яровой мягкой пшеницы.

Таблица 15

Содержание тяжелых металлов в яровой пшенице, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элементы					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
чернозем выщелоченный	яровая мягкая пшеница	колос	0,033	0,21	28,00	3,49	0,21	24,87
		стебель	0,040	0,23	19,60	2,04	0,40	27,07
		корень	0,116	3,77	35,05	7,60	2,48	34,15
		среднее	0,063	1,40	27,55	4,38	1,03	28,6
чернозем типичный	яровая мягкая пшеница	колос	0,041	0,71	34,58	5,07	0,12	17,84
		стебель	0,032	0,61	25,58	2,39	0,32	28,88
		корень	0,052	0,91	21,95	3,03	0,72	32,50
		среднее	0,042	0,74	27,37	3,50	0,39	26,41
чернозем южный	яровая мягкая пшеница	колос	0,038	0,51	23,3	3,12	0,18	17,1
		стебель	0,026	0,40	19,60	2,76	0,20	22,16
		корень	0,056	0,89	24,30	3,00	0,68	30,10
		среднее	0,040	0,60	22,4	2,96	0,35	23,12
	яровая твердая пшеница	колос	0,043	0,43	11,90	1,18	0,71	32,33
		стебель	0,061	0,40	6,62	1,51	0,47	14,52
		корень	0,107	2,32	11,88	3,80	1,32	58,68
		среднее	0,070	1,05	10,14	2,16	0,83	35,18
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*РФУ (для яровой мягкой пшеницы)			0,27	1,97	20,10	7,00	0,77	76,72

Примечание. * – по данным Н. М. Матвеева и др. (1997 г.).

Их концентрация в генеративной части растения соответственно на 70,0 и 71,0% выше, чем в стебле.

В годы исследований яровая мягкая пшеница, выращенная в центральной зоне на черноземе типичном, накапливала в сумме 58,45 мг/кг металлов, что на 7,8% раза меньше растений северной зоны. При этом отрицательная динамика отмечалась по всем изучаемым элементам. В частности, объемы аккумулирования Cd были на 42,8% ниже, чем у яровой мягкой пшеницы зоны чернозема выщелоченного, Pb – на 89,1%, Cu – на 25,1%, Mn – на 8,2%, а Co в 2,64 раза. Накопление Zn было примерно равным (с небольшим снижением у растений центральной зоны). Опыты показали, что концентрация металлов находится в пределах 11,6-54,7% от ПДК и за исключением Zn не превышает максимальный региональный

фоновый уровень (МРФУ). Индексы Zn были на 16,2% выше естественных значений.

Как и на севере, основная масса токсинов откладывалась в корневой зоне растений. Вторым вместилищем у Co и Mn являлись стебли. В колос их поступало не более 37,5 и 61,7% от стеблевых запасов и 16,6 и 54,8% – от корневых. Относительно большая часть Zn и Cu так же, как и у растений зоны чернозема выщелоченного, мигрировала в колос. Очевидно, данная закономерность характерна для яровой мягкой пшеницы. Однако наряду с Zn и Cu почвенно-климатические условия зоны чернозема типичного способствовали продвижению в колос и таких высокотоксичных элементов, как Cd и Pb. Их уровень аккумуляции в данном органе растений хотя и был на 21,2 и 21,8% меньше, чем в корнях, но в среднем на 28,1 и 16,3% превышал концентрацию в стеблях.

Характер абсорбирования химических элементов яровой мягкой пшеницей в южной зоне во многом был схож с выявленными ранее закономерностями с той лишь разницей, что растения, выращенные в зоне чернозема южного, аккумулировали на 17,5% токсикантов меньше, чем растения центральной зоны и на 26,7% – северной. При этом уровень концентрации изучаемых элементов не превышал 9,8-44,8% от индексов ПДК и, за исключением Zn, был ниже фоновых значений. Анализами установлено, что основная масса металлов задерживается растениями на биологических барьерах «корень – стебель». Однако, как и в центральной зоне, наряду с Zn и Cu, в колос проникают Cd и Pb. По нашему мнению, кроме почвенно-климатических факторов, данное явление может быть обусловлено привнесением Cd и Pb с воздушными потоками атмосферы и их поступлением на поверхность растений с туманом и росой и последующим абсорбированием листьями, а также колосковыми чешуйками. Таким образом, по абсолютному объему накопления металлов в яровой мягкой пшенице, выращенной на черноземе выщелоченном и черноземе южном, элементы образуют следующий убывающий ряд: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd, на черноземе типичном – Zn>Mn>Cu>Pb>Co>Cd. По месту локализации в растениях на севере области: Cd, Pb, Co, Mn – корень>стебель>колос, Zn и Cu – корень>колос>стебель. В центральной и южной зонах Co и Mn – корень>стебель>колос, Cd, Pb, Zn, Cu – корень>колос>стебель.

Наряду с яровой мягкой пшеницей в южной зоне нами изучалась и фитомасса яровой твердой пшеницы, сорта Безенчукская 200. Опытами установлено, что при практически равных объемах аккумуляции элементов – 49,45 мг/кг – твердая пшеница по сравнению с мягкой почти в 1,7 раза больше поглощает Cd, в 1,8 – Pb, в 2,4 – Co и в 1,5 раза Mn. В то же время уровень поступления Zn был в 2,2 раза, а Cu в 1,4 раза меньше значений мягкой пшеницы. Сравнительная оценка полученных результатов с индексами ПДК не выявила их превышения, они варьировали от 7,2 до 23%, а по Co находились в пределах – 83,0% от контрольных параметров. Однако по уровню содержания Co отмечалось превышение фонового значения на 7,7%. Концентрация Cd, Pb, Zn, Cu и Mn находилась на физиологически необходимом уровне. По абсолютному объему накопления в твердой пшенице металлы образуют убывающий ряд аналогично мягкой пшенице: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd. В отличие от мягкой, твердая пшеница имеет несколько иной характер локализации элементов в фитомассе. Очевидно, это обусловлено большим выносом минеральных веществ на единицу урожая и их транспортировкой в генеративную часть, а также усиленным оттоком ассимилянтов из стеблей и листьев в период налива зерна. Исследованиями выявлено, что аналогично другим зерновым культурам основная часть токсикантов на уровне 45,8-66,2% от общего объема откладывается в корневой зоне, оставшееся количество мигрирует в надземные органы. При этом уровень концентрации Pb в колосе оказывается на 7,5%, Zn – на 79,0%, Co – на 51,0%, а Mn – в 2,2 раза больше, чем в стеблях. Для Cd и Cu, наоборот, характерен следующий убывающий ряд: корень>стебель>колос.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать заключение, что относительно небольшое количество тяжелых металлов накапливает фитомасса мягкой и твердой пшеницы степной зоны Самарского Заволжья на черноземе южном. Максимальное количество тяжелых элементов, а по Co даже с превышением ПДК, аккумулирует яровая мягкая пшеница в северной лесостепи на черноземе выщелоченном. Основная часть поступающих в растения токсинов локализуется в корневой системе и стеблях. Zn и Cu как в мягкой, так и в твердой пшенице способны в повышенных количествах мигрировать в колос.

6.3. Зерновые фуражные культуры

Одним из условий производства высококачественных продуктов животноводства (молока, мяса, яиц и т.д.), а также успешного ведения агробизнеса является наличие экологически безопасных кормов и в первую очередь концентрированных. Изучением данной проблемы в агроландшафтах черноземного пояса страны занимались В. М. Соловьев (2001), М. В. Ларионов и др. (2004), А. А. Селезнева и др. (2005), Я. Т. Суюндуков и др. (2008), М. В. Кирилов и др. (2010), которые отмечают, что в условиях антропогенного воздействия на экосистемы важно знать особенности поступления тяжелых металлов в зернофуражные культуры и путем правильного видового подбора при конструировании агрофитоценозов свести к минимуму негативные последствия привнесения токсикантов.

Исследования биомассы ведущих зернофуражных культур Самарского Заволжья – ячменя ярового и овса посевного – показали, что биотипы имеют некоторые сходства и отличия по степени аккумуляции тяжелых металлов (табл. 16). В северной зоне на черноземе выщелоченном оба злаковых растения поглощают практически равное количество Cd – 0,042 и 0,046 мг/кг. По отношению к Pb овес проявил большую устойчивость и абсорбировал его в 4,0 раза меньше ячменя – 0,69 мг/кг против 2,78 мг/кг. На 5,4% (или 1,46 мг/кг) меньше, чем в ячмень, поступало в овес и Zn, а по Cu разница составляла 7,3% (0,3 мг/кг). В 1,3 раза меньше ячменя овес поглощал и Co. Относительно низкий объем поглощения Pb, Zn, Cu и Co овсом обусловлен глубоким проникновением его корневой системы и подъемом минеральных веществ из нижних горизонтов почвы, содержащих меньшее количество токсинов. Аналогичные закономерности наблюдались и в опытах Н. В. Прохоровой (1996) и Н. М. Матвеева (1997), которые связывают их с особенностями водопотребления культур. Содержание Mn в сухом веществе ячменя и овса также было примерно равными и составляло соответственно 35,27 и 35,19 мг/кг. Таким образом, суммарное количество изучаемых металлов аккумулируемых ячменем, равнялось 72,24 мг/кг, а овсом – 68,08 мг/кг. В порядке убывания в фитомассе ячменя элементы образуют следующий ряд: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd, а овса: Mn>Zn>Cu>Co>Pb>Cd, т.е. овес поглощает меньше высокотоксичного Pb, чем ячмень.

Таблица 16

Содержание тяжелых металлов в зернофуражных культурах мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элементы					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
1	2	3	4	5	6	7	8	9
чернозем выщелоченный	ячмень	колос	0,024	1,75	27,08	4,03	0,24	15,20
		стебель	0,033	2,84	21,05	3,52	0,92	35,26
		корень	0,069	3,75	36,50	7,51	1,60	55,35
		среднее	0,042	2,78	28,21	5,02	0,92	35,27
	овес	метелка	0,025	0,17	31,30	3,19	0,12	25,60
		стебель	0,033	0,22	14,80	2,86	0,33	20,62
		корень	0,080	1,70	34,15	8,00	1,74	59,35
		среднее	0,046	0,69	26,75	4,68	0,73	35,19
чернозем типичный	ячмень	колос	0,020	2,39	21,33	3,76	0,27	15,44
		стебель	0,030	1,72	14,48	3,04	0,31	20,06
		корень	0,058	3,52	36,00	5,49	1,11	42,93
		среднее	0,036	2,54	23,94	4,10	0,56	26,14
	овес	метелка	0,039	0,28	36,55	4,88	0,21	16,05
		стебель	0,053	0,20	22,75	3,07	0,35	13,15
		корень	0,109	1,61	33,58	6,57	1,38	46,05
		среднее	0,067	0,70	30,96	4,84	0,65	25,08
чернозем южный	ячмень	колос	0,044	0,20	18,65	1,95	0,40	9,30
		стебель	0,062	0,24	11,35	1,16	0,29	24,85
		корень	0,090	2,67	20,88	5,32	1,85	62,03
		среднее	0,065	1,04	16,96	2,81	0,85	32,06
чернозем южный	овес	метелка	0,029	0,18	11,58	2,83	0,20	27,98
		стебель	0,039	0,33	2,30	2,21	0,25	18,36
		корень	0,069	0,84	16,33	3,17	0,38	39,33
		среднее	0,046	0,45	10,07	2,74	0,28	28,56
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*РФУ (для ячменя)			0,26	0,67	17,16	7,29	0,22	43,71
*РФУ (для овса)			0,29	0,65	17,04	7,80	0,21	66,60

Примечание. * – по данным Н. М. Матвеева и др. (1997 г.).

Анализами установлено, что около 45,2-60,5% поступающих тяжелых металлов зернофуражные культуры, как и зерновые растения, локализуют в корневой системе, 32,8-34,3%, в стеблевой части и только 6,7-20,5 % Cd, Pb и Co транспортируется в колос. По Zn и Cu, а у овса еще и по Mn, прослеживалась иная закономерность. Около 32,6-41,5% микроэлементов мигрировало в

генеративную часть и только 20,1-25,6% задерживалось «биологическим барьером» стеблей. Очевидно, данный тип поглощения этих биогенных элементов характерен для всех злаковых культур, в том числе и пленчатых.

Эксперименты в центральной зоне показали, что фитомасса ячменя, выращенного на черноземе типичном, суммарно содержит в среднем на 26,0%, а овса на 9,2% меньше аккумулянтов, чем растения северной зоны. При этом более четкая отрицательная динамика прослеживалась у ячменя; по Cd – на 16,6%; Pb – на 9,4%; Zn – на 17,8%; Cu – на 49,2%, Co – на 64,0%; Mn – на 34,9%. У овса уменьшение аккумуляции отмечалось только по Co и Mn на 12,3 и 40,0%, а по Cd, Zn и Cu концентрация увеличивалась соответственно на 45,6, 15,7 и 3,4%. Однако в абсолютном весе это составляло не более 4,39 мг/кг при практически равных значениях Pb.

Растения центральной зоны имели несколько иной характер локализации металлов в фитомассе. Наряду с Zn и Cu в колос ячменя и метелку овса, как и в случае с яровой пшеницей, в повышенных количествах, минуя «защитные барьеры», проникает высокотоксичный Pb. Причем его средняя концентрация в овсе была почти в 3,2 раза меньше, чем в ячмене (0,70 мг/кг против 2,54 мг/кг), а в генеративных частях разница достигала 8,4 раза (0,28 и 2,39 мг/кг). В целом по объему аккумуляции в фитомассе ячменя и овса, выращенных в центральной зоне на черноземе типичном, элементы располагаются в следующем убывающем раду: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd.

Растения южной зоны отличались относительно небольшим уровнем поглощения токсикантов. Сумма всех микроэлементов, усвоенных ячменем, равнялась 53,78 мг/кг, а овсом 45,15 мг/кг. Это на 34,3 и 61,5% ниже показателей северной зоны и на 6,5 и 47,7% центральной. Однако на черноземе южном ячмень в 1,5-1,8 раза больше поглощал Cd и в 1,2 раза больше, по отношению к чернозему типичному, Mn. Однако по весу это не превышало 0,020-0,029 и 5,92 мг/кг и не оказывало существенного влияния на качество продукции, поскольку индексы аккумуляции находились значительно ниже ПДК и фонового уровня.

Исследованиями выявлено, что растения степной зоны в 1,5-2,7 раза меньше накапливают Pb, а объемы его передвижения в колос и метелку не превышают 6,4-13,3%. В отношении Zn и Cu

сохранялись выявленные ранее закономерности: наряду с корневой зоной, вторым вместилищем этих элементов являлись генеративные части растений. У овса данная тенденция прослеживалась и с Mn.

Сравнение полученных результатов с контрольными параметрами не выявили превышения ПДК. В северной зоне у ячменя они варьировали в пределах 14,0-92,0%, а у овса 13,8-73,0% от ПДК. В центральной зоне, соответственно, 12,0-56,0 и 12,5-65,0%, а в южной 9,3-33,9 и 9,0-20,1% от ПДК. При этом минимальное количество по отношению к ПДК в растениях откладывалось Cd, Cu и Mn – в среднем 9,2-17,5%, и максимальное Pb, Zn и Co – 36,5-92,0%. Установлено, что овес во всех почвенно-климатических зонах в 2,3-4,2 раза меньше, чем ячмень, аккумулирует высокотоксичный Pb, а также Zn, Cu и Mn. А в зоне чернозема выщелоченного и южного – еще и Co.

Экспериментами выявлено, что растения ячменя и овса, не превышая ПДК, способны в 1,3-4,1 раза больше фоновых значений абсорбировать Co и в 1,1-4,0 раза – Pb. В северной и центральной зонах на 40,0-81,6% выше фонового индекса накапливается и Zn. Концентрация Cd, Cu и Mn, а в южной зоне и Zn, находилась в пределах естественно-необходимого уровня.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать заключение, что минимальное количество металлотоксикантов в условиях Самарского Заволжья накапливается в растениях овса, максимальное – в ячмене. Наибольший уровень аккумуляции элементов имеют растения северной зоны, культивируемые на черноземе выщелоченном, наименьшее – степной зоны, возделываемые на черноземе южном. Объемы поглощения тяжелых металлов зернофуражными культурами не превышают ПДК, а по Cd, Cu, Mn и фоновых значений. Основным местом локализации аккумулянтов является корневая система, а у Zn и Cu еще и генеративные органы

6.4. Зерновые бобовые культуры

Из зерновых бобовых культур наибольшие площади в агроландшафтах Самарского Заволжья занимает горох посевной. Ряд хозяйств центральной и южной зоны наряду с горохом промышленно культивирует относительно новое для Самарской области

растение – сою. Учитывая важное продовольственное, кормовое и средообразующее значение зерновых бобовых, многие исследователи уделяли серьезное внимание изучению вопросов получения экологически безопасной продукции этих культур (В. А. Большаков (2002), О. И. Босиева и др. (2003), В. Б. Ильин (2006), Г. Я. Елькина (2010)).

Большинство авторов подчеркивает, что бобовые растения способны к избирательному поглощению и регулируют поступление токсинов в ткани организма. Однако в условиях высокого фонового загрязнения территории, регуляторная функция нарушается и в продукцию может поступать большое количество тяжелых металлов.

Исследованиями опытах выявлено, что горох, выращенный в северной зоне Самарского Заволжья, аккумулирует в среднем 0,060 мг на 1 кг воздушно-сухой биомассы Cd, 0,86 – Pb, 25,60 – Zn, 5,07 – Cu, 0,46 – Co и 28,68 мг/кг – Mn (табл. 17). Эти объемы накопления относительно невелики и не превышали по Cd – 20,0%, Pb – 17,0%, Zn – 51,2%, Cu – 16,9%, Co – 46,0% и Mn – 14,3% ПДК, а по Cd и Cu и регионального фонового уровня. Однако концентрация в фитомассе Pb, Zn, Co и Mn соответственно в 1,6, 1,2, 1,3 и 1,5 раза превышала естественную норму. Очевидно, это связано с корневыми выделениями гороха, увеличивающими подвижность и абсорбцию почвенных металлотоксинов, а возможно, и с их привнесением воздушными потоками на поля извне.

Почвенно-климатические и техногенные условия центральной зоны способствовали меньшей аккумуляции тяжелых металлов в фитомассе гороха. Установлено, что общий объем изучаемых элементов в растениях не превышает 52,93 мг/кг, что на 7,80 мг меньше показателей северной зоны. При этом снижение концентрации наблюдалось по всем металлам и составляло у Cd 50,0%, Pb – 34,4%, Zn – 18,7%, Cu – 43,3%, Co – 58,7% и Mn – 6,9%. Сравнение полученных показателей с индексами ПДК не выявило их превышения. По Cd, Cu и Co они находились даже ниже регионального фонового уровня. В то же время, в северной зоне отмечалось повышенное поступление в растения Pb, Zn и Mn, соответственно на 18,6, 2,8 и 40,1%.

Зональные особенности аккумуляции элементов прослеживались и у растений степной зоны, возделываемых на черноземе

южном. В целом они содержали около 46,05 мг/кг тяжелых металлов. Это на 32,0% меньше, чем растения северной зоны и на 14,9% – центральной. Особенно существенное уменьшение концентрации в тканях наблюдалось у Cu: с 5,07 мг/кг – на севере, до 3,54 мг/кг – в центре и 2,60 мг/кг – на юге, или с 95,0% и до 36,2%. Содержание Zn, Co и Mn было на 18,0, 16,0 и 11,3% ниже значений центральной зоны и на 40,0, 84,0 и 18,9% – северной. По Cd и Pb, наоборот, наблюдалось повышение концентрации.

Таблица 17

Содержание тяжелых металлов в зернобобовых культурах, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элементы					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
чернозем выщелоченный	горох	бобы	0,038	0,20	26,34	5,20	0,20	33,50
		стебель	0,060	0,60	23,32	4,00	0,50	27,13
		корень	0,080	1,78	27,12	6,00	0,68	25,30
		среднее	0,060	0,86	25,60	5,07	0,46	28,68
чернозем типичный	соя	бобы	0,030	0,10	22,42	4,20	0,10	29,52
		стебель	0,080	0,61	12,46	3,30	0,46	25,61
		корень	0,120	0,89	26,15	5,12	0,56	22,26
		среднее	0,080	0,54	20,35	4,41	0,38	25,80
	горох	бобы	0,015	0,20	21,41	3,44	0,10	28,14
		стебель	0,027	0,43	20,88	2,96	0,37	27,89
		корень	0,057	1,29	22,40	4,20	0,40	24,51
		среднее	0,040	0,64	21,57	3,54	0,29	26,85
чернозем южный	горох	бобы	0,030	0,30	18,55	2,60	0,15	26,13
		стебель	0,058	0,57	16,13	2,00	0,24	24,20
		корень	0,126	1,32	20,16	3,20	0,36	22,00
		среднее	0,080	0,73	18,28	2,60	0,25	24,11
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*РФУ (для гороха)			0,26	0,54	20,99	6,77	0,37	19,17

Примечание. * – по данным Н. М. Матвеева и др. (1997 г.).

Причем объемы накопления растениями Cd в 2,0 раза превышали показатели центральной зоны и в 1,3 раза – северной – 0,080 мг/кг против 0,040 и 0,060 мг/кг. Концентрация Pb на 14,1% превосходила значения растений, выращенных на черноземе типичном. Однако, несмотря на локальное повышение Cd в фитомассе гороха, объемы его накопления были в 3,2 раза меньше

регионального фонового уровня. Аналогичные закономерности прослеживались по Zn, Cu и Co. И только по Pb и Mn уровень поступления элементов оказался на 35,2 и 25,8% больше естественных потребностей. Сравнение полученных результатов с индексами ПДК показало, что содержание Cd в растениях гороха в 3,7 раза, Pb – в 6,8, Zn – в 2,7, Cu – в 11,5, Co – в 4,0, а Mn – в 8,2 раза меньше ПДК.

Основная часть поглощенных растениями Cd, Pb и Co, как у гороха северной зоны, так и южной, откладывается в подземной фитомассе. В стебель проникает в среднем в 1,3-3,0 раза, а в бобы в 2,1-6,4 раза меньше токсинов, чем в корень. Превалирующую долю Zn и Cu растения также локализуют в корневой зоне, вторым вместилищем этих элементов являются бобы, где их содержание в 1,1-1,8 раза выше, чем в стеблях. У Mn, наоборот, наибольшее количество металла, 26,13-33,50 мг/кг, растения транспортировали в бобы и только 22,00-25,30 мг/кг (или на 18,7-32,4% меньше) откладывали в корневой зоне. В стеблях и листьях локализовалось от 24,20 до 27,89 мг/кг Mn. Это на 7,9-20,1% ниже значений в бобах и на 10,0-10,2% – в корнях. Повышенное количество Zn, Cu и Mn в генеративных органах растений, очевидно, обусловлено их участием в синтезе белков и аминокислот, причем Mn – в большей степени.

Сравнение объемов аккумуляции металлов биомассой гороха и сои показало, что характер поступления элементов и их локализация в растениях во многом схожи, с той разницей, что практически при равной концентрации Zn и Mn, соя, как высокоэнергетическая культура, в отличие от гороха в тех же агроусловиях почти в 2,0 раза больше поглощала Cd, в 1,2 – Cu и в 1,3 раза – Co. Однако по отношению к Pb соя проявляла избирательность, абсорбируя его на уровне фоновых значений – 0,54 мг/кг или на 18,5% ниже, чем горох. При этом общая сумма металлов в сое только на 2,6% уступала гороху и равнялась 51,56 мг/кг. Так же, как и горох, максимальное количество элементов, за исключением Mn, соя откладывала в корневой части и лишь незначительная доля Cd, Pb и Co проходила биологические барьеры и поступала в бобы. Локализация Mn, Zn и Cu в надземных органах во многом подчинялась закономерностям, выявленным у гороха, наибольшее их количество отмечалось в бобах сои. Анализ полученных результатов и контрольных индексов не выявил превышения ПДК, поскольку

концентрация тяжелых металлов в тканях сои была на уровне естественных потребностей растительного организма в микроэлементах.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать заключение, что агроэкологические условия Самарского Заволжья позволяют формировать фитомассу гороха и сои с концентрацией тяжелых металлов значительно ниже ПДК. С продвижением посевов гороха с севера на юг содержание в растениях Zn, Cu, Co и Mn уменьшается, а Cd и Pb возрастает. Соя при практически равных с горохом объемах поглощения Zn и Mn больше абсорбирует Cd, Cu и Co и меньше Pb. Основную часть Cd, Pb и Co зерновые бобовые растения локализуют в корневой системе. Zn, Cu и Mn в относительно больших количествах транспортируется в бобы.

6.5. Крупяные культуры

Для производства круп в агроландшафтах Самарского Заволжья культивируют гречиху обыкновенную и просо обыкновенное. Причем в северной лесостепной зоне предпочтение отдают гречихе, а в центральной и южной степной – просу. Учитывая, что крупа этих культур используется в детском и диетическом питании, изучение особенностей экологически безопасного производства зерна этих растений имеет важное здоровье сберегающее значение. По сведениям Р. Е. Елешева и др. (2001), В. Ф. Кирдина (2010), В. Д. Баранникова и др. (2005), С. А. Бузмакова и др. (2005), в условиях техногенного загрязнения территории крупяные культуры могут накапливать, в отличие от других растений, значительное количество тяжелых металлов и аккумулировать их в зерновой части урожая.

Установлено, что гречиха в условиях центральной зоны на черноземе типичном может суммарно накапливать около 49,47 мг/кг изучаемых металлов (табл. 18).

По уровню концентрации в фитомассе они образуют следующий убывающий ряд: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd. При этом на долю Mn приходится 63,1% общего объема элементов, Zn – 30,4%, Cu – 5,1%, Pb – 0,8%, Co – 0,5% и Cd – 0,1%. Однако, несмотря на повышенную аккумуляцию Mn и Zn, их концентрация не превышала ПДК и находилась в пределах 15,5 и 30,0% от контрольных

индексов. Аналогичные закономерности прослеживались и по другим металлам, содержание Pb и Cu варьировало около 7,6 и 8,4%, а Cd и Co – 17,0 и 29,0% от ПДК. Концентрация Cd, Pb, Cu, Co и Mn не превышала и регионального фонового показателя. Уровень накопления Zn оказался на 22,5% выше естественного значения.

Таблица 18

Содержание тяжелых металлов в крупяных культурах, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элементы					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
чернозем выщелоченный	гречиха	соцветия	0,035	0,25	22,60	4,75	0,20	26,15
		стебель	0,047	0,40	15,40	2,16	0,42	37,20
		корень	0,120	0,88	27,40	5,30	0,62	60,52
		среднее	0,068	0,51	21,80	4,07	0,41	41,29
чернозем типичный	гречиха	соцветия	0,018	0,15	16,43	2,85	0,16	19,30
		стебель	0,040	0,32	10,13	1,57	0,26	27,52
		корень	0,094	0,66	18,56	3,20	0,45	46,70
		среднее	0,051	0,38	15,04	2,54	0,29	31,17
	просо	метелка	0,060	0,20	25,85	10,12	0,18	17,68
		стебель	0,090	0,72	22,60	6,80	0,58	28,57
		корень	0,130	1,39	31,40	11,53	1,14	60,85
		среднее	0,094	0,77	26,61	9,48	0,63	35,70
чернозем южный	просо	метелка	0,080	0,45	21,13	7,80	0,10	15,60
		стебель	0,102	0,90	19,60	5,08	0,35	23,16
		корень	0,140	1,56	25,30	8,15	0,96	51,30
		среднее	0,108	0,97	22,01	7,01	0,47	30,02
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*РФУ (для гречихи)			0,20	0,88	12,28	8,00	0,90	73,13
*РФУ (для проса)			0,27	0,79	17,33	10,27	0,81	53,64

Примечание. * – по данным Н. М. Матвеева и др. (1997 г.).

Просо в отличие от гречихи, имея мощную корневую систему с высоким градиентом сосущей силы, аккумулировало в 1,8 раза больше – Cd, в 2,0 – Pb, в 1,8 – Zn, в 3,7 – Cu, в 2,2 – Co и в 1,1 раза Mn при общем объеме накопления элементов – 73,28 мг/кг. Аналогично гречихе просо абсорбирует наибольшее количество Mn – 48,7% от общей массы, далее следует Zn – 36,3%, Cu – 12,9%, Pb – 1,0%, Co – 0,9% и Cd – 0,1%. В соответствии с этим, металлы образуют следующий убывающий ряд: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd.

Сравнение полученных результатов с индексами ПДК не выявило их превышения. Среднее количество Cd в фитомассе было не более 31,3% от ПДК, Pb – 15,8%, Zn – 53,2%, Cu – 31,6%, Co – 63,0%, а Mn – 17,8%. Уровень аккумуляции металлов, за исключением Zn, был ниже и фоновых значений. Просо, как и гречиха, активно поглощало ионы Zn, накапливая их в 1,5 раза больше среднего фонового значения.

С продвижением в степную зону на чернозем южный, объемы аккумуляции микроэлементов в фитомассе проса снижались в среднем на 21,0% – до 60,60 мг/кг. При этом концентрация Zn уменьшалась на 20,9%, Cu – на 35,3%, Co – на 34,1% и Mn – на 19,0%. По Cd и Pb, наоборот, аналогично другим культурам отмечалась повышенная абсорбция этих элементов, соответственно на 15,0 и 12,6% до 0,108 и 0,97 мг/кг. Однако и в этом случае объемы их накопления, как и других металлов, не превышали индексов ПДК и находились по Cd, Zn, Cu и Co в пределах 23,3-47,0%, а по Pb и Mn не более 15,0-19,4% от ПДК. Выше фоновых значений аккумулировался только Pb и Zn, соответственно, на 22,8% и 27,0%. Содержание других элементов находилось в пределах нормы.

Объем накопления тяжелых металлов в фитомассе гречихи северной зоны равнялся 68,73 мг/кг. Это в среднем на 39,0% больше, чем в растениях центральной зоны. Причем увеличение концентрации отмечалось по всем элементам и достигало у Cd – 33,4%, у Pb – 34,3%, у Zn – 45,0%, у Cu – 60,3%, у Co – 41,4%, Mn – 32,5%. Повышенное поступление металлов в растения, возделываемые на черноземе выщелоченном, наряду с подкисленной реакцией почвы, обусловлено еще и физиологическими особенностями гречихи, способной в отличие от других зерновых культур с помощью корневых выделений переводить трудно растворимые минеральные соединения в подвижные. Исследованиями установлено, что несмотря на увеличение уровней накопления тяжелых металлов в фитомассе, они не превышают контрольных значений и находятся ниже ПДК (Pb, Cu, Mn и Cd, соответственно на 89,8, 86,4, 79,4 и 77,4%, а Zn и Co на 56,4 и 59,0%). Не выявлено отклонений и от фоновых индексов. Поглощение всех металлов, за исключением Zn, находилось в пределах, характерных для агроценозов гречихи северной зоны. Превышение фонового параметра по Zn достигало 77,6% – 21,80 мг/кг против 12,28 мг/кг по норме.

По объему аккумуляции в растениях металлы образуют убывающий ряд, аналогичный гречихе центральной зоны: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd. При этом на долю Mn приходится 60,0% суммарной массы элементов, Zn – 31,7%, Cu – 5,9%, Pb – 0,7%, Co – 0,4% и Cd – 0,1%.

Характерным для проса и гречихи являлось то, что основная часть поступающих в растения элементов откладывалась в подземных тканях растений. Вторым вместилищем Cd, Pb, Co и Mn являлась надземная вегетативная масса. Репродуктивные органы аккумулировали в 1,9-9,6 раз меньше этих металлов, чем корни, и в 1,3-3,5 раза меньше, чем стебли и листья. Механизм накопления Zn и Cu отличался тем, что, наряду с корневой системой, значительная часть этих металлов (в 1,1-1,6 раза больше, чем в стебли и листья) растениями транспортировалась в соцветия.

Присутствие Cu в генеративных частях растений объясняется ее биологическим участием в ассимиляционных процессах и синтезе высокомолекулярных соединений в период налива зерна. Повышенная концентрация Zn в крупяных культурах наряду с многими факторами, очевидно, обусловлена еще и особенностью минерального питания этих растений, наличием пленочных оболочек вокруг зерна, возможным участием в синтезе запасающих веществ, а также его синергизмом с другими поступающими металлами.

По результатам исследований можно сделать заключение, что в равных почвенно-климатических и экологических условиях просо аккумулирует в среднем на 84,0% больше тяжелых металлов, чем гречиха. С продвижением проса в южную зону поступление Zn, Cu, Co и Mn в биомассу снижается в среднем на 21,0%, а Cd и Pb возрастает на 15,0 и 12,6%. Гречиха северной зоны поглощает на 39,0% больше металлотоксикантов, чем центральной. Основная масса тяжелых элементов локализуется в корневой системе растений и лишь небольшое количество Cd, Pb, Co и Mn транспортируется в генеративные органы. Zn и Cu могут в значительных объемах присутствовать в зоне формирования зерна. Уровень накопления изучаемых металлов в крупяных культурах Самарского Заволжья не превышает ПДК, а по Cd, Cu, Co, Mn и Pb в северной и центральной зонах и фоновых значений.

6.6. Пропашные культуры

Из пропашных культур в Самарском Заволжье наибольшее распространение имеют подсолнечник, выращиваемый на маслосемена, и кукуруза, причем ее могут возделывать как на силос, так и на зерно. Эти растения имеют много общего в биологии и приемах возделывания, отличаясь от других полевых культур способностью поглощать из почвы большое количество минеральных веществ, необходимых для формирования высохших урожаев вегетативной массы и семян.

Наряду с макроэлементами растения способны поглощать и все изучаемые тяжелые металлы. Однако объемы их абсорбирования и характер локализации в растительных тканях во многом зависит от особенностей биотипов и почвенно-климатических условий агроценозов. Анализы фитомассы показали, что наибольшее количество тяжелых металлов на всех подтипах черноземов поглощает кукуруза (72,94-104,74 мг/кг сухой биомассы), а наименьшее – подсолнечник (28,84-53,10 мг/кг). При этом в общей структуре поглощенных элементов злаковым растением основная доля приходилась на Mn – 62,5-67,6%, в то время как у сложноцветного растения наибольший удельный вес занимал Zn – 43,9-57,6%, а доля Mn составляла только 20,1-31,3% (табл. 19).

Растения кукурузы северной зоны аккумулировали в среднем 0,033 мг/кг – Ca, 1,14 мг/кг – Pb, 18,65 мг/кг – Zn, 3,01 мг/кг – Cu, 0,76 мг/кг – Co и 49,35 мг/кг – Mn. Подсолнечник в этих же условиях в отличие от кукурузы накапливал в 3,8 раза больше Cd, в 2,3 раза Cu и на 6,3% больше Zn, при одновременном снижении абсорбирования Pb – в 2,4 раза, Co – в 1,5 раза, а Zn – в 7,0 раза.

Таким образом, по уровню накопления в фитомассе кукурузы на черноземе выщелоченном элементы образуют следующий убывающий ряд: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd, а в растениях подсолнечника Zn>Mn>Cu>Co>Pb>Cd. Причем характер поступления Mn, Zn и Cu в биомассу кукурузы оказался во многом схож с аккумуляцией этих элементов другими злаковыми культурами и, очевидно, обусловлен особенностью строения корневой системы и общим механизмом поглощения минеральных элементов. Сравнение полученных значений с контрольными индексами не выявило превышения ПДК. Однако уровень аккумуляции Pb и Zn в фитомассе кукурузы на 70,4 и 38,7%, а Co в 2,6 раза превышал фоновые значения.

Таблица 19

Содержание тяжелых металлов в пропашных культурах, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элементы					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
1	2	3	4	5	6	7	8	9
чернозем выщелоченный	кукуруза	початок	0,011	0,17	15,05	1,39	0,04	1,73
		стебель	0,017	0,26	11,85	2,38	0,25	31,75
		корень	0,070	2,98	29,05	5,25	1,98	114,58
		среднее	0,033	1,14	18,65	3,01	0,76	49,35
	подсолнечник	корзинка	0,139	0,20	37,45	14,30	0,15	5,92
		стебель	0,133	0,30	11,25	2,86	0,28	3,10
		корень	0,111	0,95	10,75	3,97	1,04	12,13
		среднее	0,128	0,48	19,82	7,04	0,49	7,05
чернозем типичный	кукуруза	початок	0,013	0,18	35,18	2,78	0,16	2,61
		стебель	0,043	1,49	16,65	9,31	0,50	70,28
		корень	0,133	4,07	32,45	12,38	2,29	123,72
		среднее	0,063	1,91	28,09	8,16	0,98	65,54
	подсолнечник	корзинка	0,103	0,26	30,90	15,63	0,20	12,53
		стебель	0,095	0,96	27,30	13,51	0,53	7,25
		корень	0,060	1,48	11,75	4,52	2,06	30,03
		среднее	0,086	0,90	23,32	11,22	0,93	16,60
чернозем южный	кукуруза	початок	0,014	0,14	38,48	1,38	0,59	2,65
		стебель	0,042	0,50	15,45	6,07	0,40	97,48
		корень	0,119	4,18	27,85	10,65	2,22	94,35
		среднее	0,058	1,61	27,26	6,03	1,07	64,83
чернозем южный	подсолнечник	корзинка	0,437	0,34	35,08	8,62	0,12	6,76
		стебель	0,055	0,50	4,00	1,91	0,22	3,56
		корень	0,129	0,91	10,75	2,30	0,71	10,13
		среднее	0,207	0,58	16,61	4,28	0,35	6,82
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*РФУ (для кукурузы)			0,28	0,67	13,44	8,25	0,29	56,49
*РФУ (для подсолнечника)			0,41	0,72	15,77	9,69	0,33	51,18

Примечание. * – по данным Н. М. Матвеева и др. (1997 г.).

В растениях подсолнечника выше фоновых параметров оказалось содержание Zn и Co (соответственно на 25,6 и 48,5%).

Анализы химического состава растений центральной зоны показали, что кукуруза, размещенная на черноземе типичном, поглощает на 90,9 % больше, чем в северной зоне, Cd, на 67,5% – Pb, на 50,6% – Zn, в 2,7 раза – Cu, в 1,3 раза – Co и 1,3 раза – Mn. По мнению авторов, это во многом связано с биологическими

особенностями растений и их реакцией на оптимизацию почвенной среды, поскольку с повышением значений pH хлеба второй группы способны значительно увеличивать поглотительную способность корневой системы. Аналогичные закономерности прослеживались и у подсолнечника. При отрицательной динамике по Cd, растения на 87,5% больше аккумулировали Pb, на 17,6% – Zn, на 59,3% – Cu, в 1,9 раза – Co и в 2,3 раза – Mn. Исследованиями выявлено, что, как и в северной зоне, подсолнечник в отличие от кукурузы, в 2,1 раза меньше поглощает высокотоксичного Pb, на 5,3% – Co и в 3,9 раза – Mn. Но в то же время эта культура на 36,5% больше накапливает такого канцерогена, как Cd. Очевидно, при относительно большой концентрации Cd в окружающей среде и стечении определенных обстоятельств, он начинает замещать один из биогенных элементов, входящих в состав липидов и жировых кислот, откладываемых подсолнечником.

Сравнение полученных результатов с контрольными параметрами показало, что, несмотря на увеличение концентрации тяжелых элементов в растениях подсолнечника, объемы Cd не превышают 28,6% от ПДК, Pb – 18,0%, Zn – 46,6%, Cu – 37,3%, Co – 93,0%, Mn – 83,0%, а в фитомассе кукурузы соответственно 21,0%, 38,2, 56,2, 27,2, 98,0 и 32,7% от ПДК. Выше фоновых значений в растениях подсолнечника оказалось содержание Pb – на 25,0%, Zn – на 47,8%, Cu – на 15,7%, а Co – в 2,8 раза. В кукурузе также превышение отмечено по Pb – в 2,8 раза, Zn – в 2,1 и Co – в 3,3 раза. По уровню накопления в фитомассе тяжелые элементы образуют убывающие ряды, аналогичные зоне чернозема выщелоченного: кукуруза – Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd, подсолнечник – Zn>Mn>Cu>Co>Pb>Cd.

Суммарный объем аккумуляции элементов в кукурузе степной зоны на черноземе южном был примерно равным с центральной зоной и составлял 100,85 мг на 1 кг сухой биомассы. У подсолнечника прослеживалась отрицательная динамика – 28,84 мг/кг против 37,92 мг/кг – на севере и 53,10 мг/кг – в центре области. Кукуруза южной зоны, по сравнению с растениями центральной зоны, поглощает в среднем на 8,6% меньше Cd, на 18,6% – Pb, 3,0% – Zn, 35,3% – Cu и 1,0% – Mn. Аналогичные закономерности прослеживались и в фитомассе подсолнечника с той разницей, что отрицательная динамика была большей и составляла по Pb – 55,1%, Zn – 40,3%, Cu – в 2,6 раза, Co – в 2,7 раза и Mn – в 2,4 раза.

По нашему мнению, это связано с недостаточным режимом увлажнения и, как следствие, глубоким проникновением корневых систем растений в почву, подъемом питательных веществ и влаги из горизонтов с более низким уровнем почвенной концентрации тяжелых элементов.

В то же время кукуруза степной зоны накапливает на 15,1% больше Co, что в 3,7 раза выше нормы и на 7,0% значений ПДК. Подсолнечник в 3,5 раза больше содержал Cd, однако его концентрация была на 31,0% ниже индекса ПДК и не превышала 0,207 мг/кг. Средний уровень аккумулирования Cd в растениях кукурузы был не более 19,3% от ПДК, Pb – 32,2%, Zn – 54,4%, Cu – 20,1%, Mn – 32,4%. В фитомассе подсолнечника накопление Pb находилось в пределах 11,6% от ПДК, Zn – 33,2%, Cu – 14,2%, Co – 35,0%, Mn – 3,4%. Превышение фоновых значений у изучаемых биотипов отмечалось по Zn и Co, а у кукурузы еще и по Pb и Mn. По уровню максимального содержания в растениях степной зоны тяжелые металлы образуют следующий ряд: кукуруза – Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd; подсолнечник – Zn>Mn>Cu>Pb>Co>Cd.

Исследованиями выявлено, что кукуруза и подсолнечник имеют разный характер локализации элементов в растительных тканях. Кукуруза, как и другие злаковые растения, основную часть поглощенных Cd, Pb, Cu, Co и Mn откладывает в корневой системе. В стебель и листья проникает в среднем около 22,5-30,6% поступивших металлотаксинов и только 1,5-10,7%, преодолев биологические барьеры, накапливается в початке. По Zn иная закономерность. Относительно большое количество этого биогенного элемента транспортируется в початок и в пределах 15,05-38,48 мг на 1 кг сухой биомассы концентрируется в зерне. Очевидно, Zn является важным катализатором при синтезе углеводов и контролирует накопление сахаров и крахмала в эндосперме. Причем наибольшее количество Zn отмечено в растениях центральной и южной зон, формирующих полноценное по качеству зерно кукурузы – 35,45 и 38,48 мг/кг, а наименьшее – на севере области – 15,05 мг/кг – в зоне лимитированного возделывания зерновой кукурузы.

Подсолнечник, так же как и кукуруза, часть Zn транспортирует в запасающие ткани. Но в отличие от злаковой культуры его концентрация в корзинке может в 2,6-3,5 раза превышать содержание в корневой системе и в 1,5-3,3 раза, а на юге в 8,8 раза –

накоплений в стеблях. Наряду с Zn, в корзинке подсолнечника идет интенсивная аккумуляция еще одного биоэлемента, участвующего в метаболических реакциях и, очевидно, контролирующего отложение липидов, Cu – до 8,62-14,30 мг/кг, что в 3,5-3,8 раза выше значений корневой зоны и в 1,2-5,0 раза – стеблевых индексов. Кроме Zn и Cu, в соцветия подсолнечника активно мигрирует и Mn, достигая средней концентрации 5,92-12,53 мг/кг. При этом по объему его накопления органы растений образуют четкий убывающий ряд: корзинка>корень>стебель.

Экспериментами установлено, что наряду с относительно безопасными Zn, Cu и Mn, подсолнечник на всех подтипах черноземов способен в значительных количествах транспортировать в соцветия и высокотоксичный канцероген – Cd – до 0,103-0,437 мг/кг. Причем максимальную концентрацию этого элемента имели корзинки, полученные в южной зоне. Высокий уровень поступления Cd в репродуктивные органы подсолнечника может быть связан с засушливым типом погодных условий в годы исследований, особенностью транспирации почвенной влаги, поглощением минеральных веществ и их продвижением в тканях растений, а так же возможным его синергизмом с Zn.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать заключение, что по объему аккумулирования тяжелых металлов кукуруза в условиях Самарского Заволжья превосходит подсолнечник. По абсолютному количеству в фитомассе кукурузы элементы образуют следующий убывающий ряд: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd; подсолнечника – Zn>Mn>Cu>Pb>Co>Cd. Уровень концентрации тяжелых металлов в биотипах, за исключением Co не превышает ПДК. Повышенное содержание Co имеет кукуруза южной зоны. Выше фоновых значений в локальных условиях кукуруза способна накапливать Pb, Zn, Cu, Co и Mn, а подсолнечник Pb, Zn, Cu и Co. Максимальное количество Cd, Pb, Cu и Mn кукуруза локализует в корневой системе. Значительные объемы поглощенных подсолнечником Cd, Zn, Cu и Mn, а кукурузой и Zn могут мигрировать в генеративные части растений.

6.7. Коэффициенты накопления и вынос тяжелых металлов с урожаем воздушно-сухой массы

Важным показателем, характеризующим интенсивность поступления тяжелых металлов в биологические объекты и степень их доступности является коэффициент накопления (Кн), который, по данным Р. В. Галиулина и др. (2008), Р. А. Колчанова и др. (2008), Р. Г. Ильясова и др. (2010), Р. Б. Шарифзянова и др. (2011), рассчитывается по формуле:

$$Кн = Ср/Сп,$$

где *Ср* и *Сп* – концентрация элемента в золе сравниваемого растительного объекта и в почве.

Проведенные расчеты показали, что наибольшие индексы Кн на всех изучаемых типах почв имеет Zn – Кн = 23,9-82,9 и Cu – Кн = 4,3-80,1, а наименьшее Mn – Кн = 0,31-2,53 и Cd – Кн = 0,27-6,90. На черноземе выщелоченном более интенсивно Cd поступал в растения подсолнечника – Кн = 1,08, что почти в 2,0-4,0 раза выше параметров других культур. Pb активно аккумулировался ячменем и яровой пшеницей – Кн = 4,02 и Кн = 2,02. Эти биотипы также эффективно поглощали Zn – Кн = 82,9-81,0 и Co – Кн = 2,04-2,28 (табл. 20).

Интенсивность поступления Cu в ткани подсолнечника в 1,4-2,6 раза превышала параметры зерновых и крупяных культур, а Mn – наоборот, была минимальной, в то время, как озимые хлеба, гречиха и кукуруза имели повышенные значения накопления этого металла.

На черноземе типичном Cd активно накапливался подсолнечником, просом и соей (Кн = 1,08-1,62), Pb – ячменем и кукурузой (Кн = 3,74 и Кн = 4,98). Zn – овсом и яровой пшеницей (Кн = 53,3 и Кн = 47,1). Co – кукурузой и подсолнечником (Кн = 8,16 и Кн = 7,75), а Mn – кукурузой (Кн = 1,22). Для Cu характерным являлось ее усиленная аккумуляция всеми растениями по сравнению с северной зоной в среднем в 4,2-71,1 раза (до Кн = 18,1-80,1).

В степной зоне на черноземе южном заметно усиливалась интенсивность поступления практически во все растения Cd – до Кн = 1,33-3,60 и снижалась Co – до Кн = 0,35-3,03. Особенно активно Cd поглощался подсолнечником, просом, яровой твердой пшеницей, горохом, ячменем. Из зерновых культур относительно

высокой интенсивностью поступления Cd, Pb, Zn, Co и Mn отличалась яровая твердая пшеница, в среднем 1,5-2,4 раза по сравнению с мягкой пшеницей. Зерновые хлеба второй группы (просо, кукуруза) наряду с высокими значениями Cd имели и максимальные индексы Кн по Zn и Cu, соответственно: 52,4; 64,9 и 70,1; 60,3.

Таблица 20

Коэффициенты накопления, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Элементы					
		Cd	Pb	Zn	Си	Co	Mn
чернозем выщелоченный	озимая рожь	0,55	1,69	30,1	4,3	1,48	1,09
	озимая пшеница	0,45	1,78	45,7	4,7	1,42	1,36
	яровая мягкая пшеница	0,53	2,02	81,0	6,9	2,28	0,77
	ячмень	0,35	4,02	82,9	7,9	2,04	0,94
	овес	0,38	1,00	78,6	7,4	1,62	0,94
	горох	0,50	1,24	75,2	7,8	1,02	0,76
	гречиха	0,57	0,74	64,1	6,5	0,91	1,11
	кукуруза	0,27	1,65	54,8	4,7	1,68	1,32
	подсолнечник	1,08	0,69	58,2	11,2	1,08	0,18
чернозем типичный	озимая пшеница	0,68	1,43	33,2	20,7	5,08	0,66
	озимая тритикале	0,82	1,52	36,3	21,9	5,00	0,53
	яровая мягкая пшеница	0,56	1,45	47,1	25,0	3,25	0,49
	ячмень	0,48	4,98	41,2	29,3	4,66	0,49
	овес	0,90	1,37	53,3	34,7	5,41	0,48
	горох	0,54	1,25	37,2	25,2	2,41	0,50
	соя	1,08	1,05	35,0	31,5	3,16	0,48
	гречиха	0,68	0,74	25,9	18,1	2,41	0,58
	просо	1,27	1,50	45,8	67,7	5,25	0,66
	кукуруза	0,85	3,74	48,3	58,3	8,10	1,22
	подсолнечник	1,62	1,76	40,2	80,1	7,75	0,31
чернозем южный	озимая пшеница	2,23	1,08	44,7	18,9	1,39	1,23
	яровая мягкая пшеница	1,33	1,20	53,3	29,6	1,25	0,90
	яровая твердая пшеница	2,33	2,10	24,1	21,6	2,96	1,37
	ячмень	2,16	2,08	40,3	28,1	3,03	1,25
	овес	1,53	0,90	23,9	27,4	1,00	1,11
	горох	2,66	1,46	43,4	26,0	0,89	0,94
	просо	3,60	1,94	52,4	70,1	1,67	1,17
	кукуруза	1,90	3,22	64,9	60,3	0,35	2,53
	подсолнечник	6,90	1,16	39,5	42,8	1,00	0,65

На всех типах почв высокие коэффициенты накопления Cd отмечались у подсолнечника, Pb – у яровой пшеницы, ячменя и

кукурузы, Co – у яровой пшеницы, Mn – у кукурузы, а Cu – у проса.

Для прогнозирования динамики содержания тяжелых металлов в агроландшафтах сделан расчет возможного выноса химических элементов с урожаем 1 ц воздушно-сухой массы. При этом исходили из того, что запасы аккумулированных металлов в корневой системе остаются в почве и не включаются в пищевые цепочки и большой биологический кругооборот. Теоретически с урожаем могут быть отчуждены только элементы, содержащиеся в надземной биомассе.

Расчеты показали, что больше всего из пахотного горизонта на всех типах почв с урожаем сухой фитомассы извлекается Mn – 451-5007 мг/ц и Zn – 694-3008 мг/ц, а наименьшее – Cd – 2,1-24,6 мг/ц (табл. 21). При этом максимальное количество высокотоксичного Cd во всех зонах области выносилось подсолнечником, а минимальное – кукурузой.

Вынос Pb на севере области варьировал от 19,0 до 230 мг/ц, в центре – от 31,0 до 206 мг/ц, а на юге от 22,0 до 68 мг/ц.

Максимальные объемы Pb в условиях чернозема выщелоченного и типичного отчуждались с урожаем ячменя, а на черноземе южном – с проса. По концентрации Zn в северной зоне лидировали горох – 2483 мг/ц и подсолнечник – 2435 мг/ц, в центре – яровая пшеница – 3008 мг/ц, подсолнечник и овес 2910-2965 мг/ц, на юге – кукуруза – 2697 мг/ц.

Мощным аккумулятором Cu во всех агроклиматических зонах Самарского Заволжья являлась биомасса подсолнечника и проса – 858-1457 и 644-846 мг/ц. Причем максимальное изъятие этих элементов из почвы всеми изучаемыми биотипами наблюдали на черноземе типичном. Наибольшее количество Co в северной зоне выносилось ячменем – 58 мг/ц и озимой пшеницей – 42 мг/ц, в центральном – просм и подсолнечником – 38 и 37 мг/ц, а в южной – яровой твердой пшеницей – 59 мг/ц и кукурузой 50 мг/ц.

Высокий объем отчуждения Mn надземной фитомассой на черноземе выщелоченном был характерен для озимой пшеницы, гречихи и гороха – 3022-3780 мг/ц, на типичном – для кукурузы, сои и гороха – 2757-3645, а на южном – для гороха и кукурузы – 2517 и 5007 мг/кг. Подсолнечник, наоборот, отличался относительно небольшим накоплением Mn в надземных органах – 451-989 мг/ц. Суммарный вынос металлов по биотипам северной

зоны варьировался в пределах 3246-6044 мг/ц, в центральной – 3937-6962 мг/ц, а в южной – 3081-8162 мг/ц. Стабильно высокие индексы аккумуляции элементов в надземной фитомассе во всех агрозонах имели хлеба второй группы: кукуруза и просо, а также горох и яровая пшеница. Умеренным накоплением металлов отличались озимая пшеница, ячмень и соя, а относительно низким – овес, гречиха, озимая рожь и озимая тритикале.

Таблица 21

Вынос тяжелых металлов с урожаем надземной воздушно-сухой массы, мг на 1 ц, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Элементы						
		Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn	Σ
чернозем выщелоченный	озимая рожь	4,6	19	919	197	29	2364	3532
	озимая пшеница	3,5	48	1499	217	42	3789	5598
	яровая мягкая пшеница	3,7	22	2380	277	30	2597	5310
	ячмень	2,9	230	2407	378	58	2523	5598
	овес	17,8	20	2305	303	23	2311	4978
	горох	4,9	40	2483	460	35	3022	6044
	гречиха	4,1	33	1900	346	31	3168	5482
	кукуруза	1,4	22	1345	189	15	1674	3246
	подсолнечник	13,6	25	2435	858	22	451	3804
чернозем типичный	озимая пшеница	4,6	50	2052	227	37	2671	5042
	озимая тритикале	5,3	38	2050	235	17	1770	4115
	яровая мягкая пшеница	3,7	66	3008	373	22	2336	5809
	ячмень	2,5	206	1791	340	29	1775	4143
	овес	4,6	24	2965	398	28	1460	4879
	горох	2,1	31	2114	320	23	2801	5291
	соя	5,5	36	1744	375	28	2757	4946
	гречиха	2,9	24	1328	221	22	2341	3939
	просо	7,5	46	2423	846	38	2313	5673
	кукуруза	2,8	84	2592	605	33	3645	6962
	подсолнечник	9,9	61	2910	1457	37	989	5464
чернозем южный	озимая пшеница	5,1	29	1698	126	26	2385	4269
	яровая мягкая пшеница	3,2	46	2145	294	19	1963	4470
	яровая твердая пшеница	5,2	42	926	135	59	2343	3510
	ячмень	5,3	22	1500	156	35	1708	3426
	овес	3,4	26	694	252	23	2317	3315
	горох	4,4	44	1734	230	20	2517	4549
	просо	9,1	68	2037	644	23	1938	4719
	кукуруза	2,8	32	2697	373	50	5007	8162
	подсолнечник	24,6	42	1954	527	17	516	3081

Наиболее высокие индексы накопления в фитомассе изучаемых культур в агроценозах Самарского Заволжья имеет Zn – Кн=23,9-82,9 и Cu – Кн=4,3-80,1, а минимальные Mn – Кн=0,31-2,53 и Cd – Кн=0,29-6,90. Максимальную концентрацию в воздушно-сухом веществе надземной массы изучаемых видов растений имеют Mn – 451-5007 мг/ц и Zn – 694-3008 мг/ц, а наименьшую – Cd – 2,1-24,6 мг/ц. При расчете возможного изъятия тяжелых металлов из почвы с урожаем фитомассы можно использовать коэффициенты выноса, приведенные в таблице 21.

6.8. Корреляционная зависимость содержания тяжелых металлов в системе «почва – биомасса растений»

Математический анализ зависимости объемов аккумуляции металлов в растениях озимой ржи от их содержания в почве выявил, что поступление Cd, Pb, Zn, Co и Mn в сильной (r = 0,89-0,99), а Cu – в средней (r = 0,58) степени, определяется наличием этих элементов в пахотном горизонте (табл. 22).

Аккумуляция элементов озимой тритикале во многом схожа с озимой рожью, с той разницей, что средняя связь рассматриваемых факторов прослеживается по Mn – r=0,50 и практически отсутствует по Cu – r=-0,99. Сильная корреляционная зависимость у озимой пшеницы в годы исследований отмечалась по Pb – r = 0,98 и Zn – r = 0,83 и очень слабая – по Co, Mn и Cd. Миграция токсикантов в фитомассу яровой мягкой пшеницы во многом зависит от их наличия в почве, за исключением Zn, коэффициент корреляции которого не превышал r = 0,16. У яровой твердой пшеницы, наоборот, уровень поступления Zn, Cu, Co, и Mn определялся почвенными запасами, и полностью отсутствовала зависимость признаков по Cd (r = -0,98). У ячменя и овса средние коэффициенты корреляции были по Pb – r = 0,64 и r = 0,51. По отношению к Cu и Co ячмень стоял ближе к яровой пшенице (r = 0,84 и r = 0,94). У овса индексы корреляции этих металлов не превышали r = 0,50 и r = 0,18. Практически не прослеживаются связи у зернофуражных культур по Cd и Mn. Общим для гороха и сои являлось то, что наличие Pb и Co в почве определяли и уровень их накопления в биомассе (r = 0,89-0,98; r = 0,77-0,99) и отсутствие корреляционных связей по Cd (r = -0,50).

Таблица 22

Зависимость поступления тяжелых металлов в растения от их содержания в почве, 2008-2010 гг.

Культура	Элементы											
	Cd		Pb		Zn		Cu		Co		Mn	
	r	уравнение регрессии	r	уравнение регрессии	r	уравнение регрессии	r	уравнение регрессии	r	уравнение регрессии	r	уравнение регрессии
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
озимая рожь	0,99	y=1,25x+ +(-0,08)	0,93	y=1,5x+ +(-0,37)	0,89	y=1x+9,91	0,58	y=0,52x+ +2,35	0,98	y=0,64x+ +0,38	0,99	y=0,05x+ +38,96
озимая тритика-ле	0,94	y=0,83x+0	0,92	y=1,64x+ +(-0,06)	0,89	y=1,21x+ +20,42	-0,99	y=-1,25x+ +3,25	1,00	y=0,68x+ +0,52	0,50	y=0,05x+ +26,05
озимая пшеница	-0,80	y=0,16x+ +0,07	0,98	y=3,25x+ +(-1,02)	0,83	y=13,73x+ +11,69	0,59	y=1,18x+ +2,24	0,13	y=0,11x+ +0,52	0,10	y=0,07x+ +36,73
яровая мягкая пшеница	0,90	y=0,26x+ +0,03	0,99	y=3,97x+ +(-1,35)	0,16	y=3,79x+ +24,06	0,95	y=2,31x+ +2,94	0,85	y=1,96x+ +0,04	0,52	y=0,1x+ +22,17
яровая твердая пшеница	-0,98	y=0,64x+ +0,09	0,42	y=0,04x+ +1,01	1,00	y=1,79x+ +9,39	1,00	y=0,6x+ +2,1	0,99	y=1,18 x+0,5	0,99	y=0,1x+ +32,62
ячмень	-0,75	y=-0,26x+ +0,07	0,64	y=5,67x+ +(-1,11)	-0,19	y=-9,02x+ +27,1	0,85	y=3,2x+ +3,05	0,94	y=1,08x+ +0,48	-0,71	y=-0,23x+ +40,07
овес	0,10	y=0x+0,05	0,51	y=0,67x+ +0,23	0,37	y=33,69x+ +7,43	0,50	y=1,98x+ +3,52	0,18	y=0,27x+ +0,47	-0,42	y=-0,16x+ +35,81
горох	-0,50	y=-0,23x+ +0,08	0,89	y=0,92x+ +0,22	-0,38	y=-11,46x+ +26,98	0,95	y=4,01x+ +2,58	0,77	y=0,52x+ +0,18	0,52	y=0,09x+ +23,06

Окончание табл. 22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
соя	-0,50	y=-0,17x+ +0,09	0,98	y=1,23x+ +(-0,09)	1,00	y=1,64x+ +19,4	-0,98	y=-0,75x+ +4,52	0,99	y=1,25x+ +0,23	-1,00	y=-0,1x+ +31,13
гречиха	1,00	y=3,86x+ +0,21	0,98	y=0,72x+ +0,02	-1,00	y=-28,17x+ +31,38	0,97	y=3,12x+ +2,09	0,90	y=0,36x+ +0,25	-1,00	y=-0,63x+ +64,74
просо	-1,00	y=-0,32x+ +0,13	-1,00	y=-1,11x+ +1,54	-1,00	y=-19,17x+ +33,13	0,98	y=0,54x+ +6,28	0,97	y=0,48x+ +0,41	-1,00	y=-0,36x+ +49,17
кукуруза	-0,78	y=-0,28x+ +0,07	-0,90	y=-3,28x+ +3,42	0,81	y=34,46x+ +9,16	-0,88	y=-7,73x+ +7,97	-0,70	y=-0,68x+ +1,13	0,13	y=0,08x+ +56,81
подсол-нечник	-0,64	y=-0,9x+ +0,2	-0,65	y=-1,33x+ +1,41	0,67	y=18,49x+ +11,6	-0,05	y=-0,59x+ +7,68	-0,71	y=-1,31x+ +0,96	0,92	y=0,37x+ +(-4,17)

Соя в отличие от гороха менее толерантна к почвенным запасам Zn (r = 1,00), а горох к Cu (r = 0,95) и Co (r = 0,77). Крупяные культуры (гречиха и просо) сходны по отношению к Cu и Co.

Уровень концентрации этих металлов в почве определяет миграцию в растения (r = 0,9-0,98). У гречихи зависимость проявляется еще и по отношению к Cd (r = 1,00) и Pb (r = 0,98), а у проса, наоборот, отмечалась отрицательная связь признаков (r = -1,00).

Характерным для пропашных культур (кукурузы и подсолнечника) являлось наличие устойчивых связей по Zn (r = 0,84 и r = 0,67), у подсолнечника еще по Mn (r = 0,92).

Таким образом, по результатам исследований можно сделать заключение, что уровень аккумуляции металлов в почве во многом определяет их содержание в биомассе зерновых культур (озимой рожи, озимой тритикале, яровой мягкой пшенице, яровой твердой пшенице), в меньшей степени зернобобовых (горохе, сое), крупяных (гречихе, просе) и пропашных (кукурузе, подсолнечнике).

7. Влияние минеральных удобрений и опал-кристобалитовой породы (опоки) на аккумуляцию тяжелых металлов почвой и растениями земляникой садовой

7.1. Фенологические наблюдения вегетационного периода земляники садовой

Данные фенологических наблюдений за развитием земляники показали, что ранними сроками характеризуется сорт Хоней, фаза 3-4 настоящих листьев фиксируется с 25 апреля по 3 мая, что на 5-7 дней раньше, чем у сорта Эльсанта и на 9-10 дней, чем у сорта Мармолада.

В дальнейшем различия по срокам развития сортов земляники сохраняются. Плодоношение у растений сорта Хоней наступает с 29 мая по 28 июня, тогда как позднеспелый сорт Мармолада плодоносит с 8 июня по 5 июля, Эльсанта с 6 июня по 7 июля.

По срокам фенологического развития средним является сорт Эльсанта, развитие растений сорта Хоней происходило на 5-7 дней раньше, а плодоношение растений сорта Мармолада наступало на 7-10 дней позже (табл. 23). Количество ягоды у сорта Хоней достигает 400 г с куста, Эльсанта – 400-700 г, у сорта Мармолада – до 600 г.

Земляника является высокодоходной культурой при урожайности 5 т/га и более [25]. У изученных сортов этот показатель был превышен: у растений сорта Хоней в 2,18 раза, сорта Эльсанта в 2,38 раза, сорта Мармолада в 2,60 раза. Это означает, что производство ягод изученных сортов земляники является эффективным.

Максимальные показатели отмечены в первый год плодоношения, в последующие годы урожайность культуры снижалась у всех изученных сортов. Это объясняется возвратными весенними заморозками, которые повторялись в годы исследований в период цветения земляники. От этих заморозков особенно страдают ранние сорта [107]. Цветки растений сорта Хоней из-за раннего периода цветения частично повреждались и урожайность была ниже, чем у земляники сортов Эльсанта и Мармолада.

Сорт Мармолада отличается более высокой урожайностью (табл. 24).

Таблица 23

Фенология развития перспективных сортов земляники садовой в южной зоне Самарской области, 2011-2013 гг.

Фенофаза	Сорт		
	Хоней	Эльсанта	Мармолада
3-4 настоящих листьев	25.04-3.05	28.04-7.05	6.05-13.05
Начало появления цветоносов (начало бутонизации)	27.04-7.05	3.05-12.05	11.05-20.05
Массовое появление цветоносов (массовая бутонизация)	2.05-12.05	8.05-18.05	15.05-24.05
Начало цветения	5.05-16.05	11.05-23.05	19.05-29.05
Массовое цветение	10.05-23.05	17.05-30.05	24.05-6.06
Рост и созревание ягод	18.05-2.06	25.05-10.06	1.06-17.06
Плодоношение	29.05-28.06	6.06-7.07	8.06-5.07
После скашивания 3-4 настоящих листьев	7.07-9.11	17.07-14.11	15.07-20.11
Состояние покоя (анабиоз)	7.11	11.11	15.11

Таблица 24

Урожайность перспективных сортов земляники садовой, т/га

Сорт (срок созревания)	Годы исследований				Среднее	Контроль [6]
	2010	2011	2012	2013		
Хоней (ранний)	4,7	12,0	9,9	10,8	9,35	16,7-18,9
Эльсанта(средний)	4,9	13,5	11,5	10,9	10,2	15,1-19,2
Мармолада (поздний)	6,3	14,2	12,8	12,0	11,3	15,5-18,4

Контролем служили рекомендованные для промышленных насаждений районированные для Среднего Поволжья сорта земляники садовой: раннего срока созревания Фея, среднего Фестивальная, позднего Зенга Зенгана [59]. Значения урожайности были ниже контрольных значений в годы исследований у изученных сортов – Хоней в 1,9 раза, Эльсанта в 1,7 раза, Мармолада в 1,5 раза. По данным урожайности среди изученных сортов более высокой урожайностью отличался сорт Мармолада. Это свидетельствует о сортовых особенностях развития растений, когда, несмотря на влияние погодных условий, сохраняются различия в урожайности. Вероятно, более поздние сроки цветения способствовали сохранению урожая растений сорта Мармолада. Урожайность сортов в 1 год плодоношения в проводимых исследованиях была выше,

чем указано в литературных источниках [68, 69]. В более урожайный 2011 год сорт Хоней показывал более высокую урожайность, но она была ниже, чем у сортов Эльсанта и Мармолада. Благоприятные условия 2011 года были связаны с меньшим вымерзанием растений вследствие выпадения большего количества осадков в зимний период и создания высокого снежного покрова. Таким образом, возделывание сортов разного срока созревания позволяет увеличить период получения ягодной продукции. Преимущество выращивания в степной зоне Заволжья имеет поздний сорт Мармолада, так как в период цветения не испытывает действия заморозков, в отличии от раннего сорта Хоней.

7.2. Влияние минеральных удобрений и опоки на содержание валовой и подвижной формы тяжелых металлов в почвах опытного участка

Контроль над содержанием тяжелых металлов проводился поэтапно на каждой стадии развития растений. Значения валовой формы тяжелых металлов находится ниже установленных ПДК (табл. 25). Превышение фоновых значений в 1,12 раза выявлено по высокотоксичному свинцу на контрольном варианте опыта, при внесении минеральной подкормки происходит снижение в 1,3 раза в сравнении с контролем, добавление к удобрениям опоки способствует уменьшению токсиканта в 1,68 раза. Геохимический индекс почвы:

$$\frac{Pb_{(1,12)}}{Cu_{(0,56)}\quad Fe_{(0,48)}\quad Mn_{(0,46)}\quad Zn_{(0,43)}\quad Cd_{(0,39)}\quad Cr_{(0,08)}}$$

Свинец относится к числу накапливающихся элементов. Медь, железо, марганец, кадмий и хром – элементы, рассеивающиеся в почве исследуемого агроландшафта. Внесение минеральной подкормки, в сравнении с контролем, способствует понижению концентрации валовой формы кадмия и меди в 1,0 раз, меди, марганца и железа – в 1,1 раза, хрома – в 1,5 раза. В фазу цветения и плодоношения увеличивается концентрация валовой формы меди на варианте с использованием минеральной подкормки, что связано с уменьшением поступления ее в растения. Для характеристики доступности элементов для растений наиболее значимы подвижные формы элементов.

Таблица 25

Содержание валовой формы тяжелых металлов в почве под участками земляники садовой сорта Эльсанта по фазам развития, мг/кг

Варианты опыта	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Cr	Fe
Фаза 3-4 настоящих листьев							
Контроль	0,33	12,7	16,4	36,4	357	16,2	14578
+ Минеральные удобрения	0,3	11,6	16,1	36,6	384	7,94	15412
+ Минеральные удобрения + Опока	0,31	7,01	14	32,8	312	9,08	16477
Фаза Бутонизации							
Контроль	0,32	12,7	13,7	36,4	338	12	15785
+ Минеральные удобрения	0,32	11,2	16,4	36,6	371	13,2	14704
+ Минеральные удобрения + Опока	0,31	7,01	14	32,8	312	9,08	16477
Фаза Цветения							
Контроль	0,3	12,2	15,1	36,4	330	8,2	14445
+ Минеральные удобрения	0,35	7,46	19	36,4	340	11,9	18383
+ Минеральные удобрения + Опока	0,32	7,45	16,5	33	332	7,02	15320
Фаза Плодоношения							
Контроль	0,33	12,6	14,4	36,4	384	15,3	12752
+ Минеральные удобрения	0,35	8,25	17,6	36,4	348	7,18	21004
+ Минеральные удобрения + Опока	0,31	7,16	13,6	32,8	322	8,51	16987
ФОН [9]	0,82	11,2	26,5	75,5	687,7	102	33592
ПДК[8]	2	30	55	100	1500	100	-

Установленные концентрации подвижных форм элементов не превышают установленных ПДК (табл. 26). По рассчитанным значениям коэффициентов концентрации (Кс) подвижной формы в почве изученные металлы представлены следующим убывающим рядом:

$$Cd_{(1,14)}\ Pb\ (_{0,15)}\ Cu_{(0,06)}\ Mn_{(0,04)}\ Cr_{(0,03)}\ Zn_{(0,02)}.$$

Процент подвижности элементов увеличивается при внесении в почву минеральной подкормки в сравнении с контрольным вариантом: Cu – в 1,0 раза, Mn – в 1,1 раза, Cr – в 1,7 раза; при добавлении опоки Cd – в 1,24 раза, Pb – в 1,52 раза, Zn – в 1,22 раза. Фоновые значения изученных тяжелых металлов превышены по кадмию. Внесение минеральной подкормки и добавление опоки не ограничивало подвижность токсиканта. Максимальные значения подвижного кадмия в почве обнаружены в фазу плодоношения земляники. Значения подвижной формы свинца минимальны в фазу 3-4 настоящих листьев, на варианте с внесением минеральных удобрений они ниже контрольного в 1,78 раза, при добавлении опоки происходит снижение в 1,2 раза. В фазу бутонизации на всех вариантах опыта происходит уменьшение концентрации подвижного свинца в среднем в 1,18 раза. Увеличение значений подвижной формы свинца в 2,1 раза обнаруживалось в фазу цветения на варианте с внесением минеральной подкормки. В фазу плодоношения концентрация подвижного свинца в почве уменьшается в сравнении с началом вегетации в 1,25 раза.

Концентрация подвижной формы меди в почве снижается в процессе развития земляники садовой. Внесение минеральных удобрений способствует повышению значений подвижной меди в почве в фазу цветения растений. На варианте с внесением опоки обнаруживается незначительное – в 1,0 раза, снижение подвижной меди в сравнении с контролем. Концентрация подвижного цинка снижается на вариантах с внесением минеральных удобрений и дополнительным внесением опоки в 2,0 и 1,76 раза соответственно. Максимальные значения подвижного цинка обнаруживается в фазу 3-4 настоящих листьев, в фазу бутонизации происходит снижение концентрации в 1,5 раза, в фазы цветения и плодоношения в 1,18 и 1,40 раза, соответственно в сравнении с началом вегетации. Значение подвижной формы марганца в средних значениях в процессе вегетации растений не изменяется.

Таблица 26

Содержание подвижной формы тяжелых металлов (*экстрагент ацетатно-аммонийный буфер pH 4,8*) в почве под участками земляники садовой сорта Эльсанта по фазам развития, мг/кг

Варианты опыта	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Cr
Фаза 3-4 настоящих листьев						
Контроль	0,05	0,41	0,23	0,87	20,1	0,87
+ Минеральные удобрения	0,04	0,23	0,16	0,25	21,2	2,09
+ Минеральные удобрения + Опока	0,05	0,34	0,18	0,44	19,3	0,89
Фаза Бутонизации						
Контроль	0,04	0,37	0,17	0,44	18,4	1,46
+ Минеральные удобрения	0,04	0,18	0,22	0,34	28,5	2,1
+ Минеральные удобрения + Опока	0,05	0,28	0,14	0,27	13,7	0,77
Фаза Цветения						
Контроль	0,04	0,3	0,17	0,58	21,5	1,76
+ Минеральные удобрения	0,05	0,38	0,23	0,31	17,4	2,25
+ Минеральные удобрения + Опока	0,05	0,33	0,22	0,44	23	0,93
Фаза Плодоношения						
Контроль	0,04	0,29	0,19	0,58	21,5	2,08
+ Минеральные удобрения	0,06	0,2	0,21	0,3	27,6	1,82
+ Минеральные удобрения + Опока	0,06	0,29	0,16	0,25	13,2	1,6
ФОН [9]	0,04	2,25	3	24,98	493,07	49,64
ПДК [8]	2	6	3	23	100	6

Наибольшее значение выявлено в фазу бутонизации на варианте с внесением минеральных удобрений. Этот же фон способствует накоплению в почве подвижного марганца в 1,1 раза больше, чем на контроле. При внесении опоки происходит снижение концентрации элемента в 1,1 раза по сравнению с контрольным вариантом. Аналогичная закономерность выявлена в отношении подвижной формы хрома. На варианте с внесением минеральных удобрений превышение в сравнении с контролем составило 1,3 раза, снижение при добавлении опоки – 1,4 раза. Максимальная концентрация подвижного хрома в почве обнаружена в фазу плодоношения земляники. На контрольном варианте опыта концентрация хрома в почве повышается в 2,39 раза.

Сорт Хоней. В процессе развития земляники садовой концентрация химических элементов изменяется в зависимости от фазы развития растений. На всем протяжении развития валовые значения тяжелых металлов находятся в пределах ПДК (табл. 27). В почве участков под сортом Хоней активно накапливается кадмий (Кк=2,33). Коэффициент накопления показывает, что близко к фоновому уровню содержание свинца (Кс=1,03).

В фазу 3-4 настоящих листьев валовые значения изученных элементов различны на заданных вариантах опыта. На варианте с внесением опоки значения кадмия выше контрольных в 1,24 раза, свинца ниже в 1,7 раза, на варианте с внесением минеральных удобрений содержание Pb выше контроля в 1,00 раза. Концентрация меди на варианте с опокой равна контролю, при внесении минеральных удобрений значения Cu выше контрольного в 1,1 раза. Содержание цинка не изменяется при внесении минеральных удобрений, но понижается в 1,16 раза на варианте с опокой. Значения валовой формы марганца уменьшается в сравнении с контролем при внесении минеральных удобрений в 1,08 раза, опоки в 1,11 раза. Валовый Cr превышен на варианте с опокой в 2,00 раза. Содержание железа уменьшается при внесении минеральных удобрений и опоки в 1,00 и 0,99 раза соответственно. В фазу бутонизации растений значения валовой формы кадмия не изменяются.

Концентрация свинца уменьшается на контроле в 1,12 раза, на варианте с внесением минеральных удобрений незначительно снижается – в 1,00 раза, с внесением опоки повышается в 1,00 раза.

Таблица 27

Содержание валовой формы тяжелых металлов в почве под участками земляники садовой сорта Хоней по фазам развития, мг/кг

Варианты опыта	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Cr	Fe
Фаза 3-4 Настоящих Листьев							
Контроль	0,25	13,0	17,2	36,9	333,0	6,31	15580
+ Минеральные удобрения	0,29	13,4	19,0	36,8	306,0	6,72	15512
+ Минеральные удобрения + Опока	0,31	7,5	17,2	31,7	299,0	12,6	15633
Фаза Бутонизации							
Контроль	0,29	11,6	16,8	36,8	393,0	8,3	11777
+ Минеральные удобрения	0,29	13,0	16,8	36,6	368,0	11,0	11562
+ Минеральные удобрения + Опока	0,31	11,9	14,8	33,4	337,0	9,63	13324
Фаза Цветения							
Контроль	0,35	10,5	18,9	36,8	395,0	11,6	17636
+ Минеральные удобрения	0,32	13,0	17,9	36,8	381,0	9,31	14064
+ Минеральные удобрения + Опока	0,30	12,9	15,6	32,9	366,0	7,21	13897
Фаза Плодоношения							
Контроль	0,33	8,4	18,7	36,6	391,0	7,64	12318
+ Минеральные удобрения	0,31	11,4	16,5	36,6	371,0	8,32	14415
+ Минеральные удобрения + Опока	0,28	11,3	14,0	33,3	356,0	8,55	13677
ФОН [9]	0,82	11,2	26,5	75,5	687,7	102	33592
ПДК[8]	2	30	55	100	1500	100	-

На всех вариантах опыта происходит снижение валовой формы меди: на контроле – в 1,00 раза, с минеральными удобрениями – в 1,13 раза, с внесением опоки – в 1,16 раза. Значения цинка увеличиваются на варианте с внесением опоки в 1,05 раза, на контроле и при внесении минеральных удобрений эти показатели не изменяются в сравнении с предыдущей фазой развития растений. Значения марганца незначительно понижаются на контрольном варианте, но повышаются при внесении минеральных удобрений в 1,20 раза, опоки – в 1,12 раза.

При переходе к фазе цветения у растений земляники садовой сорта Хоней снижается содержание валового кадмия на контрольном варианте и при внесении опоки, повышается при внесении минеральных удобрений в 1,10 раза. Валовая форма свинца снижается на контрольном варианте в 1,1 раза, на варианте с минеральными удобрениями не изменяется, в 1,08 раза повышается при внесении опоки. Содержание меди повышается на контроле и при внесении минеральных удобрений в 1,06 раза, опоки – в 1,05 раза. Значение марганца повышается на всех вариантах опытов в 1,00 раза. Аккумуляция хрома снижается на контроле в 1,03 раза, при внесении минеральных удобрений в 1,18 раза, опоки в 1,03 раза. Отмечены изменения в содержании железа: на контроле понижено в 1,01 раза, повышено при внесении минеральных удобрений и опоки в 1,21 и 1,04 раза соответственно. В фазу плодоношения отмечается снижение содержания кадмия при внесении опоки в 1,07 раза, свинца в 1,14 раза. Концентрация свинца понижается при внесении минеральных удобрений в 1,14 раза, на контроле в 1,25 раза. На всех изученных вариантах снижается концентрация валовой формы меди: на контрольном – в 1,00 раза, с внесением минеральных удобрений и опоки – в 1,08 и 1,14 раза соответственно. На контрольном варианте и при внесении минеральных удобрений снижается концентрация цинка в 1,00 раза, на варианте с внесением опоки повышается в 1,00 раза. Концентрация марганца не изменяется на контроле, при внесении опоки и минеральных удобрений снижается в 1,02 раза. Значения валовой формы хрома не изменяются на контрольном варианте, уменьшается при внесении минеральных удобрений в 1,12 раза и увеличивается при внесении опоки в 1,18 раза. Содержание железа понижается на контроле и при внесении опоки в 1,02 и 0,98 раза соответственно, увеличивается на варианте при внесении минеральных удобрений

в 1,02 раза. Значения подвижных форм изученных химических элементов не превышает установленных ПДК и фоновых концентраций (табл. 28).

Превышает фоновые значения концентрация кадмия на всех вариантах опыта в фазы 3-4 настоящих листьев и бутонизации. На протяжении развития растений концентрация подвижной формы Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Cr возрастает. Максимальный процент подвижности характерен для Cd и Cr. На контрольном варианте подвижность Cd составила 15,88%, при внесении минеральных удобрений и опоки 13,0 и 12,8% соответственно. Активизация подвижности Cd происходит в фазу бутонизации растений на варианте с внесением минеральных удобрений в 1,2 раза, опоки – 1,15 раза, в фазы цветения и плодоношения подвижность Cd уменьшается.

Концентрация подвижного свинца на контрольном варианте опыта максимальна в фазу плодоношения (3,57%), минимальна в фазу цветения растений (1,43%). Аналогичная закономерность отмечена на варианте с внесением минеральных удобрений. Внесение опоки способствовало снижению подвижности свинца в фазу цветения и плодоношения растений в сравнении с началом развития в 2,77 раза. В средних значениях подвижность высокотоксичного свинца на изученных вариантах составила (%): контроль (2,66); внесение минеральных удобрений (1,85%); внесение опоки (2,51). Концентрация подвижной меди в почве на изученных вариантах опыта различалась незначительно: 1,24 % на контроле, 1,43% при внесении минеральных удобрений и 1,65% при добавлении опоки. В процессе развития растений подвижность меди в почве возрастает при внесении минеральных удобрений и опоки в 1,92 раза и уменьшается на контроле в 1,27 раза. Концентрация подвижной формы цинка уменьшается в сравнении с контролем при внесении минеральных удобрений в 1,97 раза, с добавлением опоки в 1,56 раза.

При переходе от фазы 3-4 настоящих листьев к фазе бутонизации содержание подвижного Zn снижается в 2,3 раза, в последующее цветение и плодоношение отмечается незначительное повышение значений. Минеральные удобрения способствуют возрастанию концентрации подвижного цинка на протяжении развития растений. При внесении опоки подвижность Zn уменьшается на каждой последующей стадии развития: в фазу бутонизации в 2,1 раза, цветения 1,7 раза, плодоношения в 1,25 раза.

Таблица 28

Содержание подвижной формы тяжелых металлов (*экстрагент ацетатно-аммонийный буфер pH 4,8*) в почве под участками земляники садовой сорта Хоней по фазам развития, мг/кг

Варианты опыта	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Cr
Фаза 3-4 Настоящих Листьев						
Контроль	0,048	0,36	0,27	0,93	23,0	0,99
+ Минеральные удобрения	0,038	0,27	0,20	0,28	23,7	1,33
+ Минеральные удобрения + Опока	0,040	0,37	0,23	0,44	21,8	1,00
Фаза Бутонизации						
Контроль	0,044	0,34	0,17	0,41	17,6	1,57
+ Минеральные удобрения	0,044	0,26	0,22	0,29	19,6	1,76
+ Минеральные удобрения + Опока	0,046	0,36	0,17	0,22	17,8	0,87
Фаза Цветения						
Контроль	0,030	0,15	0,21	0,47	22,4	1,40
+ Минеральные удобрения	0,036	0,18	0,24	0,29	21,9	1,55
+ Минеральные удобрения + Опока	0,034	0,15	0,23	0,36	22,9	0,78
Фаза Плодоношения						
Контроль	0,030	0,30	0,22	0,49	21,6	2,67
+ Минеральные удобрения	0,036	0,23	0,24	0,30	23,5	2,45
+ Минеральные удобрения +Опока	0,035	0,30	0,20	0,29	14,6	2,12
ФОН [9]	0,04	2,25	3	24,98	493,07	49,64
ПДК [8]	2	6	3	23	100	6

Подвижность Mn в почве снижалась вследствие внесения минеральных удобрений и опоки в 1,1 раза. На контрольном варианте при развитии растений в фазу бутонизации происходило снижение концентрации Mn в 1,3 раза, при цветении и плодоношении повышалось в 1,3 и 1,2 раза соответственно. В почве на варианте с внесением минеральных удобрений прослеживалась аналогичная закономерность. Добавление опоки способствовало снижению подвижности Mn в фазу бутонизации в 1,3 раза и повышению в 1,5 раза в последующие стадии. Для Cr отмечена максимальная подвижность среди изученных элементов. При внесении минеральных удобрений подвижность Cr в почве снижается в 1,3 раза, при добавлении опоки в 2,0 раза. На контрольном варианте при переходе к фазе бутонизации концентрация подвижного хрома увеличивается в 1,58 раза, в фазу цветения снижается в 1,08 раза, в фазу плодоношения увеличивается в 1,9 раза. При внесении удобрений снижении концентрации Cr в фазу бутонизации составило 1,24 раза, увеличение в фазы цветения и плодоношения в 1,77 раза. Добавление опоки способствовало увеличению подвижности Cr. При переходе от фазы 3-4 листьев к бутонизации, цветению и плодоношению увеличение составило 1,14, 1,20 и 2,30 раза. В фазу плодоношения подвижность Cr максимальна в сравнении с начальной фазой развития: на контроле в 2,78 раза, в варианте с внесением удобрений в 1,5 раза, с внесением опоки в 3,12 раза. Расчет корреляционной зависимости показал положительную связь между содержанием валовой и подвижной форм элементов (табл. 29).

Таблица 29

Корреляционная зависимость (r) между значениями ТМ

Элемент	Признаки			
	Валовая – подвижная формы почвы	Подвижная форма почвы – растения	Корни – листья растений	Ягоды – урожайность
Cd	0,378	-0,153	0,992	0,444
Pb	0,034	0,250	-0,452	-0,575
Cu	0,766	0,972	0,635	0,932
Zn	0,279	-0,655	0,073	0,645
Mn	0,490	-0,538	0,543	0,956
Cr	0,121	0,585	0,425	0,656
Fe	-	-	-0,558	0,171

Наибольшая связь выявлена у Cu. Максимальная корреляция обнаружена между подвижной формой меди в почве и её содержанием в растении (r=0,972). Также высокая связь характерна для Pb.

7.3. Влияние минеральных удобрений и опоки на накопление тяжелых металлов сортовыми растениями земляники садовой

Сорт Эльсанта. В растения тяжелые металлы могут поступать либо через адсорбцию корнями, либо поглощением через листовую поверхность [81].

По результатам исследований пороговая концентрация тяжелых металлов в растениях земляники садовой не превышена (табл. 30). Рассчитаны коэффициенты биологического поглощения (Кб), характеризующие интенсивность поглощения растениями элементов [57]. Ряд интенсивности для земляники садовой имеет следующий вид: $Cu_{(1,72)}$ $Zn_{(1,16)}$ $Mn_{(0,36)}$ $Cd_{(0,19)}$ $Pb_{(0,10)}$ $Cr_{(0,07)}$. Представленный ряд демонстрирует, что растения земляники садовой интенсивнее всего поглощают: Zn, Cu, и Mn, в то время, как потребность в Cd, Pb, Cr минимальна. Высокий Кб Cu и Zn свидетельствует о том, что в течение жизни растения земляники накапливает эти элементы, и это позволяет отнести их к элементам биологического накопления, остальные тяжелые металлы относятся к элементам биологического захвата. На протяжении вегетации растений в зависимости от фона возделывания наблюдаются колебания в интенсивности поступления элементов. Cd поглощается в фазу бутонизации земляники. Значения элемента находятся в пределах нормальных концентраций, в среднем отмечено превышение фонового уровня на контроле и вариантах с внесением опоки в 1,33 раза, при внесении минеральных удобрений в 3,8 раза. Превышена концентрация Cd в корнях растений, при поступлении в листья интенсивность поглощения снижается, в ягодах значения Cd минимальны. На контрольном варианте содержание Zn равно фоновому значению, на варианте с внесением минеральных удобрений и опоки ниже уровня фона в 3 раза. Значения высокотоксичного Pb в среднем не превышают порога нормальной концентрации, но выше фонового значения. Концентрация Pb в растениях увеличивается в варианте с внесением минеральных удобрений и опоки в 1,3 раза в сравнении с контролем, на котором фон превышен в 3,1 раза. Максимальное содержание Pb в растениях отмечено в фазу плодоношения. Корни растений накапливают больше Pb, чем листья, на протяжении всей вегетации растений, содержание в ягодах не превышает ПДК.

Таблица 30

Содержание тяжелых металлов в растениях земляники садовой сорта Эльсанта по фазам развития, мг/кг сухого вещества

Орган растения	Cd			Pb			Cu			Zn			Mn			Cr			Fe		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Фаза 3-4 настоящих листьев																					
Корни	0,05	0,56	0,08	1,17	1,42	1,85	41,4	20,8	70,5	40,3	25,4	44,1	92,8	75,4	102,4	0,97	0,85	0,66	1377	846	2294
Листья	0,02	0,08	0,02	0,22	0,53	0,43	6,07	17,4	33,4	14,3	70	59	236,8	135,6	168,1	0,3	0,56	0,45	120	221,9	101,9
Фаза бутонизации																					
Корни	0,07	0,12	0,08	2,63	1,64	1,62	28,4	23,3	15,2	62,9	29,8	68,8	94,8	106,8	89,5	0,67	2,14	1,8	1304	1327	1719
Листья	0,02	0,03	0,02	0,22	0,06	0,25	8,12	12,7	26,9	13,3	46,6	43,5	264,6	218,6	116,1	0,15	0,43	0,3	141,3	203	78,9

Продолжение табл. 30

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Фаза цветения																					
Корни	0,06	0,11	0,07	1,39	1,85	1,44	20,1	24,4	88,6	34,1	32,6	50	99,4	92	81,6	1,46	1,95	0,97	2487	1397	1650
Листья	0,02	0,03	0,02	0,26	0,13	0,83	5,98	80	24,4	14,4	35,4	58,4	244,9	153,2	143	0,24	0,74	0,28	157,4	322,3	140,8
Фаза плодоношения																					
Корни	0,06	0,09	0,07	1,62	2,2	1,16	47,3	36,4	13,85	46,3	57,3	67,9	101,4	95,4	81,8	0,76	2,13	0,52	1947	2955	1691
Листья	0,02	0,02	0,02	0,22	0,1	2,54	8,27	18,4	31,3	14,8	76,8	59,9	285,9	90,1	159,8	0,4	0,75	0,48	140,6	68	136,5
Ягоды	0,03	0,01	0,01	0,15	0,08	0,25	3,31	12,5	2,9	9,75	11,3	8,13	23,9	34	24,3	0,48	0,59	0,41	140,6	138,6	43

Окончание табл. 30

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ПДК [6]	0,03			0,4			5			10			500			0,2					
Среднее	0,04	0,12	0,04	0,88	0,89	1,15	18,7	27,3	34,1	27,8	42,8	51,1	160,5	111,2	107,4	0,6	1,13	0,65	868,3	830,9	872,8
ФОН[9]	0,03			0,28			24,5			21,38			46,73			2			336,44		
*	0,05-2			0,1 - 5			2 - 12			15 - 150			300			0,2 – 1			50 - 250		
**	5 - 10			10 - 20			15 - 20			150 - 200			500			2			750		
***	100			60			20			400			500			100			-		

Примечание. * – нормальная концентрация, ** – критическая концентрация, *** – фитотоксичная концентрация.

Минимальное количество Pb обнаружено в ягодах, выращенных на варианте с применением минеральных удобрений – ниже ПДК в 5 раз, с внесением опоки – в 0,6 раза. Пороговые значения цинка в растениях не превышены, но существенно превышены фоновые значения элемента на контроле – в 1,3 раза, в вариантах с внесением минеральных удобрений и с сочетанием минеральных удобрений и опоки в 2,0 и 2,3 раза соответственно. Накопление цинка земляникой садовой происходит в фазу плодоношения растений.

В растениях устанавливается барьер в отношении поглощения цинка в фазу цветения, закладка генеративных органов способствует этому, но последующее развитие усиливает концентрацию элемента, ягоды накаливают его в количествах близких к ПДК. Значения цинка в ягодах на варианте опыта с применением минеральных удобрений превышены в 1,1 раза, внесение опоки обеспечивает снижение концентрации в 1,2 раза в сравнении с ПДК.
фоновое значение. На контрольном варианте опыта фон превышен в 3,4 раза, на варианте с внесением минеральных удобрений и сочетание с опокой в 2,4 и в 2,2 раза соответственно. Активная аккумуляция марганца земляникой происходит в фазу бутонизации растений, к началу цветения и во время плодоношения она равна значениям начала вегетации. Марганец концентрируется в листьях растений, его значения выше таковых в корнях в 2,0 раза. Содержание Mn в ягодах земляники ниже ПДК на контроле в 20,9 раза, при внесении минеральных удобрений в 14,7 раза, при сочетании с опокой в 20,5 раза. Фоновое значение по хрому в растениях Самарской области находится на уровне критической концентрации.

Превышение порогового значения отмечено в корнях растений на стадиях бутонизации и плодоношения на варианте с внесением минеральных удобрений в 1,0 раза. В средних значениях уровень хрома в растениях не превышал фонового значения. Максимальное накопление элемента отмечено на варианте с внесением минеральных удобрений – выше контроля в 1,86 раза, внесение опоки снижает этот показатель в 1,0 раза. Наиболее интенсивно хром поглощается в фазу цветения и бутонизации растений, в фазу плодоношения уровень понижается в 1,1 раза. Накопление хрома органами растений земляники уменьшается в ряду: корни (1,24) листья (0,42) ягоды (0,49). ПДК хрома в ягодах превышена на контрольном варианте в 2,4 раза, при внесении минеральных

удобрений в 2,9 раза, при внесении опоки в 2,0 раза.

Концентрация железа в растениях земляники превышает фоновое значение в 2,54 раза. Основным концентратором элемента являются корни растений, которые накапливают железо в 8,25 раза больше, чем листья. Значения Fe в ягодах не превышают норму и его содержание ниже допустимого в 7,8 раза. Накопление железа увеличивается в процессе вегетации растений. В среднем в растениях содержание Fe на начальной стадии превышает фон в 2,36 раза, в фазе бутонизации в 2,36 раза, цветения в 3,04 раза, плодоношения в 3,43 раза. Фоновое значение меди в растениях Самарской области превышает установленную величину фитотоксичной концентрации. Медь также активно накапливалась растениями. В фазу 3-4 настоящих листьев Cu в корнях растений в среднем значении превышала фоновое значение в 1,8 раза, в листьях была ниже фона в 1,3 раза. Максимальное значение отмечено на варианте с добавлением опоки, корни растений аккумулировали медь в 2,87 раза больше фонового значения. Общей закономерностью всех вариантов опыта на этой стадии являлось преобладание содержания меди в корнях растений над листьями. Разница между значениями в корнях и листьях составила на контроле 6,8 раза, варианте с внесением минеральных удобрений 1,2 раза, варианте с внесением опоки 2,1 раза. В фазу бутонизации концентрация меди в растении снизилась, но превышала фон в 1,3 раза. В сравнении с началом вегетации, содержание меди понизилось на всех вариантах опыта. На варианте опыта с внесением опоки максимальная концентрация обнаруживалась в листьях растений, она превышала значения в корнях в 1,8 раза, на контроле и в варианте с внесением минеральных удобрений концентрация в корнях была выше в 3,4 и в 1,8 раза соответственно. В фазу цветения произошло снижение концентрации меди в сравнении с началом вегетации в 2,3 раза. Закономерность снижения концентрации Cu не относилась к варианту опыта с добавлением опоки. Значения в корнях повысилось и превышало концентрацию в листьях в 3,6 раза. На контроле значения меди были минимальны, преобладание значений Cu в корнях в сравнении с листьями было 3,4 раза. На варианте с внесением удобрений повысилась концентрация в листьях, разница с содержанием в корнях равнялась 3,3 раза. В фазе плодоношения максимальной была концентрация в корнях растений контрольного варианта, преобладание над листьями было в 5,7 раза. Содержание

меди в ягодах на этом варианте было ниже ПДК в 1,5 раза. При внесении минеральных удобрений содержание меди в корнях было ниже, чем на контроле, превышение над концентрацией в листьях составило 1,9 раза. Концентрация Cu в ягодах превысила ПДК в 2,5 раза. На варианте с внесением опоки концентрация в листьях была в 2,3 раза выше, чем в корнях. Содержание в ягодах ниже ПДК в 1,7 раза.

Наибольшая связь (r = 0,766) выявлена у меди. Максимально подвижная форма связана с содержанием в растении также меди (r = 0,972), положительную корреляцию имеет свинец, остальные элементы находятся в обратной зависимости. Связь содержания в корнях и листьях растений отразилась в положительных значениях для Cd, Cu, Mn, Cr, Zn для Pb и Fe она была отрицательной. Положительная корреляция выявлена между содержанием всех изученных тяжелых металлов и урожайностью земляники, максимальная зависимость у значений Mn и Cu. Обработка достоверных урожайных данных (табл. 31) показала, что лучшим вариантом для получения высокого урожая ягод земляники сорта Эльсанта в условиях степного Поволжья является применение минеральной подкормки растений. В сравнении с контролем добавление опоки способствует увеличению продукции на 1,8 %, минеральной подкормки на 7,0%, что на 5,2 % ниже.

Таблица 31

Урожайность земляники садовой сорта Эльсанта в годы исследований, т/га

Вариант опыта	2011	2012	2013	Среднее значение	Отклонение от контроля	
					т/га	%
Контроль	13,52	11,50	11,11	12,04	-	-
+ Минеральные удобрения	14,17	12,28	12,21	12,89	+ 0,85	+ 7,0
+ Минеральные удобрения + Опока	13,60	11,79	11,38	12,26	+ 0,22	+ 1,8
НСР 05	0,41	0,44	0,11			

Урожайность сорта Хоней на всех опытных вариантах была ниже сорта Эльсанта в среднем на 1,3 т/га (табл. 32). Максимальные значения урожая отмечались на варианте с внесением минеральных удобрений, без внесения опоки урожайность сорта была на 1,3% выше.

Таблица 32

Урожайность земляники садовой сорта Хоней в годы исследований, т/га

Вариант опыта	2011	2012	2013	Среднее значение	Отклонение от контроля	
					т/га	%
Контроль	4,7	12,0	9,9	9,35	-	-
+ Минеральные удобрения	5,1	12,4	10,6	9,90	+ 0,55	+ 5,9
+ Минеральные удобрения + Опока	4,8	12,3	10,6	9,78	+ 0,43	+ 4,6
НСР 05	0,42	0,45	0,15			

Сорт Хоней. Содержание тяжелых металлов земляники различалось в зависимости от фазы развития и органа растений (табл. 33). Концентрация кадмия в органах растений земляники находится в пределах нормальной концентрации, не превышает критической и фитотоксичной. Отмечено превышение фоновых значений в корнях и листьях растений на всех вариантах опыта на протяжении развития растений, в листьях растений происходит снижение концентрации кадмия в фазу плодоношения. Максимальное превышение обнаруживается на варианте с внесением минеральных удобрений в средних значениях в 7,7 раза. Барьерная функция корней проявляется в разнице концентраций Cd в вегетативных и генеративных органах, она составила на варианте с внесением минеральных удобрений 5,02 раза, на контроле 2,93 раза, при добавлении опоки – 2,58 раза. Высокая концентрация Cd в растениях обнаруживается в фазу бутонизации на всех вариантах опыта, содержание в корнях на контрольном варианте превышает содержание в листьях в 7,0 раза, при внесении минеральных удобрений в 5,6 раза, при добавлении опоки к минеральным удобрениям в 4,8 раза. В фазу цветения концентрация Cd в корнях растений уменьшается на контроле и при внесении опоки в 1,4 раза, при внесении минеральных удобрений в 3,0 раза.

В фазы цветения и плодоношения поступление кадмия в вегетативные и генеративные органы земляники уменьшается, в листья в 4,16 раза, ягоды в 4,3 раза. На контрольном варианте концентрация Cd в ягодах меньше, чем во всем растении в 2,34 раза, на варианте с внесением минеральных удобрений в 12,6 раза, при добавлении опоки в 5,67 раза.

Таблица 33

Содержание тяжелых металлов в растениях земляники садовой сорта Хоней по фазам развития, мг/кг сухого вещества

Орган растения	Cd			Pb			Cu			Zn			Mn			Cr			Fe		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Фаза 3-4 настоящих листьев																					
Корни	0,10	0,148	0,083	2,74	3,0	3,93	33,4	16,9	41,3	37,5	26,5	43,4	73,6	52,3	101,4	4,11	3,91	3,64	1543	1236	1635
Листья	0,09	0,018	0,050	1,20	2,6	2,50	7,08	101,8	203,4	15,6	87,5	61,3	401,1	398,8	315,6	0,33	0,67	0,57	55,5	130,0	66,8
Фаза бутонизации																					
Корни	0,21	0,359	0,146	4,32	3,8	3,78	37,4	35,2	132,2	69,8	49,3	63,4	93,7	95,1	91,4	2,17	4,10	3,64	1700	1728	1313
Листья	0,03	0,064	0,030	0,40	0,3	0,67	10,1	127,4	270	20,6	65,0	63,1	398,7	371,9	309,8	0,15	0,48	0,39	56,8	76,3	60,4

Продолжение табл. 33

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Фаза цветения																					
Корни	0,15	0,330	0,104	2,99	3,6	3,43	23,5	27,1	43,4	31,3	29,2	49,6	167,6	150,0	123,4	1,76	2,02	1,33	2634	1514	1835
Листья	0,04	0,079	0,050	0,22	0,5	0,61	3,70	70,5	210,3	21,3	67,5	71,1	299,8	287,1	277	0,18	0,51	0,18	87,3	126,1	79,6
Фаза плодоношения																					
Корни	0,06	0,090	0,057	1,13	2,2	0,74	32,9	36,4	101,4	27,4	57,3	46,7	96,3	95,40	72,3	0,60	2,13	0,74	1233	2955	1215
Листья	0,02	0,021	0,020	0,37	0,4	1,20	6,70	135,9	280,3	15,9	47,3	35,4	301,2	175,1	197,0	0,23	0,45	0,36	150,6	35,3	84,8
Ягоды	0,04	0,011	0,012	0,29	0,2	0,37	4,60	8,28	1,97	7,43	8,63	8,00	21,9	26,9	19,8	0,40	0,54	0,43	83,4	81,4	33,4

Окончание табл. 33

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ПДК [6]	0,03			0,4			5			10			500			0,2					
среднее	0,04	0,041	0,030	0,59	0,9	0,77	14,7	60,1	127,9	16,9	37,7	30,0	139,8	99,13	96,4	0,41	1,04	0,51	489	1024	444,3
ФОН[9]	0,03			0,28			24,5			21,38			46,73			2			336,44		
*	0,05-2			0,1-5			2-12			15-150			300			0,2-1			50-250		
**	5-10			10-20			15-20			150-200			500			2			750		
***	100			60			20			400			500			100			-		

Примечание. * – нормальная концентрация, ** – критическая концентрация, *** – фитотоксичная концентрация.

В средних значениях аккумуляция кадмия и барьерные функции в растениях земляники максимальны при внесении минеральных удобрений, на контрольном варианте и при добавлении опоки значения этих элементов ниже в 3 раза.

Концентрация высокотоксичного свинца по нормам значений превышает установленную фоновую концентрацию на всех изученных вариантах опыта. В процессе развития растений земляники накопление токсиканта снижается. В фазу 3-4 настоящих листьев минимальные значения Pb вследствие высокой барьерной функции корней отмечены на контрольном варианте: в листьях Pb накапливается в 2,28 раза меньше, чем в корнях, на варианте с внесением минеральных удобрений это значение ниже в 1,15 раза, при внесении опоки – в 1,57 раза. В фазу бутонизации содержание Pb в среднем значении в растениях уменьшается на вариантах с добавлением минеральных удобрений и опоки в 1,0 и 1,5 раза соответственно, на контроле возрастает в 1,2 раза. Корни растений накапливают свинца больше, чем листья в 10,8 раза на контрольном варианте, при внесении минеральных удобрений в 11,2 раза, опоки в 5,64 раза. В фазу цветения и плодоношения отмечается снижение содержания Pb на всех изученных вариантах опыта. На контрольном варианте разница в средних значениях с фазой бутонизации составила 1,6 раза, при переходе от плодоношения к цветению уменьшение было в 0,75 раза. При внесении минеральных удобрений эти значения уменьшались в 2,0 и 1,3 раза соответственно, при добавлении опоки в 2,0 и 0,97 раза. В фазу цветения накопление в корнях растений на контрольном варианте было в 1,36 раза выше, чем в листьях, при внесении минеральных удобрений в 7,52 раза, опоки в 5,62 раза. Фаза плодоношения характеризуется максимальной концентрацией Pb в среднем значении на варианте с внесением минеральных удобрений, проявлением высоких защитных функций растений в отношении генеративных органов. При добавлении опоки, напротив, защитная функция корней не проявляется и в листьях токсиканта накапливается в 1,62 раза больше, чем в корнях, содержание в ягодах выше контрольного в 1,27 раза. В сравнении с ПДК в ягодах земляники концентрация ниже в 1,90 раза на варианте с внесением минеральных удобрений, при добавлении опоки в 1,08 раза, на контроле – в 1,38 раза.

Фоновая концентрация Cu в землянике превышает установленные нормативные значения в два раза. Предполагаем, что

у растений выработались устойчивые металлоаккумуляционные механизмы в отношении накопления меди.

В исследованных вариантах опыта средние значения меди превышены в сравнении с фоновым при внесении минеральных удобрений в 1,1 раза и при добавлении опоки в 1,4 раза. На контрольном варианте накопление меди в корнях растений больше, чем в листьях, в 4,6 раза, в ягодах в 6,9 раза. Колебания в значениях меди на контроле незначительны, минимальное содержание отмечено в фазу цветения растений. Переход меди в генеративные органы блокируется корнями растений на каждой стадии развития, ее концентрация снижается примерно в 4 раза. На вариантах с внесением минеральных удобрений и добавлении к ним опоки преобладает базипетальный тип распределения металла, концентрация в листьях выше, чем в корнях, в 3,8 и 2,4 раза соответственно. В ягодах наблюдается понижение концентрации меди в 13,1 раза на варианте с внесением минеральных удобрений и в 96,9 раза при добавлении опоки. При внесении минеральных удобрений поступление металла в листья растений из корней снижается – в фазу 3-4 настоящих листьев в 6,02 раза, фазу бутонизации 3,62 раза, фазу цветения 2,6 раза, фазу плодоношения в 3,7 раза, концентрация ягод на этом варианте превышает ПДК в 1,66 раза. При добавлении к удобрениям опоки накопление меди в растениях возрастает в сравнении с контролем в 1,8 раза, с вариантом с минеральными удобрениями в 1,2 раза. Закономерности распределения по фазам развития таковы, что в фазу бутонизации накопление меди повышается в корнях в 3,2 раза, в листьях в 1,3 раза, понижается в фазу цветения в 3,0 и 1,3 раза соответственно, в фазу плодоношения повышается в 2,3 раза в корнях и 1,3 раза в листьях. Содержание в ягодах при добавлении опоки в почву ниже ПДК в 2,5 раза.

Концентрация в ягодах Zn не превышает ПДК в ягодах на всех вариантах опыта: на контроле ниже в 1,64 раза, при внесении минеральных удобрений в 1,20 раза, добавлении опоки в 1,25 раза. В растениях содержание цинка превышает фоновые значения на контроле в 1,3 раза, при внесении минеральных удобрений в 2,0 раза, добавлении опоки в 2,4 раза. Учитывая, что фоновая концентрация Zn находится в пределах установленной нормальной концентрации в растениях, можно предположить антропогенный характер загрязнения на участке. Внесение минеральных удобрений и опоки способствовало увеличению концентрации цинка в

растениях в сравнении с контролем в 1,5 и 1,8 раза соответственно и способствовало ограничению барьерных функций корней: в листья растений на этих вариантах поступало металла больше в 3,6 и 3,1 раза соответственно. В ягоды земляники цинк поступал из листьев на контроле с разницей в 2,1 раза, при внесении минеральных удобрений в 5,5 раза, при добавлении опоки в 4,4 раза. На контрольном варианте поступление Zn в растения уменьшалось при наступлении фаз цветения и плодоношения. Разница между содержанием в корнях и листьях в фазу бутонизации равнялась 3,3 раза, в фазу цветения 1,5 раза, плодоношения в 1,7 раза, что свидетельствует о снижении барьерных функций корней. При внесении минеральных удобрений в фазу 3-4 настоящих листьев концентрация Zn в листьях выше таковой в корнях в 3,3 раза, в фазу плодоношения содержание в корнях становится больше в 1,2 раза. Добавление опоки усиливает накопление Zn в растениях в сравнении с контролем в 1,8 раза, внесением только минеральных удобрений в 1,2 раза; способствует увеличению подвижности цинка. В фазу 3-4 настоящих листьев в растениях отмечается преобладание элемента в листьях растений в сравнении с корнями в 1,4 раза. Препарат способствует удержанию Zn в корнях растений, так как в средней концентрации на этой стадии концентрация элемента ниже, чем на варианте с минеральными удобрениями в 1,1 раза. В фазу бутонизации концентрация цинка в корнях и листьях практически одинакова, в фазу цветения преобладание в листьях в 1,4 раза, в фазу плодоношения в корнях содержание становится больше в 1,3 раза.

На исследованных участках значительное превышение концентрации Mn в сравнении с фоновым значением: контрольном в 3,4 раза, вариантах с внесением минеральных удобрений и добавлением опоки в 2,4 и 2,3 раза соответственно. Отмечено преимущественное накопление Mn в листьях растений. Разница с концентрацией в корнях составила на контроле 3,5 раза, варианте с минеральными удобрениями 3,1 раза и при добавлении опоки 2,8 раза. Содержание в ягодах ниже значений ПДК на всех изученных вариантах: контрольном в 25,3 раза, с минеральными добавками в 22,8 раза, опокой в 18,6 раза. На всех изученных вариантах отмечено снижение концентрации в листьях и увеличение в корнях растений, минимальные значения марганца в фазу плодоношения растений. Максимальное содержание Mn обнаружено на

контрольном варианте и при внесении минеральных удобрений в фазу бутонизации растений. При добавлении опоки происходит уменьшение поступления Mn по мере развития растений. На контроле корни в среднем концентрируют металла в 1,5 раза больше, чем листья. В фазу 3-4 настоящих листьев разница составила 5,4 раза, в фазу цветения 1,8 раза, плодоношения 3,1 раза, что свидетельствует об ослаблении защитных механизмов корней растений в отношении Mn. На варианте с внесением минеральных удобрений на начальном этапе развития растений разница в накоплении Mn в листях была выше, чем в корнях в 7,6 раза, в фазу плодоношения в 1,8 раза. При добавлении опоки к минеральным удобрениям распределение марганца в растениях становится относительно равномерным по изученным стадиям разница в накоплении между корнями и листьями с преимущественным накоплением в листьях составила 3,1; 3,4; 2,2; и 2,7 раза.

Фоновая концентрация хрома в растениях земляники достигает критической концентрации, превышая нормальную концентрацию в растениях в 2 раза. В средних значениях фон не превышен, уровень Cr ниже в 3,3 раза на контроле, в 1,8 раза при внесении минеральных удобрений и в 3,0 раза при добавлении опоки. Отмечено акропетальное поступление Cr в растения с высокой адсорбцией металла в корнях растений. На контроле в фазу 3-4 настоящих листьев незначительное превышение Cr в сравнении с изученными вариантами, в листьях растений содержание элемента ниже, чем в корнях, в 12,5 раза, в фазу бутонизации в 14,5 раза, цветения в 9,8 раза, плодоношения в 2,6 раза. При внесении минеральных удобрений в сравнении с контролем листья накапливают больше металла, чем корни, по приведенным фазам развития растении разница составила 5,8; 8,5; 3,9; 4,7 раза. Внесение опоки способно ограничить поступление Cr в растения и увеличить механизмы защиты в корнях растений земляники. В листьях обнаруживаются меньшие концентрации Cr, разница с содержанием в корнях по изученным стадиям соответственно составила: 6,3; 9,3; 7,4; 2,0 раза. Содержание хрома в ягодах при внесении опоки меньше в сравнении с вариантом внесения минеральных удобрений в 1,3 раза и равна контрольному значению.

Фоновые значения железа, установленные для растений земляники, превышают в 1,3 раза нормальную концентрацию в растениях. В растениях изученных вариантов опыта фоновая

концентрация железа превышена: на контрольном в 2,6 раза, при внесении минеральных удобрений в 2,5 раза, опоки – в 2,6 раза. Для металла характерен акропетальный тип поступления с высокой аккумуляцией в корнях растений. Концентрация Fe в корнях выше, чем в листьях, на контроле в 60,9 раза, при внесении минеральных удобрений в 20,3 раза, при добавлении опоки в 20,2 раза. В стадию 3-4 настоящих листьев корни растений контрольного варианта накапливают элемента больше, чем листья в 27,8 раза, при внесении минеральных удобрений железо подвижнее и это значение равно 9,5 раза, при добавлении опоки 24,5 раза. В фазу бутонизации на контроле и при внесении минеральных удобрений концентрация железа в растениях увеличивается в 1,1 и 1,4 раза соответственно, при добавлении опоки уменьшается в 1,2 раза. Разница между концентрацией в корнях и листьях составила по вариантам: контроль – 29,9 раза, при внесении минеральных удобрений – в 22,6 раза, опоки – в 21,7 раза. Фаза цветения характеризуется высоким содержанием железа на контрольном варианте и при внесении опоки в корнях растений, оно повышается в сравнении с предыдущей фазой в 1,5 раза и в 1,4 раза соответственно и выше, чем в листьях в 30,2 и 23,0 раза. При внесении минеральных удобрений в фазу цветения концентрация железа в корнях снижается в 1,1 раза, выше значений в листьях в 12,0 раза, что свидетельствует о большей подвижности металла. В фазу плодоношения на контроле и при внесении опоки в корнях растений минимальные значения Fe, снижение с предыдущей фазой составило 2,1 и 1,5 раза, в листьях содержание ниже в 8,2 и в 14,4 раза соответственно. Вариант с минеральными удобрениями характеризуется максимальным значением содержания железа в корнях растений на этой стадии развития растений, здесь увеличение составило 2,0 раза, что выше, чем накопление в листьях в 83,7 раза. Защитные механизмы в отношении плода проявляются у растений на всех вариантах опыта, меньше всего железа накапливают ягоды земляники при внесении в почву опоки, ниже, чем на контроле, в 2,5 раза и при внесении минеральных удобрений – в 2,4 раза.

Для оценки способности избирательного поглощения и накопления химических элементов земляникой рассчитаны коэффициенты биологического поглощения (КПБ), показывающие, во сколько раз содержание элемента в золе растения больше или меньше, чем в почве, где произрастает растение (табл. 34, 35).

Таблица 34

Коэффициенты биологического поглощения для растений земляники садовой сорта Эльсанта

Варианты опыта	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Cr	Fe
Фаза 3-4 настоящих листьев							
Контроль	0,11	0,05	0,31	0,75	0,46	0,04	0,05
+ Минеральные удобрения	1,07	0,08	0,60	1,30	0,28	0,09	0,03
+ Минеральные удобрения + Опока	0,16	0,16	1,44	1,57	0,43	0,06	0,07
Фаза бутонизации							
Контроль	0,14	0,11	0,40	1,05	0,53	0,03	0,05
+ Минеральные удобрения	0,23	0,08	0,46	1,04	0,44	0,10	0,05
+ Минеральные удобрения + Опока	0,16	0,13	1,01	1,71	0,33	0,11	0,05
Фаза цветения							
Контроль	0,13	0,07	0,26	0,67	0,52	0,10	0,09
+ Минеральные удобрения	0,20	0,13	0,27	0,93	0,36	0,11	0,05
+ Минеральные удобрения + Опока	0,14	0,15	1,00	1,64	0,34	0,09	0,06
Фаза плодоношения							
Контроль	0,11	0,05	0,38	1,23	0,36	0,04	0,06
+ Минеральные удобрения	0,11	0,09	0,65	1,15	0,21	0,16	0,05
+ Минеральные удобрения + Опока	0,11	0,18	1,42	3,84	0,28	0,05	0,04

Таблица 35

Коэффициенты биологического поглощения для растений земляники садовой сорта Хоней

Варианты опыта	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Cr	Fe
Фаза 3-4 настоящих листьев							
Контроль	0,38	0,15	1,18	0,72	0,71	0,35	0,05
+ Минеральные удобрения	0,29	0,21	3,12	1,55	0,74	0,34	0,04
+ Минеральные удобрения + Опока	0,22	0,43	7,11	1,65	0,69	0,17	0,05
Фаза бутонизации							
Контроль	0,41	0,20	1,41	1,23	0,62	0,14	0,07
+ Минеральные удобрения	0,73	0,16	4,84	1,56	0,64	0,21	0,08
+ Минеральные удобрения + Опока	0,28	0,19	13,6	1,89	0,59	0,21	0,05
Фаза цветения							
Контроль	0,27	0,15	0,72	0,72	0,59	0,08	0,07
+ Минеральные удобрения	0,64	0,16	2,73	1,31	0,57	0,14	0,06
+ Минеральные удобрения + Опока	0,26	0,16	8,13	1,83	0,55	0,10	0,07
Фаза плодоношения							
Контроль	1,26	0,07	0,79	0,46	0,35	0,05	0,04
+ Минеральные удобрения	1,13	0,08	3,64	1,03	0,27	0,13	0,07
+ Минеральные удобрения + Опока	0,85	0,07	9,14	0,90	0,27	0,06	0,03

Отмечено накопление Cd и Zn сортом Эльсанта на варианте с минеральными удобрениями в фазу 3-4 настоящих листьев. Накопление Zn происходит на всех фазах развития растений, особенно интенсивно при внесении опоки.

Растениями сорта Эльсанта накапливается медь при внесении в почву опоки. Хоней накапливает Cd в фазу плодоношения на контрольном варианте и при внесении минеральных удобрений.

Для растений сорта Хоней характерно накопление в большей степени меди на варианте с внесением опоки. КПБ меди снижается на контрольном варианте в фазы цветения и плодоношения. У растений этого сорта происходит накопление цинка на всех вариантах опыта при внесении минеральных удобрений, на контроле элемент накапливается в фазу бутонизации, при добавлении опоки КПБ снижается в фазу плодоношения.

Способствовать накоплению Cu и Zn как катионогенных элементов могут образующиеся растворимые комплексы в почве с карбонатами и бикарбонатами.

8. Оценка экономической эффективности использования минеральных удобрений и опал-кристобалитовой породы (опоки) для получения экологически безопасной продукции земляникой садовой

Урожайность сортов увеличивалась при внесении минеральных удобрений (табл. 36).

Таблица 36

Экономическая эффективность сортов земляники садовой

Сорт/ вариант	Средняя урожайность за 3 года, т/га	Стоимость реализации урожая с 1 га, тыс. руб.	Производственные затраты на 1 га, тыс. руб.	Прибыль с 1 га, тыс. руб.	Рентабельность, %
Контроль					
Эльсанта	12,0	1380,0	850	530,0	62
Хоней	10,9	1253,5	724	529,5	73
Мармолада	13,0	1495,0	877	618,0	70
+ Минеральные удобрения					
Эльсанта	12,8	1472,0	880	592,0	67
Хоней	11,5	1322,5	754	568,5	75
Мармолада	15,4	1771,0	907	864,0	95
+ Минеральные удобрения + Опока					
Эльсанта	12,2	1403,0	872	531,0	61
Хоней	11,4	1311,0	750	561,0	75
Мармолада	14,3	1644,5	883	761,5	86

При внесении минеральной подкормки происходило увеличение урожая на 2,4 т/га у сорта Мармолада, на 0,8 т/га у сорта Эльсанта и на 0,6 т/га у сорта Хоней. Внесение опоки снижало урожайность у сорта Эльсанта на 0,6 т/га, у сорта Хоней на 0,1 т/га, у сорта Мармолада на 1,1 т/га. Таким образом, наименьшие потери в урожае при внесении опоки у сорта Хоней, большую чувствительность проявили растения сорта Мармолада.

Рентабельность возделывания земляники на всех вариантах опыта не превышала 100%. Показатели экономической эффективности для сорта Эльсанта увеличивались с внесением минеральных удобрений на 5 % и снижались при внесении опоки на 1% в сравнении с контролем. У растений сорта Хоней рентабельность

увеличилась на 2 % относительно контрольных показателей, как при внесении минеральных удобрений, так и при внесении опоки.

Уровень экономической эффективности у сорта Мармелада повышается при использовании минеральных удобрений и опоки соответственно, на 25 и 16%. Данный сорт оказался наиболее отзывчивым на минеральные удобрения и опоку, поскольку урожайность увеличилась в большей степени, чем по другим сортам. Максимальный доход от урожая растений изученных сортов получается при внесении минеральных удобрений, при внесении опоки экономическая эффективность оказывается ниже, но значительно превышает контрольные значения.

Следует отметить, что дополнительные затраты по предлагаемой нами технологии полностью покрываются за счет увеличения урожайности и качества изучаемых растений и способствуют повышению экономической эффективности их возделывания.

Заключение

1. Динамика основных агрохимических показателей черноземов обыкновенных при внесении минеральной подкормки для выращиваемой на них земляники садовой в расчетной дозе $N_{60}P_{80}K_{120}$ проявилась в снижении уровня pH (7,1-6,8); уменьшении содержания гумуса с ежегодной потерей 0,2%; разнонаправленными колебаниями в содержании подвижного фосфора, в оптимизации уровня подвижного калия; в снижении содержания легкогидролизуемого азота с четвертого года возделывания.

2. В период исследований валовое содержание изученных тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия, хрома, марганца, железа) в почве промышленной плантации земляники садовой не превышало ПДК и региональные фоновые концентрации, но не оставалось неизменным: снизилось содержание марганца в 1,29 раза, цинка – в 1,15 раза, кадмия – в 2,4 раза, свинца – в 1,04 раза от исходного; содержание меди возросло в 1,15 раза, что свидетельствует о ее слабом техногенном привнесении. В целом суммарный показатель загрязнения почвы валовой формой тяжелых металлов (Zc) снизился в 2,1 раза.

3. В изученных почвах наиболее подвижными элементами являются кадмий (18,1%) и цинк (11,65%), наименее подвижными – медь (1,05%) и хром (1,2%) при уровне их содержания, не превышающем ПДК. Выше фоновых концентраций присутствуют подвижные формы кадмия (в 1,35 раза), меди (в 1,30 раза), цинка (в 1,6 раза) и марганца (в 1,14 раза), содержание подвижного свинца соответствует фону. За период эксплуатации производственного участка в его почве значительно снизились уровни накопления подвижных форм свинца (в 6,4) и кадмия (в 5,4), возросли марганца (в 2,5), цинка (в 1,9), меди (в 1,13).

4. Аккумуляция валовых и подвижных форм тяжелых металлов происходит не в гумусовом, а в ниже лежащих почвенных горизонтах с максимальными концентрациями на глубине 120-150 см, что свидетельствует о высокой миграционной способности меди, цинка, свинца, кадмия, марганца, железа и преобладании нисходящих миграционных потоков. Исключением является хром, который накапливается в верхнем почвенном горизонте.

5. В условиях южной зоны Самарской области изучаемые сорта земляники садовой по срокам созревания урожая распределяются следующим образом: Хоней – ранний, Эльсанта – средний, Мармолада – поздний. Наиболее высокоурожайным среди них является сорт Мармолада (13,0 т/га), несколько ниже урожайность у сортов Эльсанта (11,9 т/га) и Хоней (10,9 т/га).

6. Применение интенсивных технологий в период с 2008 по 2013 гг. привело к снижению концентраций тяжелых металлов в надземной фитомассе земляники садовой: цинка в 1,55 раз, марганца в 40,9 раз, железа в 12,5 раз, увеличению содержания свинца в 3,7 раза, меди в 2,5 раза, кадмия в 1,9 раза. Более устойчивыми к избыточному накоплению тяжелых металлов является сорт земляники Эльсанта, что подтверждает убывающий ряд, построенный по их суммарному накоплению: Мармолада (258 мг/кг) > Хоней (209,1 мг/кг) > Эльсанта (128,84 мг/кг). Элементом биологического накопления земляники садовой является Cu.

6. В фитомассе исследуемых сортов земляники садовой превышены нормальные концентрации меди и цинка: Хоней в 3,2 и в 2,2 раза; Мармолада в 4,2 и в 2,5 раза; Эльсанта в 1,85 и в 1,4 раза. Максимальное содержание элементов накапливается в корнях растений (суммарно по изученным металлам 1175,9 мг/кг) и листьях (суммарно 443,2 мг/кг), минимальное в ягодах (87,7 мг/кг). В ягодах изученных сортов отмечается повышенное содержание хрома, превышающее ПДК: сорт Хоней в 2,7 раза, Мармолада в 3,8 раза, Эльсанта в 2,8 раза. Концентрации кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, железа в плодах сортов Эльсанта и Хоней не превышают ПДК и фоновых значений. В плодах сорта Мармолада концентрация свинца установлена на уровне ПДК, а содержание Fe превышено в 1,4 раза.

7. Максимальная аккумуляция кадмия, свинца, марганца и хрома происходит на стадии бутонизации земляники садовой; меди, свинца, цинка и железа – в период плодоношения и преимущественно в корнях растений. Действие минеральной подкормки увеличивает поступление хрома в ягоды в сравнении с ПДК у сорта Хоней в 2,9 раза, у сорта Эльсанта в 2,7 раза, добавление опоки – у сорта Хоней в 2,1 раза, сорта Эльсанта в 2,0 раза. Внесение опоки в сочетании с минеральными подкормками способствует снижению содержание в ягодах сорта Эльсанта кадмия, марганца, хрома, повышению цинка, меди, свинца; в ягодах сорта Хоней понижается

уровень кадмия, свинца, цинка, марганца, хрома, железа; повышается содержание меди.

8. В условиях засушливого континентального климата степной зоны Самарской области на черноземах обыкновенных для промышленного возделывания в системе капельного полива и применения минеральных удобрений рекомендуем выращивать урожайные, экологически устойчивые сорта Эльсанта, Хоней, Мармолада.

В условиях применения интенсивных технологий возделывания и увеличении риска техногенного загрязнения ягодной продукции земляники садовой однократно вносить в качестве средства мелиорации загрязненных почв опал-кристобалитовую высококремнистую породу (опоку) Балашейского месторождении Сызранского района Самарской области в дозе 50 кг/га.

Литература

1. Абросимова, Г. В. Формирование микроэлементного состава и свойств почвы в условиях города под модельными фитоценозами (на примере лизиметров почвенного стационара МГУ) : дис. … канд. биол. наук : 03.02.08 / Абросимова Галина Викторовна. – М., 2016. – 130 с.

2. Авдеева, З. А. Оценка устойчивости сортов земляники к белой и бурой пятнистостям листьев в условиях Оренбуржья / З. А. Авдеева // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. – 2013. – №1(5). – С. 74-78.

3. Аканова, Н. И. Агроэкономическая эффективность использования глинисто-солевого шлама как калийного удобрения и мелиоранта в сельскохозяйственном производстве / Н. И. Аканова, С. И. Шкуркин, Н. М. Троц, В. Б. Троц // Известия Оренбургского ГАУ. – 2022. – № 3(95). – С. 34-42.

4. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях: научно-практическое пособие / Ю. В. Алексеев. – Л., 1987. – 140 с.

5. Андреева, Г. В. Уточнение сортовой агротехники земляники / Г. В. Андреева, И. И. Богданова // Роль сортов и новых технологий в интенсивном садоводстве : материалы международной научно-методической конференции. – Орел : Всероссийский НИИ селекции плодовых культур, 2003. – С. 13-16.

6. Андрусишина, И. Н. Опасен ли свинец в воде? / И. Н. Андрусишина, И. А. Голуб, З. В. Малецкий // Вода и водоочистные технологии. Научно-технические вести. – 2016. – Т. 19, № 2. – С. 40-50.

7. Антипов-Каратаев, И. Н. Вопросы происхождения и географического распространения солонцов / И. Н. Антипов-Каратаев // Мелиорация солонцов в СССР : сборник статей. – М. : Изд-во АН СССР, 1953. – С. 11-268.

8. Антипенко, М. И. Исходные формы земляники для селекции на высокую продуктивность в Среднем Поволжье : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Антипенко Мария Ивановна. – М., 2010. – 18 с.

9. Анспок, П. И. Рациональные способы использования микроэлементов в Латвии / П. И. Анспок // Агрохимия. – 1990. – № 11. – С. 27-30.

10. Астракова, Т. В. Определение ионов тяжелых металлов в ягодах облепихи / Т. В. Астракова, Н. В. Хитова // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – №1 (32). – С. 121-125.

11. Батманов, А. В. Экологическая устойчивость растений земляники садовой / А. В. Батманов, Н. М. Троц // Инновационные достижения науки и техники АПК : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Кинель : РИО Самарской ГСХА, 2017. – С. 196-198.

12. Бодня, М. С. Влияние опок Астраханской области на ионный состав почвы / М. С. Бодня // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – №5(2), Т.13. – С. 140-142.

13. Бочарова, Т. Е. Биохимический состав жимолости в условиях тамбовской области / Т. Е. Бочарова, В. Ю. Трунов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2007. – №4(10). – С. 56-60.

14. Бурдуковский, М. Л. Накопление и вынос элементов питания и тяжелых металлов растениями сои на почвах юга Дальнего Востока / М. Л. Бурдуковский, В. И. Голов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2011. – Вып. 1(146-147). – С. 90-100.

15. Вахмистров, Д. Б. Исследования механизмов поглощения солей растениями / Д. Б. Вахмистров // Агрохимия. – 1968. – № 1. – С. 151-163.

16. Ветрова, О. А. Особенности поступления тяжёлых металлов в растения земляники садовой в условиях техногенного загрязнения : дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.08 / Ветрова Оксана Альфредовна. – Мичуринск, 2015. – 128 с.

17. Виноградов, А. П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных : труды Конференции по микроэлементам. – М. : Изд-во АН СССР, 1952. – С. 7-20.

18. Власова, С. Е. Влияние минерального питания на плодоносящие маточные растения земляники садовой / С. Е. Власова, С. А. Хапова // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – №2. – С. 75-79.

19. Водянский, Ю. Н. Роль соединений железа в закреплении тяжелых металлов и металлоидов в почвах (обзор литературы) / Ю. Н. Водянский // Почвоведение. – 2010. – №5. – С. 558-572.

20. Воскресенская, О. Л. Большой практикум по биоэкологи / О. Л. Воскресенская, Е. А. Алябышева, М. Г. Половникова. – Йошкар-Ола, 2006. – 107 с.

21. Вохмянина, А. С. Тяжелые металлы в почвах виноградников: уровни содержания, процессы миграции и транслокации / А. С. Вохмянина, Е. Н. Дрозд, Ю. Ю. Выставная // Перспективы развития территорий: теория и практика : материалы международной научно-практической интернет-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Харьков, 2013. – С. 15-17.

22. Габибов, М. А. Практикум по агрохимии / М. А. Габибов, Н. М. Троц, Д. В. Виноградов. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 222 с.

23. Говорова, Г. Ф. Ягодные культуры / Г. Ф. Говорова. – Краснодар : Краснодарское книжное издательство, 1966. – 232 с.

24. Горшкова, О. В. Рекультивация нефтезагрязненных черноземов Среднего Поволжья : монография / О. В. Горшкова, Н. М. Троц, Г. И. Чернякова [и др.]. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 149 с.

25. Дабахова, М. В. Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования : монография / М. В. Дабахова, Е. В. Дабахова, В. И. Титова. – Н. Новгород : Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.

26. Деннер, В. А. Особенности накопления свинца и кадмия в плодах смородины чёрной и рябины обыкновенной в Оренбургской области / В. А. Деннер, П. С. Федюнина // International scientific review. – 2016. – № 1(11). – С. 123-125.

27. Диксон, М. Ферменты / М. Диксон, Э. Уэбб. – М. : Мир, 1982. – 1120 с.

28. Донченко, Л. В. Безопасность пищевой продукции : учебник / Л. В. Донченко, В. Д. Надыкта. – М. : ДеЛи принт, 2005. – 539 с.

29. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

30. Дымова, Е. А. Трансформация микроэлементного состояния хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы под действием различных систем удобрения : дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Дымова Елена Анфиногеновна. – Великие Луки, 2006. – 167 с.

31. Евдокимова, В. П. Особенности накопления железа и марганца в почвах городов Архангельской промышленной агломерации / В. П. Евдокимова, Л. Ф. Попова, И. Н. Бечина, Т. В. Усачева //

Вестник Московского государственного областного университета. – 2012. – №4. – С. 99-104. – (Серия: Естественные науки).

32. Золотов, Ю. А. Основы аналитической химии : практическое руководство / Ю. А. Золотов. – М. : Высш. шк., 2001. – 480 с.

33. Золотов, Ю. А. Основы аналитической химии : учебник / Ю. А. Золотов. – М. : Высш. шк., 2000. – 494 с.

34. Ильин, В. Б. К оценке массопотока тяжелых металлов в системе почва – сельскохозяйственная культура / В. Б. Ильин // Агрохимия. – 2006. – №3. – С. 52-59.

35. Ильин, В. Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях : монография / В. Б. Ильин, А. И. Сысо. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.

36. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск, 1991. – 147 с.

37. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – пер. с англ. – М. : Мир,1989. – 439 с.

38. Кабата-Пендиас, А. Проблемы современной биогеохимии микроэлементов / А. Кабата-Пендиас // Российский химический журнал. – 2005. – №3. – С. 15-19.

39. Казнина, Н. М. Влияние кадмия на физиологические процессы и продуктивность растений семейства Poaceae / Н. М. Казнина, А.Ф. Титов // Успехи современной биологии. – 2013. – №6, Т. 133. – С. 588-603.

40. Калдыбаев, Б. К. Исследование загрязнения агроценозов Иссык-Кульской области тяжелыми металлами : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.16 / Калдыбаев Бакыт Кадырбекович. – Алматы, 2000. – 24 с.

41. Капитонова, О. А. Содержание тяжелых металлов в макрофитах рыбохозяйственных прудов СГУП «Рыбхоз «Пихтовка» (Удмуртская Республика) / О. А. Капитонова, В. С. Шалавина, А. В. Алтынцев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т.16, №1. – С. 255-260.

42. Киршибаев, Е. А. Распределение тяжелых металлов по органам подсолнечника, выращенного в условиях техногенного загрязнения почв / Е. А. Киршибаев, Б. А. Сарсенбаев, Г. А. Байсеитова [и др.] // ҚазҰУ хабаршысы. Биология сериясы. – 2012. – №3 (55). – С. 68-72.

43. Климентова, Е. Г. Физиология растений : учебное пособие / Е. Г. Климентова, Е. В. Рассадина, Ж. А. Антонова. – Ульяновск : УлГУ, 2014. – 170 с.

44. Ковда, В. А. Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда. – М. : Наука, 1985. – 263 с.

45. Кожанова, О. Н. Физиологическая роль металлов в жизнедеятельности растительных организмов / О. Н. Кожанова, А. Г. Дмитриева // Физиология растительных организмов и роль металлов. – М. : МГУ, 1989. – С. 7-55.

46. Колесников, В. А. Оценка содержания тяжелых металлов (свинец и кадмий) в семенах перспективных кормовых растений / А. В. Колесников, А. А. Аветисян // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4. – С. 10-14.

47. Комарницкий, Н. А. Ботаника: систематика растений / Н. А. Комарницкий, Л. В. Кудряшов, А. А. Уранов. – М. : Книга по Требованию, 2012. – 610 с.

48. Копылов, В. И. Земляника : пособие / В. И. Копылов // Симферополь : ПолиПРЕСС, 2007. – 368 с.

49. Копылова, Л. В. Аккумуляция железа и марганца в листьях древесных растений в техногенных районах Забайкальского края / Л. В. Копылова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12, №1(3). – С. 709-712.

50. Кузнецов, М. Н. Способ снижения содержания тяжелых металлов в ягодах смородины черной / М. Н. Кузнецов, Т. А. Роева, Е. В. Леоничева, С. М. Мотылёва // Бюллетень ГНУ ВНИИСПК Россельхозакадемии. – 2011. – №3. – С. 1-5.

51. Кунце, У. Основы качественного и количественного анализа / У. Кунце, Г. Шведт. – пер. с нем. – М. : Мир, 1997. – 424 с.

52. Курода, П. Геохимия редких элементов / П. Курода, Э. Сэнделл. – М. : Наука, 1959. – С. 132-139.

53. Ларионов, М. В. Особенности накопления тяжелых металлов в почвенных экосистемах Саратовского Поволжья / М. В. Ларионов, Н. В. Ларионов // Вестник ОГУ. – 2010. – №1(107). – С. 110-114.

54. Лебедев, Ю. А. Второе дыхание марафонца (о свинце) / Ю. А. Лебедев. – М. : Изд-во Металлургия, 1990. – 144 с.

55. Лукин, С. В. Агроэколгическое состояние пахотных почв степной зоны Белгородской области / С. В. Лукин, О. С. Верютина,

Н. И. Корнейко // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – №6. – С. 34-35.

56. Майстренко, В. Н. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов / В. Н. Майстренко, Р. З. Хамитов, Г. К. Будников. – М. : Химия, 1996. – 319 с.

57. Макарова, Ю. В. Биогеохимия : практикум / Ю. В. Макарова, Н. В. Прохорова. – Самара : Самарский университет, 2012. – 84 с.

58. Манторова, Г. Ф. Тяжелые металлы в почве и растительной продукции в условиях техногенного загрязнения / Г. Ф. Манторова // Агро XXI. – 2010. – №1-3. – С. 52-54.

59. Матвеев, Н. М. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н. М. Матвеев, В. А. Павловский, Н. В. Прохорова. – Самара : Самарский университет, 1997. – 215 с.

60. Методические указания по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье. – М. : Изд-во Государственного комитета санэпиднадзора РФ, 1992. – 35 с.

61. Минеев, В. Г. Практикум по агрохимии / В. Г. Минеев. – М. : МГУ, 2001. – 689 с.

62. Минин, А. Н. Садоводство в Среднем Поволжье / А. Н. Минин, А. А. Кузнецов, М. И. Антипенко [и др.]. – Самара : Слово, 2021. – 635 с.

63. Мотылёва, С. М. Особенности содержания тяжёлых металлов (Pb, Ni, Zn, Fe, Cu) в плодах, ягодах и атмосферных осадках в связи с оценкой сортов для использования в селекции : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.05, 03.00.04 / Мотылёва Светлана Михайловна. – СПб., 2000. – 23 с.

64. Муравин, Э. А. Практикум по агрохимии / Э. А. Муравин. – М. : КолосС, 2005. – 288 с.

65. Мусиенко, Н. Н. Корневое питание растений / Н. Н. Мусиенко, А. И. Тернавский. Киев : Вища школа, 1989. – 203 с.

66. Муханин, И. В. Влияние применения различных комплексов специальных машин для закладки плантации земляники садовой на ее продуктивность / И. В. Муханин, О. В. Жбанова, А. И. Миляев // Современные тенденции развития промышленного садоводства : сборник трудов. – Самара : Ас Гард, 2012. – С. 242-247.

67. Муханин, И. В. Интегрированная технология производства ягод земляники / И. В. Муханин, О. В. Жбанова, И. М. Зуева // Сельский консультант Тамбовщины. – 2011. – Вып. 5(7). – С. 2-3.

68. Муханин, И. В. Система производства высококачественных ягод земляники / И. В. Муханин, О. В. Жбанова, И. М. Зуева // Садоводству России – инновационный путь развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Мичуринск : Изд-во МичГАУ, 2010. – С. 98-106.

69. Муханин, И. В. Фертигация – основа интенсивной технологии выращивания земляники садовой / И. В. Муханин, О. В. Жбанова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 30. – С. 138-151.

70. Муханин, И. В. Экономический анализ различных интенсивных технологий производства земляники садовой / И. В. Муханин, О. В. Жбанова, А. И. Миляев // Садоводство Поволжья – роль и место в Государственной программе развития сельского хозяйства на 2013-2012 гг. : сборник статей. – Саратов, 2013. – С. 68-76.

71. Ноздрюхина, Л. Р. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека / Л. Р. Ноздрюхина. – М. : Наука, 1977. – 184 с.

72. Ноздрюхина, Л. Р. Нарушение микроэлементного обмена и пути его коррекции / Л. Р. Ноздрюхина, Н. И. Гринкевич. – М. : Наука, 1980. – 280 с.

73. Опекунова, М. Г. Биоиндикация загрязнителей : учебное пособие / М. Г. Опекунова. – СПб. : Изд-во С.-Петербургского университета, 2004. – 266 с.

74. Орлов, Д. С. Микроэлементы в почвах и живых организмах / Д. С. Орлов // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 1. – С. 61-68.

75. Панин, М. С. Формы соединений тяжелых металлов в почвах средней полосы Восточного Казахстана / М. С. Панин. – Семипалатинск : Государственный университет Семей, 1999. – 329 с.

76. Пейве, Я. В. Агрохимия и биохимия микроэлементов / Я. В. Пейве. – М. : Наука, 1980. – 430 с.

77. Протасова, Н. А. Почвенно-геохимическое районирование Воронежской области / Н. А. Протасова, М. Т. Копаева // Почвоведение. – 1995. – №4. – С. 446-453.

78. Протасова, Н. А. Редкие и рассеянные элементы в почвах Центрального Черноземья / Н. А. Протасова, А. П. Щербаков,

М. Т. Копаева. – Воронеж : Изд-во Воронежского университета, 1992. – 168 с.

79. Прохорова, Н. В. Распределение тяжелых металлов в посевах важнейших сельскохозяйственных культур в Самарской области / Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев. – Самара : Самарский университет, 2006. – 142 с.

80. Прохорова, Н. В. Территориальные особенности распределения тяжелых металлов в почвах Самарской области / Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2000. – Т. 2, №2. – С. 306-310.

81. Прохорова, Н. В. Экологические принципы биогеохимического анализа ландшафтов лесостепного и степного Поволжья : дис. … д-ра биол. наук : 03.00.16 / Прохорова Наталья Владимировна. – Тольятти, 2005. – 509 с.

82. Пустовой, И. В. Практикум по агрохимии / И. В. Пустовой, В. И. Филин, А. В. Корольков. – М. : Колос, 1995. – 336.

83. Роева, Т. А. Влияние мелиорантов и метеоусловий на поступление тяжёлых металлов в ягоды смородины чёрной / Т. А. Роева, С. М. Мотылёва // Современное садоводство. – 2013. – №1. – С. 1-12.

84. Рубилин, Е. В. Микроэлементы в почвах Северного Кавказа / Е. В. Рубилин. – Л., 1968. – 56 с.

85. Самотуга, В. В. Оцінка ризику для здоров'я населення в зв'язку з викидами канцерогенних речовин автотранспортом / В. В. Самотуга, К. П. Малоног, Ю. Г. Бондаренко, О. М. Литвиченко // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2006. – №3(5). – С. 118-122.

86. Саякова, Г. М. Современные методы тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье – жимолости Алтайской (Lonicera Altaica), семейства (Gaprifoliaceae) / Г. М. Саякова, Н. В. Алексеева-Попова, А. И. Беляева // Вестник КазНМУ. – 2015. – №4. – С. 510-513.

87. Сергеев, О. В. Вещества, нарушающие работу эндокринной системы: состояние проблемы и возможные направления работы / О. В. Сергеев, О. А. Сперанская. – Самара : АсГард, 2014. – 35 с.

88. Серегин, И. В. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высших растения / И. В. Серегин, В. Б. Иванов // Физиол. раст. – 2001. – Т. 48, №4. – С. 606-630.

89. Скальный, А. В. Аккумуляция тяжелых металлов и микроэлементов в волосах населения Оренбургской области / А. В. Скальный, Е. В. Сальникова, Е. А. Кудрявцева, А. С. Кустова // Микроэлементы в медицине. – 2012. – 13 (4). – С. 42-45.

90. Скорбач, В. В. Влияние экстрактов лекарственных растений Chelidonium и Majs Medikago на рост и развитие Sativa Escherichia Coli / В. В. Скорбач, А. Е. Доценко // Современные тенденции развития науки и технологий : материалы XI Международной научно-тех.конференции. – Белгород, 2016. – С. 75-78.

91. Смашевский, Н. Д. Экология фотосинтеза / Н. Д. Смашевский // Астраханский вестник экологического образования. – 2014. – №2(28). – С. 165-180.

92. Смирнова, Л. А. Дефицит железа: биология, критерии диагноза и эффективности терапии / Л. А. Смирнова // Медицинские новости. – 2013. – №5. – С. 16-20.

93. Соколова, Т. А. Взаимодействие лесных суглинистых почв с модельными кислыми осадками и кислотно-основная буферность подзолистых почв / Т. А. Соколова, Т. Я. Дронова, И. И. Топешта, С. Е. Иванова. – М. : Изд. Моск. ун-та, 2001. – 208 с.

94. Таирова, А. Р. Химические элементы в биосфере : учебное пособие / А. Р. Таирова, А. И. Кузнецов. – Троицк : Изд-во УГАВМ, 2006. – 204 с.

95. Теплая, Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) / Г. А. Теплая // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – №1(23). – С. 182-192.

96. Тиньков, А. А. Особенности кумуляции железа и меди в жировой ткани экспериментальных животных / А. А. Тиньков, А. А. Никоноров // Микроэлементы в медицине. – 2012. – №13(4). – С. 38-41.

97. Титов, А. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А. Ф. Титов, В. В. Таланова, Н. М. Казнина. – Петрозаводск : Институт биологии КарНЦ РАН, 2007. – 172 с.

98. Троц, Н. М. Тяжелые металлы в агроландшафтах Самарской области : монография / Н. М. Троц, Н. В. Прохорова, В. Б. Троц [и др.]. – Кинель : РИО Самарской ГСХА, 2018. – 220 с.

99. Троц, Н. М. Биоэкологическая оценка возделывания перспективных сортов земляники садовой / Н. М. Троц, А. В. Батманов //

Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 7-10.

100. Троц, Н. М. Аккумуляция тяжелых металлов зерновыми бобовыми культурами в агроландшафтах Самарского Заволжья / Н. М. Троц, В. Б. Троц, С. В. Обущенко // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 2. – С. 50-51.

101. Троц, Н. М. Особенности аккумуляции макроэлементов и тяжелых металлов в почве и растениях земляники садовой (Fragaria ananassa) / Н. М. Троц, С. В. Ишкова, А. В. Батманов, Д. А. Ахматов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1. – С. 249-252.

102. Троц, Н. М. Особенности аккумуляции макроэлементов и тяжелых металлов в почве и растениях земляники садовой (Fragaria Ananassa) / Н. М. Троц, С. В. Ишкова, А. В. Батманов, Д. А. Ахматов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1. – С. 149-152.

103. Трунов, В. Ю. Минеральное питание плодовых растений и баланс элементов в агроэкосистемах / В. Ю. Трунов // Главный агроном. – 2007. – № 8. – С. 39-42.

104. Федосова, И. В. Распределение микроэлементов-биофилов и тяжелых металлов в системе почва-растение в урбанизированной среде / Ю. М. Злобина, И. В. Федосова // Альманах молодой науки. – 2013. – №4. – С. 9-12.

105. Халиуллина, С. В. Клиническое значение дефицита цинка в организме ребенка (обзор литературы) / С. В. Халиуллина // Вестник современной клинической медицины. – 2013. – Вып. 13, Т.6. – С. 72-78.

106. Хапова, С. А. Научное обоснование технологии культивирования земляники в Северо-Западном регионе РФ : дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.08 / Хапова Светлана Александровна. – М., 2016. – 335 с.

107. Хапова, С. А. Особенности сортов земляники садовой в защищенном и открытом грунте / С. А. Хапова, Н. М. Майдебура, Е. И. Шибаев // Вестник АПК Верхневолжья. – 2009. – №2. – С. 7-11.

108. Чекмарев, П. А. Влияние удобрений и биологически активных веществ на урожайность яровой пшеницы / П. А. Чекмарев, С. В. Обущенко, В. Б. Троц, Н. М. Троц // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 8. – С. 28-31.

109. Черняков, А. И. Аккумуляция кадмия картофелем, выращиваемомв южной зоне Самарской области / А. И. Черняков, Н. М. Троц // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Челябинск, 2016. – С. 261-264.

110. Чернякова, Г. И. Эффективность применения органоминеральной системы удобрений с целью инактивации тяжелых металлов при выращивании картофеля в степной зоне Самарского Заволжья / Г. И. Чернякова, Н. М. Троц, Я. В. Костин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 27-34.

111. Шеуджен, А. Х. Биогеохимия / А. Х. Шеуджен. – Майкоп : ГУРИПП «Адыгея», 2003. – 1028 с.

112. Щеглов, А. Т. Влияние хрома на некоторые физиологические показатели у кукурузы / А. Т. Щеглов // Применение удобрений, микроэлементов и регуляторов роста в сельском хозяйстве : науч. труды Ставропольского сельскохозяйственного ин-та. – Ставрополь, 1981. – Вып. 44, Т. 1. – С. 35-40.

113. Яворская, В. А. Марганцевая токсическая энцефалопатия: патогенез, клиника, лечение / В. А. Яворская, О. Л. Пелехова, А. В. Гребенюк, С. А. Кривчун // Международный медицинский журнал. – 2005. – №4. – С. 52-55.

114. Яковенко, В. В. Продуктивность земляники садовой в условиях Краснодарского края / В. В. Яковенко, В. И. Лапшин // Современное садоводство. – 2014. – №3. – С. 53-59.

115. Ahnston, L. S. Development and Assessment of Sequential Extraction Procedure for the Fractionation of Soil Cadmium // Soil Sei. Soc. Am. J. – 1999. – Vol. 6. – P. 1650-1658.

116. Baker, A. J. Accumulators and excluders – strategies in the response of plants to heavy metals // J. Plant Nutr. – 1981. – № 3. – P. 643-654.

117. Cierber, C. B. Toxicity, mutagenicity and teratogenicity of lead // Mutat. Res. – 1980. – Vol. 76, № 2. – P. 115-141.

118. Fernandes, J. C. Biochemical, physiological, and structural effect of excess copper in plants // The Botanical Rev. – 1991. – Vol. 57, № 3. – P. 246-273.

119. Horak, O. Verhalten von Schwermetallen in System von Boden Pflanzen / O. Horak, A. Kamel // Forderungsdienst. – 1991. – Vol. 39, № 11. – P. 316-318.

120. Huffmann, E. W. D. Growth of plants of Solution Culture Containing Low Levels of Chromium / E. W. D. Huffmann, W. H. Allaway // Pl. Physiol. – 1973. – Vol. 52, №1. – P. 72-75.

121. Joardar, M. Manganese in Cell Metabolism of Higher Plants / M. Joardar, A.Sharma // The Botanical Review. – 1991. – Vol. 57, № 2. – P. 117-149.

122. Kahle, H. Wirkungen von Blei und Mineralstoffhaushalt von Buchenjungwuchs / H. Kahle, C. Bertela, G. Noack [et al.] // Allg. Forstz. – 1989. – Vol. 44, № 29-30. – P. 783-788.

123. Kemov, K. N. The effect of «Tailing storehouse» of Mikhailovsky mining enterprise on adjoining agrocenoses / K. N. Kemov // Agrochemical Bulletin. – 2011. – №1. – С. 36-37.

124. Kilchevsky, A. Breeding of vegetables with minimum accumulation / A. Kilchevsky, L. Khotylyova, V. Peshich [et al.] // Genetics Breeding for Crop and Resistanse : Proceedings of the XV EUCARPIA Congress. – Vitermo, 1999. – P. 313-332.

125. Monge, E. Revision actualizada del papel de los oligoelementos en plants superiors. 1. Manganese / E. Monge, J. Val // An. Estac. exp. Aula Dei. – 1990. – Vol. 20, № 1-2. – P. 65-90.

126. Rengel, L. Problem of cadmium accumulation in modern agricultural production / L. Rengel // PZS. – 1991. – Vol. 56. – P. 116.

127. Surai, P. F. Selenium in Nutrition and health / P. F. Surai. – Nottingham press, 2006. – 974 p.

128. Tomasevic, M. Influense of leard on some physiological characteristics of bean and barley / M. Tomasevic, M. Bogdanovic, D. Stojnovic // Period. Boil. – 1991. – Vol. 93, № 32. – P. 337-338.

129. Verloo, M. Analytical and biological criteria with regal to soil pollution / M. Verloo, G. van Landschoot // Landwirtschaftiche Forschunf Kongressband. – 1982. – № 39. – P. 394-403.

130. Vetter, H. Schwermetalle in der Nahrugskette-Belastungsgrenzen fur Planzen / H. Vetter // Ibid. – 1982. – P. 12-27.

131. Xue, G. P. Characterisation of the DNA-binding profile of barley HvCBF1 using an enzymatic method for rapid, quantities and high-throughput analysis of the DNA-binding activity / G. P. Xue // Nucleic. Acids Res. – 2002. – Vol. 30, №15. – P. 77.

Алфавитно-предметный указатель

А
Адаптация 23, 29
Азотнокислый кобальт 9
Азотнокислый торий 9
Аккумуляция 7, 11, 57, 91, 94, 97, 112, 119, 127, 142, 143
Аминокислоты 13, 44, 45, 81
Ассимиляты 22, 31, 72
Атомная масса 5
Б
Биогенные элементы 64
Биотические условия 64
Бутонизация 95
В
Ванадий 6
Вегетация 43
Г
Генотипы 23
Госларит 14
Гранулометрический состав почвы 12
Д
Десорбция 23
Ж
Железо 6, 16, 43, 44, 55, 96, 111, 121
И
Известкование 27
К
Каламин 14
Канцероген 9, 87, 91
Кислотность почв 30
Кобальт 6, 9
Красноземы 11, 12
Ксилема 22
Л
Лазурит 10
М
Малахит 10
Марганец 6, 17, 18, 43, 44, 52, 54, 96, 110
Медное голодание 14
Медь 6, 10, 11, 12, 13, 30, 43, 44, 52, 55, 60, 96, 111, 124, 127
Мелиорант 27
Мелколистность 15
Метаболизм 6, 17
Металлоферменты 23
Меркато-8-триазин 9
Микроэлемент 11, 14, 17
Минерализация 9
Молибден 6, 43, 44
Монтмориллонит 28
Мульчирование 50
Н
Никель 6
П
Палыгорскит 28
Пентаоксид ванадия 9
Полисахариды 45, 46
ПДК 10, 19, 20, 27, 32, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 62, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 103, 105, 106, 108, 109, 111, 113, 115, 118, 119, 124, 125, 128, 131, 133, 134, 142, 143
Пролактин 16
Р
Ризодерма 22
Региональный фоновый уровень (РФУ) 62
С
Сахариды 44
Свинец 52, 54, 55, 96, 112
Селен 6
Смитсонит 14
Соматомедин 16
Сульфиды 10

Суперфосфат 10
Сфалерит 14
Т
Тестостерон 15
Тимулин 15
Токсиканты 4, 5, 24, 56, 64, 67, 68, 71, 72, 76, 97, 103, 106, 127, 128
Токсичность 5, 19
Тяжелые металлы 4, 5, 9, 21, 29, 31, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 86, 90, 91, 118,
Ф
Фертигация 43, 44
Фитомасса 68
Флоэма 22
Фоновая концентрация 117, 118, 120
Фоновый уровень 27, 28
Х
Хелатные смолы 9
Хлороз 10, 13, 15, 17, 18, 20, 46
Хром 6, 19, 20, 52, 55, 96, 110, 127
Ц
Цеолит 27, 28
Цинк 6, 14, 15, 16, 30, 43, 44, 52, 54, 55, 119, 127
Цинкит 14
Цинковое голодание 15
Цитокинин 44
Ч
Черноземы 11, 12, 13, 36
Э
Эмбриотоксический эффект 19
Эссенциальный 14, 19

Научное издание

Батманов Андрей Васильевич
Троц Наталья Михайловна
Батманова Елена Владимировна
Троц Василий Борисович
Горшкова Оксана Васильевна
Сергеев Максим Сергеевич

Агроэкологическая оценка возделывания земляники садовой

Монография

Подписано в печать 11.05.2023. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 8,31, печ. л. 8,94.
Тираж 500. Заказ №110.
Отпечатано с готового оригинал-макета в редакционно-издательском отделе ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

В. Г. Кутилкин

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебное пособие

Кинель 2023

УДК 630
ББК я7
К95

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Рецензенты:

Н. М. Троц, декан агрономического факультета, зав. кафедрой «Агрохимия, почвоведение и агроэкология», ФГБОУ ВО Самарского ГАУ, д-р с.-х. наук, проф.;

А. К. Антимонов, заместитель директора по научной работе Поволжского НИИСХ им. П.Н. Константинова филиал СамНЦ РАН, канд. с.-х. наук

Кутилкин, В. Г.

К95 Методология научных исследований : учебное пособие / В. Г. Кутилкин – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 135 с.

ISBN 978-5-88575-715-7

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Методология научных исследований».

Предназначено для студентов аграрных вузов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, при проведении научных исследований, руководителям и специалистам сельскохозяйственных организаций.

ISBN 978-5-88575-715-7

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Кутилкин В. Г., 2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

Появление дисциплины «Методология научных исследований» было вызвано бурным развитием научно-технической революции, увеличением объёма научной и научно-технической информации, быстрой сменяемостью и обновлением знаний. На данном этапе возникает необходимость в высококвалифицированных специалистах, имеющих высокую и общенаучную и профессиональную подготовку, способных к самостоятельной творческой работе. Эти специалисты должны не только хорошо ориентироваться в научных разработках и исследованиях, но и уметь внедрять в производственный процесс результаты данных исследований.

Знание теории, методологии и технологии организации и осуществления научной деятельности является тем необходимым фундаментом, на котором основана деятельность магистров, аспирантов, научных сотрудников различных организаций, занимающихся научно-исследовательской работой. Успешное овладение навыками исследований поможет начинающим исследователям легче включиться в профессиональную деятельность, активнее переводить результаты научных исследований в инновационный потенциал, доводя их до практической реализации.

Современные требования к уровню подготовки магистра по агрономии подразумевает наличие у него не только специальных знаний, но и общих представлений методологии научной работы. Эти знания необходимы при работе на выпускной квалификационной работой (магистерской диссертацией). Методология, представляющая собой обобщение опыта многих поколений ученых, помогает начинающему исследователю сориентироваться в потоке информации и даёт основные представления о последовательности работы и закономерностях, и методах научного познания. В освоении основных принципов методологии исследования могут помочь как консультации научного руководителя, так и работа со специальной научной литературой.

В процессе изучения данного учебного издания у обучающихся должны формироваться следующие компетенции:

- способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;
- способность проводить научные исследования, анализировать результаты и готовить отчётные документы.

В данном учебном пособии изложены особенности методов научной агрономии, принципы и этапы планирования эксперимента, закладки и проведения полевых опытов, ведения первичной и основной документации, обработки и анализа экспериментальных данных.

1. НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА. ИННОВАЦИИ

1.1. Понятие науки и классификация наук

Понятие «наука» имеет несколько основных значений:

1) *наука* – это сфера человеческой деятельности, направленная на выработку и систематизацию новых знаний о природе, обществе, мышлении и познании окружающего мира;

2) *наука* – система полученных научных знаний;

3) *наука* – одна из форм общественного сознания, социальный институт;

4) *наука* представляет собой систему взаимосвязей между научными организациями и членами научного сообщества, а также включает системы научной информации, норм и ценностей науки и т. п.

Цель науки – получение знаний об объективном и субъективном мире, постижение объективной истины.

Задачи науки: сбор, описание, анализ, обобщение и объяснение научных фактов; установление законов движения природы, общества, мышления и сознания; систематизация полученных знаний; прогнозирование событий, явлений и процессов; установление направлений и форм практического использования полученных знаний.

Различают следующие основные функции науки:

- *познавательную*, которая является основополагающей, заданной сутью науки; назначение её заключается в познании природы, человека и общества в целом, в рационально-теоретическом постижении мира, объяснении процессов и явлений, открытии закономерностей, законов, осуществления прогнозирования и т. д. Данная функция сводится к производству научных знаний;

- *мировоззренческая*, целью её является разработка научной картины мира и соответствующего ей мировоззрения;

- *производственная* (*технико-технологическая*), она необходима для внедрения инноваций, новых форм организаций процессов, технологий и научных нововведений в производственные отрасли;

- *социальная* функция связана с достижениями научно-

технической революции, это используется в разработках программ социального и экономического развития;

- *культурная* (или *образовательная*) сводится к тому, что наука является своего рода феноменом культуры, важным фактором развития людей, их образования и воспитания. Достижения науки существенно влияют на учебно-воспитательный процесс, содержание программ образования, технологии, методы и формы обучения. Эта функция реализуется через систему СМИ, политическую и просветительную деятельность учёных.

Науку следует рассматривать как систему, состоящую из теории, методологии и практики внедрения полученных знаний. При рассмотрении науки с точки зрения взаимодействия субъекта и объекта познания следует выделить её элементы:

- *объект* – то, что изучает конкретная наук, на что направлено научное познание;

- *субъект* – конкретный исследователь, научный работник, специалист научной организации, организация;

- *научная деятельность субъектов*, применяющих определенные приемы, операции, методы для постижения объективной истины и обнаружения законов действительности.

В Общероссийском классификаторе направлений и специальностей высшего профессионального образования с перечнем магистерских программ (специализаций), разработанных научно-методическими советами – отделениями УМО по направлениям образования, выделены:

- *естественные науки* и *математика* (механика, физика, химия, биология, почвоведение, география, гидрометеорология, геология, экология и др.);

- *гуманитарные* и *социально-экономические науки* (культурология, филология, философия, лингвистика, история, политология, психология, социология, регионоведение, менеджмент, экономика, коммерция, агроэкономика, статистика и целый ряд др.);

- *технические науки* (строительство, электроника и микроэлектроника, металлургия, геодезия, горное дело и др.);

- *сельскохозяйственные науки* (агрономия, зоотехника, агроинженерия, лесное дело, рыболовство и др.).

1.2. Знание и познание

Знание – ключевая составляющая предвидения, достоверное, истинное представление о чём-либо. *Истинное знание* – верное отражение действительности. *Ложное знание* – неверное, иллюзиорное отражение действительности. Ложное знание также называют заблуждением. Знание невозможно без познания.

Познание – процесс достижения знания. Различают *чувственное* (эмпирическое) и *рациональное* (теоретическое).

Составляющими *чувственного* познания являются: ощущение, восприятие, представление, воображение. *Ощущение* – оценка предмета или явления через органы чувств (зрительные, слуховые, осязательные, обонятельные, вкусовые) по отдельности. *Восприятие* – оценка предмета или явления в целом через действие органов чувств одновременно. *Представление* – вторичный образ предмета или явления, сохранившийся в памяти, по ранее полученным ощущением и восприятиям. *Воображение* – объединение различных представлений о предмете или явлении.

Составляющими *рационального* мышления являются: мышление, понятие, суждение, умозаключение. *Мышление* – оценка свойств, причинных отношений, закономерных связей между предметами или явлениями. Основным инструментом мышления выступает логическое рассуждение. *Рассуждение* складывается из понятия, суждения и умозаключения. При этом *понятие* – отражает признаки предмета или явления и может быть общим, единичным, абсолютным, относительным, конкретным и собирательным. *Суждение* – мысль, в которой через связь понятий утверждается или отрицается что-либо. *Умозаключение* – последовательность нескольких суждений, в результате которых получается новое суждение. Умозаключение – это вывод, который дает реальную возможность перейти от теории к действительности (практике). Любая научная работа (диссертация, статья, тезисы, доклад о НИР и др.) имеет умозаключение (вывод или выводы). Опираясь на которое можно дать оценку работе по актуальности, новизне, технико-экономической эффективности и рекомендовать результаты работы для практического применения, например, в производстве.

Научному познанию присущи специфические методы построения, систематизации и обоснования знания. Научное познание обладает рядом характеристик:

- направленность на производство знания;

- четкое выделение предмета познания, которое сопряжено с фрагментацией исследуемой реальности, выделением её различных структурных уровней;

- использование специализированного инструментария;

- регламентация определённой совокупностью методов и других видов нормативного знания (принципами, идеалами и нормами, стилем научного мышления);

- наличие специализированного языка, который постоянно адаптируется к специфике познавательных действий.

В научном познании различают два уровня: эмпирический и теоретический.

На *эмпирическом уровне* производится сбор фактов (зафиксированные события, явления, свойства, отношения). Получение статистических данных на основе наблюдений, измерения, эксперимента и их классификация.

Теоретический уровень познания характеризуется сопоставлением, построением и развитием научных гипотез и теорий, формулированием законов и выведением из них логических следствий для применения теоретических знаний на практике.

1.3. Методология научного знания

Фундамент науки строится на систематизации и организации знания, он основывается на формировании новых понятий, законов и теорий. Именно с их помощью удается не только объяснить уже известные факты и явления, но и предсказать новые, неизвестные ранее факты и явления.

Любое научное решение представляет собой решение ряда следующих друг за другом проблем. *Проблема* – это знание о незнании. Исходным пунктом возникновения проблемы является проблемная ситуация, т. е. противоречие между знанием о потребностях в каких-то практических или теоретических действиях и незнанием путей, способных осуществления этих действий. Исходной основой проблемной ситуации является практика, так как она приводит к возникновению всё новых вопросов и проблем. В науке такая ситуация часто возникает в результате открытия новых фактов, которые не могут быть объяснены существующими теориями.

Для решения проблемы выдвигается и обосновывается неко-

торая гипотеза, призванная объяснить новые факты, которые противоречили господствующим положениям. Гипотеза может дать правильный ответ на поставленную проблему, а может оказаться несостоятельной, что выясняется в ходе проверки гипотезы.

Гипотеза – форма осмысления фактического материала, форма перехода от фактов к законам. Под *гипотезой* понимают какое-либо предположение, догадку, предсказание, имеющее определенное основание.

Научная гипотеза – это обоснованное предположение о существенной, закономерной связи явлений. Основаны эти предположения на аналогии или индуктивном обобщении. Научная гипотеза в случае подтверждения образует *теорию*. *Научная теория* – форма достоверного знания о некоторой области действительности, представляющая собой систему взаимосвязанных утверждений и доказательств и содержащая методы объяснения и предсказания явлений в этой области.

Различают описательные и объяснительные, частные и фундаментальные, рабочие и теоретические гипотезы. *Описательные гипотезы* представляют собой прямое обобщение опытных данных, *объяснительные гипотезы* – это предположение во внутренних причинах, механизме действия тех или иных явлений. *Частные гипотезы* характеризуют отдельные явления, *фундаментальные* – охватывают большой круг явлений, имеют универсальный характер, и выводы их приложены к большинству объектов данной науки. *Рабочая гипотеза* выдвигается как первоначальное предположение для систематизации научных фактов, организации и направления научного исследования. Достаточно полно обоснованные, развитые гипотезы, используемые идеальные объекты, относятся к *теоретическим гипотезам.* Гипотезы как догадки менее распространены в научных исследованиях, но они также могут иметь большое значение. Например, догадка Ньютона о законе всемирного тяготения, догадка Резерфорда о получении энергии от ядерных реакций, Либиха – о минеральном питании растений.

Логическое строение гипотезы представляет собой особую форму мышления, состоящую из системы понятий, суждений и умозаключений.

Проверка гипотезы заключается в стремлении к одному результату – достоверности.

1.4. Фундаментальные и прикладные исследования,

НИР, этапы их выполнения

Формой существования и развития науки является научное исследование. Научные исследования по характеру связей с производством и степени важности для народного хозяйства, целевому назначению, источникам финансирования и длительности выполнения классифицируют на виды: фундаментальные, прикладные и разработки.

Научное исследование – это деятельность, направленная на изучение объекта, процесса или явления, их структуры и связей, а также получение и внедрение в практику полезных для человека результатов.

Научные исследования классифицируются по различным основаниям.

По источнику финансирования различают научные исследования *бюджетные*, *хоздоговорные* и *нефинансируемые*. Бюджетные исследования финансируются из средств бюджета, хоздоговорные – организациями-заказчиками по хозяйственным договорам. Нефинансируемые исследования могут выполняться по инициативе ученого, индивидуальному плану преподавателя.

Научные исследования также подразделяются по целевому назначению на фундаментальные, прикладные, поисковые и разработки.

При проведении *поисковых исследований* установляются факторы, влияющие на объект, отыскиваются пути создания новой техники и технологий. В результате научно-исследовательских работ создаются новые технологии, опытные установки, приборы, образцы техники. При выполнении опытно-конструкторских работ осуществляется подбор конструктивных характеристик, составляющих логическую основу создаваемой машины, прибора, конструкции.

Фундаментальные научные исследования – это экспериментальная или теоретическая деятельность, направленная на получение новых знаний об основных законах и закономерностях, функционирования и развития человека, общества, окружающей природной среды.

Прикладные научные исследования – это исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для

достижения практических целей и решения конкретных задач. Они базируются на знаниях, полученных при проведении фундаментальных исследований. Прикладные исследования делятся на поисковые, научно-исследовательские и опытно-конструкторские.

Поисковыми называют исследования, направленные на определение перспективности работы над темой, отыскание путей решения научных задач.

Разработкой называют исследование, которое направлено на внедрение в практику результатов конкретных фундаментальных и прикладных исследований.

По длительности проведения исследования разделяют на долгосрочные, краткосрочные и экспресс-исследования.

В зависимости от форм и методов исследования выделяют экспериментальные, методические, описательные, экспериментально-аналитические и другие исследования.

Процесс выполнения научно-исследовательской работы включает в себя шесть этапов: формулирование темы; формулирование цели и задач исследований; теоретические исследования; экспериментальные исследования; анализ и оформление научных исследований; внедрение результатов исследования в производство, определение экономического эффекта.

1.5. Научно-техническая политика

В современном обществе высокий уровень развития науки, техники и технологий становится источником национального богатства и благосостояния. В связи с этим немаловажную роль для формирования стратегии дальнейшего развития играют процессы разработки и реализации долговременной государственной научно-технической политики.

Аграрное производство является крупнейшей жизнеобеспечивающей сферой народнохозяйственного комплекса. Его состояние и экономическая эффективность функционирования оказывают решающее влияние на уровень продовольственного обеспечения и благосостояния народа.

В растениеводстве научно-исследовательские работы (НИР) должны быть направлены на увеличение объёмов и улучшение

качества производимой растениеводческой продукции на основе повышения плодородия почвы, урожайности сельскохозяйственных культур, преодоление процессов деградации и разрушения природной среды и экологизацию производства; сокращение расхода энергоресурсов и уменьшение зависимости продуктивности растениеводства от природных факторов, повышение эффективности защиты растений от вредителей и болезней, использование орошаемых и осушенных земель. Инновационная политика должна строиться на совершенствовании методов селекции сельскохозяйственных культур, обладающих высоким продуктивным потенциалом, освоении научно обоснованных систем земледелия и семеноводства, обеспечения экологической чистоты сельхозпродукции.

НИР по проблемам переработки сельскохозяйственной продукции должны быть направлены на создании инноваций, способствующих обеспечению населения полноценными продуктами питания с учётом региональных, природных, экономических и других условий, влияющих на функционирование аграрного сектора экономики, на максимальное сохранение питательной ценности сельхозпродукции в процессе её сбора, транспортировки и хранения, удостоверяющих по количеству и качеству все слои населения, на обеспечение экологической чистоты продуктов питания.

Таким образом, можно говорить о комплексной взаимосвязи научно-технической политики и социально-экономического развития страны и её регионов.

1.6. Система инноваций и её роль в агрономии

Инновация – нововведение в области техники, технологии, организации труда и управления, основанные на использовании достижений науки и передового опыта, а также использование этих новшеств в самых разных областях и сферах деятельности. Инновации применительно к растениеводству – это новые технологии, новая техника, новые сорта растений, новые удобрения и средства защиты растений, новые формы организации, финансирования и кредитования производства, новые подходы к подготовке, переподготовке и повышению квалификации кадров и т. д.

Классификация инноваций:

- по распространенности: единичные и диффузные;

- по месту в производственном цикле: сырьевые, обеспечивающие, продуктовые;

- по преемственности: замещающие, отменяющие, возвратные, открывающие, ретровведения;

- по охвату ожидаемой доли рынка: локальные, системные, стратегические;

- по инновационному потенциалу и степени новизны: радиальные, комбинированные и совершенствующие.

Инновационный процесс – это процесс преобразования научного знания в инновацию. Инновационный процесс включает следующие стадии: «наука – техника (технология) – производство – потребление». В растениеводстве инновационный процесс представляет собой постоянный поток превращения научных исследований и разработок в новые или улучшенные продукты, материалы, новые технологии, новые формы организации и управления и доведение их до использования с целью получения эффекта.

Инновационные процессы в сельском хозяйстве имеют свою специфику, они отличаются многообразием региональных, отраслевых, функциональных, технологических и организованных особенностей.

Условиями и факторами, способствующими инновационному развитию растениеводства, являются переход к рыночному способу ведения хозяйствования, наличие природных ресурсов, значительный научно-технический потенциал, ёмкий внутренний продовольственный рынок, возможность производить экологически безопасные, натуральные продукты.

Переход нашей страны к постиндустриальному и инновационному способу производства ставит перед аграрной наукой новые задачи. В развитых странах инновационные факторы обуславливают 80-85 % экономического роста, интеллектуальная собственность составляет около 70 % совокупной рыночной стоимости корпораций. Это свидетельствует о том, что наука, наукоёмкие технологии, активная инновационная деятельность являются исходной движущей силой всей хозяйственной жизни, и преимущественный прирост сельскохозяйственного производства обеспечивается за счёт реализации научно-технических достижений.

Поэтому стабилизация и дальнейшее ускоренное развитие

АПК невозможно без воспроизводства новых знаний, тиражирования достижений науки, их апробации и освоения в производстве, участия науки в разработке и экспертизе принимаемых федеральных и региональных нормативно-правовых актов.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под наукой? Каковы её цель, задачи и функции?
2. Что понимают под проблемой и проблемная ситуацией?
3. Что понимают под научной гипотезой и научной теорией? Как классифицируют гипотезы?
4. Расскажите о фундаментальные и прикладных научных исследованиях.
5. Какие этапы выполнения НИР вы знаете?
6. Что такое научно-техническая политика?
7. Что понимают под инновацией и инновационным процессом?
8. Расскажите о классификация инноваций.

2. ПОНЯТИЕ О МЕТОДОЛОГИИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Основные понятия научно-исследовательской работы

Приступая к подготовке научной работы, следует прежде всего усвоить язык, на котором учёные общаются между собой, он весьма специфичен, в нём много понятий и терминов.

Основу языка науки составляют слова и словосочетания терминологического характера, некоторые из которых с пояснениями приводятся ниже.

Автореферат диссертации – научное издание в виде брошюры, содержащее составленный автором реферат проведенного им исследования, представляемого на соискание степени (академической или учёной).

Актуальность темы – степень её важности в данный момент и в данной ситуации для решения данной проблемы (задачи, вопроса).

Аспект – угол зрения, под которым рассматривается объект (предмет) исследования.

Диссертация – научное произведение, выполненное в форме рукописи, научного доклада, опубликованной монографии или учебника.

Идея – определяющее положение в системе взглядов, теорий и т. д.

Информация: обзорная – вторичная информация, содержащаяся в обзорах научных документов; *справочная* – вторичная информация, представляющая собой систематизированные краткие сведения в какой-либо области знаний; *сигнальная* – вторичная информация различной степени свертывания, выполняющая функцию предварительного оповещения; *реферативная* – вторичная информация, содержащаяся в первичных научных документах; *релевантная* – информация, заключенная в описании прототипа научной задачи.

Исследование научное – процесс выработки новых научных знаний, один из видов познавательной деятельности. Характеризуется объективностью, воспроизводимостью, доказательностью и точностью.

Исследовательское задание – элементарно организованный

комплекс исследовательских действий, сроки исполнения которых устанавливаются с достаточной степенью точности.

Категория – форма логического мышления, в которой раскрываются внутренние, существенные стороны и отношения исследуемых предметов.

Концепция – система взглядов на что-либо, основная мысль, когда определяются цели и задачи исследования и указываются пути его ведения.

Краткое сообщение – научный документ, содержащий сжатое изложение результатов, полученных в итоге научно-исследовательской или опытно-конструкторской работы. Его назначение – оперативно сообщить о результатах выполненной работы на любом её этапе.

Ключевое слово – слово или словосочетание, наиболее полно и специфично характеризующее содержание научного документа или его части.

Метод исследования – способ применения старого знания для получения нового знания, является орудием получения научных фактов.

Методология научного познания – учение о принципах, формах и способах научно-исследовательской деятельности.

Научная тема – задача научного характера, требующая проведения научного исследования.

Научный доклад – научный документ, содержащий изложение научно-исследовательской или опытно-конструкторской работы, опубликованный в печати или прочитанный в аудитории.

Научный отчёт – научный документ, содержащий подробное описание методики, хода исследования (разработки), результаты, выводы, полученные в итоге научно-исследовательской работы. Назначение документа – исчерпывающе осветить выполненную работу по её завершении или за определенный промежуток времени.

Научный факт – событие или явление, которое является освоение для заключения или подтверждения.

Обзор – научный документ, содержащий систематизированные научные данные по какой-либо теме, полученные в итоге анализа первоисточников. Он знакомит с современным состояние научной проблемы и перспективами её развития.

Объект исследования – процесс или явление, порождающие

проблемную ситуацию и избранные для изучения.

Определение (дефиниция) – один из самых надежных способов, предохраняющих от недоразумений в общении, в споре и исследовании.

Предмет исследования – всё то, что находится в границах объекта исследования в определённом аспекте рассмотрения.

Понятие – мысль, в которой отражаются отличительные свойства предметов и отношения между ними.

Принцип – основное, исходное положение какой-либо теории, учения, науки.

2.2. Методология научного исследования: понятие, функции и принципы

Процесс познания, как основа любого научного исследования, является сложным и требует концептуального подхода на основе определенной методологии.

Методология (происходит от греческого methodos – метод и logos – учение) – совокупность приёмов исследования, применяемых в научном познании мира. Методология также формирует представление о последовательности действий исследователя в процессе решения задачи. Отечественные учёные методологию рассматривают как учение о научных методах познания и как систему научных принципов, на основе которых базируется исследование и производится выбор познавательных средств, методов и приёмов исследования.

В современных условиях методология как наука изучает технологию проведения научных исследований: описание и анализ этапов исследований и ряд других проблем. При этом *главой целью методологии науки* остаётся изучение и анализ методов, средств, приёмов, с помощью которых получат новые знания в науке как на эмпирическом, так и теоретическом уровнях познания.

Методология научного исследования:

- определяет способы получения научных знаний, отражающих динамические процессы и явления;
- направляет исследователя на путь реализации поставленной цели;
- обеспечивает всесторонность получения информации о процессе или явлении, которое исследуется;

- помогает введению новой информации в научную теорию в виде новых понятий, категорий, законов, гипотез, идей;

- обеспечивает уточнение, обогащение, систематизацию терминов и понятий в науке;

- создает систему научной информации, которая базируется на объективных фактах, а также логико-аналитический инструмент научного познания;

- организует использование новых знаний в практической деятельности.

Совокупность методов, применяемых при проведении научных исследований в рамках той или иной наук составляет её методологию. Развитие методологии является одной из сторон развития науки в целом.

Каждое научное открытие связано с критическим переосмыслением существующего аппарата понятий, предпосылок, подходов к интерпретации объекта, соответствующих принципов.

Принципы методологии научного исследования:

- *принцип единства теории и практики* означает, что они неразрывно связаны и взаимообуславливают друг друга в процессе человеческой деятельности. Принцип раскрывает диалектику человеческого знания к истине, подчеркивает определяющую роль практики, является критерием истинности теоретических положений в процессе познания;

- *принцип определённости* требует полного и всестороннего отображения наиболее существенных сторон и закономерностей объективных процессов, конкретного исторического подхода к их оценке;

- *принцип конкретности* означает, что отражение действительности в мышлении истинно только, если оно конкретно;

- *принцип познаваемости* означает, что объективный мир, существующий вне и независимо от нас, может быть познан в ходе деятельности человека, так как нет для этого принципиальных препятствий;

- *принцип причинно-следственной связи* заключается в утверждении объективности закономерности и обусловленности одного явления другим и требует учёта разнообразных отношений и связей между ними;

- *принцип объективности* заключается в рассмотрении про-

цессов, явлений, вещей такими, какие они есть, без предвзятости, во всем многообразии их сторон, связей, отношений;

- *принцип развития* состоит в том, что формирование научного знания происходит при полном и всестороннем отражении процессов становления и развития объекта познания, его противоречий, количественных и качественных изменений и взаимного перехода.

Методология научного исследования рассматривает наиболее существенные особенности и признаки методов исследования, раскрывает их при помощи детального анализа. Например, изучая конкретные способы проведения эксперимента, наблюдений, измерения, методология науки выделяет те признаки, которые присущи любому опыту. Наиболее важным для методологии науки является определение проблемы, построение предмета исследования и научной теории, проверка истинности результатов.

2.3. Методологические требования к научному исследованию

Знания в форме установки на действие – это принципы, которые регулируют или нормируют научное исследование. Методология направлена на выработку и осознание определенных норм (методологических принципов) исследования. Методология необходима, поскольку недостаточно знать приёмы метода, нужно знать условия и способы его применения.

Методологические требования к научному исследованию (научной теории), которые являются прямым следствием принципа единства теории и практики: принципиальной проверяемости, максимальной всеобщности выводов, предсказательной силе результатов, принципиальной простоте теории.

Требование принципиальной проверяемости может использоваться в широком и узком смысле. В широком понимании проверяемость предполагает необходимость использования только таких параметров, которые являются эмпирически наблюдаемыми (измеряемыми). В узком понимании проверяемость связывается с возможностью эмпирической проверки неочевидных следствий, например, из уравнений.

Требование максимальной всеобщности выводов. Гносеологические основания требования максимальной всеобщности выво-

дов – это представление о том, что выводы раскрывают сущность явления. Однако сущность в различных условиях проявляет себя различным образом, следовательно, выводы должны касаться большого количества явлений. Теоретический закон, выражающий такую сущность, имеет черты необходимости и универсальности: всегда в определенных условиях реализуется определенная связь событий.

Требование предсказательной силы результатов. Предсказательная сила результатов проявляется в том, что они позволяют объяснить явления, не только известные в момент их получения, создания, но и не попавшие в поле зрения исследователя.

Требования принципиальной простоты теории. Все природные объекты являются сложными системами. Здесь речь идёт о принципиальной простоте принципов: чем меньше принципов, фактов, предположений положено в основу теории, тем она проще. Образцовой в этом смысле является теория относительности А. Эйнштейна: её исходный принцип – равноправие всех систем отсчёта, а эмпирическим базисом выступает факт равенства гравитационной и инерционной масс.

Методология научного познания – это самая общая форма организации научного знания (научно-познавательской деятельности), содержащая в себе принципы построения научного знания, обеспечивающая соответствие его структуры и содержания задачам исследования, включая его методы, проверку истинности полученных результатов и их интерпретацию.

Исследование требует определенной логической последовательности, основу которой составляет рациональное мышление, являющиеся отражением закономерностей реальной действительности. Для того чтобы мышление было таковым, оно должно отвечать трем требованиям:

- быть определённым, т. е. точным, свободным от всякой сбивчивости;

- быть последовательным, т. е. быть свободным от внутренних противоречий, разрушающих связи между мыслями там, где они необходимы;

- быть обоснованным, т. е. не просто формулировать истину, но и указывать на те основания, по которым она с необходимостью должна быть признана истинной.

2.4. Особенности индивидуальной и коллективной научной деятельности, этические и эстетические основания

Различают индивидуальную и коллективную научную деятельность. *Индивидуальная научная деятельность* – процесс научной работы отдельного исследователя. *Коллективная научная деятельность* – деятельность всего сообщества учёных, работающих в данной отрасли науки, или работа научного коллектива исследовательского института, научных групп.

Особенности индивидуальной научной деятельности:

- любая научная деятельность строится «на плечах предшественников». Прежде, чем приступить к научной работе по какой-либо проблеме, необходимо провести полный анализ научной литературы, т. е. изучить, что было сделано в исследуемой области предшественниками;

- научный работник должен чётко ограничивать рамки своей деятельности и определять цель научной работы и последовательно идти к её достижению;

- научный работник обязательно должен освоить научную терминологию и строго выстроить свой понятийный аппарат. Научный язык подчиняется определённым правилам и нормам:

- результат любого исследования должен быть обязательно оформлен в электронном и печатном виде.

Особенности коллективной научной деятельности:

- *коммуникация в науке.* Любые научные исследования могут проводиться только в определенном сообществе учёных. Это связано с тем, что любому исследователю, даже самому квалифицированному, всегда необходимо обговаривать и обсуждать с коллегами свои идеи, полученные факты, теоретические построения, чтобы избежать ошибок и заблуждений. Одним из условий научного общения исследователя является это его участие в различных научно-практических конференциях, семинарах и симпозиумах (непосредственное или виртуальное общение), а также просматривание научной литературы – статей в печатных и электронных изданиях;

- *плюрализм научного мнения.* Научная работа каждого исследовательского коллектива должна строго планироваться. Но при

этом каждый исследователь имеет право на свою точку зрения, свое мнение, которые, безусловно, должны уважаться;

- *внедрение результатов исследования* – важнейший этап научной деятельности, поскольку конечной целью науки как отрасли народного хозяйства является внедрение полученных результатов в практику. Однако не все результаты научной работы должны быть обязательно внедрены. Часто исследования проводятся для обогащения самой науки, развития её теории и арсенала фактов.

Важное место занимает научная организация труда. Её основные положения предусматривают высокую организованность труда научного работника, плавность научной работы, контролирование и точное фиксирование результатов работы, обеспечение резерва в научной работе, строгое соблюдение режима и гигиены умственного труда, использование средств для механизации и автоматизации.

Эстетическое основание методологии. В любой деятельности человека присутствуют эстетические компоненты. Они в научной деятельности играют существенную роль. Настоящему учёному занятие наукой доставляет огромное наслаждение. Хорошо организованный, чередующийся с отдыхом свободный труд становится основной формой развития творческих, духовных и физических сил человека, его жизненной потребностью.

Этические основания методологии. Любая деятельность человека осуществляется основывается на морали и организовывается в соответствии с нравственными нормами. Моральные ценности являются своеобразным регулятором отношений общества и личности, они пронизывают всю деятельность человека, всю систему взаимодействия между людьми. Такие категории морали как добро, долг, честь, совесть, в этих ценностях получают конкретное выражение. Моральные ценности должны быть эталонами должного поведения. Различают два специфических аспекта этики: корпоративную и профессиональную.

Корпоративная этика – свод писанных и неписанных норм взаимоотношений между сотрудниками в рамках конкретной организации, учреждения, либо сложившихся как градации, либо закрепленных в документах – уставах, должностных инструкциях. Каждый руководитель и каждый сотрудник должны действовать этим внутренним нормам.

Профессиональная этика. Для некоторых профессий существуют, помимо общечеловеческих, общенациональных этических

норм, ещё и дополнительные профессиональные этические нормы, например, педагогическая норма.

Нормы научной этики не сформулированы в виде каких-либо утвержденных кодексов, официальных требований, но они существуют и могут рассматриваться в двух аспектах: внутренние (в сообществе учёных) этические нормы и внешние – как социальная ответственность учёных за свои действия и их последействия.

2.5. Средства и методы научного исследования

Средства и методы являются важнейшими составляющими компонентами логической структуры организации деятельности. В ходе развития науки разрабатываются и совершенствуются средства познания: материальные, математические, логические, языковые.

Материальные средства познания – это, в первую очередь, приборы для научных исследований. С возникновением материальных средств познания связано формирование материальных средств познания – наблюдения, измерения в экспериментах.

Информационные средства познания. Массовое внедрение вычислительной техники, информационных технологий, средств коммуникаций коренным образом преобразует научно-исследовательскую деятельность во многих отраслях науки, делает их средствами научного познания, расширяет и упрощает научные коммуникации.

Развитие *математических средств познания* оказывает все большее влияние на развитие современной науки.

Использование *логических средств познания* в процессе построения рассуждений и доказательств позволят исследователю отделять контролируемые аргументы от интуитивно или некритически принимаемых, ложные от истинных, путаницу от противоречий.

Языковые средства познания. Важным языковым средством познания являются правила построения определений, понятий (дефиниций). Во всяком научном исследовании учёному приходится уточнять введенные понятия, символы и знаки, употреблять новые понятия и знаки. Определения всегда связаны с языком как средством познания и выражения знаний. При помощи использования языков как естественных, так и искусственных исследова-

тель строит свои рассуждения и доказательства, формулирует гипотезы, получает выводы и т. д.

Методы научного исследования. Существенную, подчас определяющую роль в построении любой научной работы применяемые методы исследования. Методы исследования подразделяются на эмпирические и теоретические.

Если методология – это учение об организации деятельности, то научное исследование – это цикл деятельности, его структурными единицами выступают направленные действия. *Действие* – это единица деятельности, отличительной особенностью которой являются операции, соотнесенные с объективно-предметными условиями достижения цели. То или иное действие может достигнуто разными операциями. В месте с тем одна и та же операция может входить в разные действия.

Исходя из этого выделяют теоретические методы операции (анализ, синтез, сравнение и т. д.), методы-действия (диалектика, построение гипотез, научные теории, проверенные практикой и т. д.) и эмпирические методы-операции (изучение литературы, документов, результатов деятельности, измерение и т. д.) и методы-действия (обследование, изучение и обобщение опыта, опытная работа, эксперимент).

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные понятия научно-исследовательской работы.
2. Что такое методология научного исследования?
3. Какие принципы методологии научного исследования вы знаете?
4. Расскажите методологических требованиях к научному исследованию.
5. Какие особенности индивидуальной и коллективной научной деятельности, этические и эстетические основания вы знаете?
6. Какие средства и методы научного исследования существуют?

3. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ. ФИЛОСОФСКИЕ И ОБЩЕНАУЧНЫЕ МЕТОДЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Процесс познания, как основа любого научного исследования, является сложным и требует концептуального подхода на основе определенной методологии, применения определенных методов.

Характерным признаком современной науки является возрастание роли методологии при решении проблем роста и развития специализированного знания.

Метод в широком смысле – это путь исследования, путь познания теории, учения, социальный способ достижения необходимого результата, осуществления деятельности, решения поставленных задач. Он вступает как совокупность определенных правил, приёмов и способов для познания объекта (предмета) исследования. Метод представляет собой систему предписаний, принципов, требований, ориентирует исследователя на траекторию достижения поставленной цели.

Метод научных исследований связан с познанием объективных закономерностей действительности, что составляет его объективную сторону. Выработанные на этой основе приёмы и правила исследования и преобразования явлений составляют субъективную сторону.

Главная функция метода – внутренняя организация и регулирование процесса познания. Научный метод представляет собой такую совокупность правил, приёмов, норм познавательной деятельности, которая фиксируется и систематически воспроизводится с обеспечением прироста знания.

В свою очередь *методика* – это фиксированная совокупность приёмов практической деятельности, реализация которой приводит к заранее определенным результатам. В научном познании методика играет значительную роль в эмпирических исследованиях. В отличие от метода в задачи методики не входит теоретическое обоснование полученных результатов, она концентрируется на технической стороне исследования и регламентации действий учёного. В современных условиях большое значение приобретает детальное описание методической стороны исследований.

В современной науке сложилась многоуровневая концепция методологии знания, согласно которой методы научного познания

по степени общности и сфере действия могут быть разделены на философские методы научных исследований, общенаучные методы научных исследований и специальные методы научных исследований.

Философский метод представляет собой связанную с философией мировоззренчески выраженную систему наиболее общих правил и приёмов теоретического и практического освоения действительности. Он задает общие принципы познания, выступает его стратегией. Основополагающие методы, которые широко используются в познании – это диалектический и метафизический.

Диалектический метод – система правил и установок, связанных с целенаправленным применением идей, категорий, принципов и законов диалектики к познавательной деятельности. Согласно ему объект предстает как динамическое, развивающее образование, которое изменчиво в своём развитии, и должно рассматриваться в контексте своих связей, всесторонне, в совокупности своих существенных свойств.

Принципами диалектики как метода познания являются: развитие, объективность, всесторонность, всеобщая связь, конкретность, историчность и др. Они находят отражение в понятиях, категориях и законах диалектики.

Диалектика опирается на три основных закона: единства и борьбы противоположностей (процесс развития осуществляется посредством разрешения противоречий, внутренне присущих всем реальным явлениям и образованиям), как и связям между ними; перехода количественных изменений в качественные, закон отрицания отрицания (развитие, реализуя себя в виде спирали, являет себя цепью следующих друг за другом отрицаний, например, зерно – росток – зерно или теория – практика – новая теория).

Метафизический метод – система правил и установок, связанных с целенаправленным применением идей и принципов метафизики к познавательной деятельности, реализации её задач. Согласно данному методу объект предстаёт как статистическое, самотождественное, завершенное образование, которое в своей сущности остаётся неизменным, и должно рассматриваться вне контекста своих связей и отношений.

Современное сельское хозяйственное производство – очень сложное многокомпонентная система, конечный результат функционирования зависит от того, как составляющие её компо-

ненты взаимосвязаны между собой. Поэтому на основе современного научного подхода к управлению должен быть *системный подход* (принцип), который в планировании предполагает увеличение роли науки в выработке оптимальных планов и целей производства, в исполнительной фазе – в определении рациональных путей достижения этих целей.

Системный метод представляет собой методологию научного анализа решения проблемы, который представляет собой наши знания о процессах формирования урожая, плодородия почвы таким образом, что создается возможность быстро находить лучшие по избранным критериям плановые и технологические решения.

В научном познании *системный поход* занимает одно из ведущих мест. Его сущность состоит в исследовании объектов как систем (например, исследование живого организма с его составными частями, внутренними и внешними связями, сведение главной информации об организме в единую теорию, раскрытие сущности организма, его целостности). Яркий пример системного подхода в науке – это учение В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере.

Значение системного подхода заключается в следующем: понятия и принципы системного подхода имеют более широкую познавательную реальность по сравнению с прежними подходами; в основе системного подхода лежат поиск конкретных механизмов целостности объекта и выявление достаточно полной технологии его связей; сложный объект нуждается не в одном, а в нескольких расчленениях, одно из которых является наиболее обоснованным и лучше всего фиксирует свойства объекта исследований, его структуру (пример такого подхода – определители болезней, вредителей, сортов растений и т. п.).

В системном подходе используют такое понятие, как *системный анализ*, в котором переплетены элементы науки и практики. Его важнейшие принципы сводятся к следующему: процесс анализа должен начинаться с определения и чёткой формулировки конечных целей; всю проблему рассматривают как единую систему со всеми взаимосвязями и последствиями каждого возможного её решения; необходимо выявлять и анализировать альтернативные пути достижения цели; цели отдельных подсистем не должны противоречить одна другой и целям всей программы. Исследование сложных систем предполагает гармоничное соединение аналити-

ческих и синтетических методов изучения структуры объекта и его функций.

Для эффективного изучения сложных биологических систем на основе системного подхода необходимо сконцентрировать и объединить не только комплекс сложных методик, но и также методы исследований, как описательный, сравнительный, экспериментальный и исторический.

Используемые в агрономии методы подразделяют на общенаучные и конкретно-научные (специальные). Из общенаучных методов в агрономии используют выдвижение гипотезы, эксперимент, наблюдение, анализ, синтез, индукция, дедукция, абстрагирование, конкретизация, аналогия, моделирование, формализация, инверсия, обобщение и т. д.

Гипотеза – научное предположение, истинное значение которого является неопределённым. Различают гипотезы как метод развития научных знаний и как составную часть научной теории. Если гипотезы выдвигаются для развития знаний, то сначала высказывают определённые предположения, которые потом проверяют экспериментально.

Если гипотеза выдвинута на основе уже известных знаний, то она является обоснованным предположением. Гипотезы могут быть и простыми догадками. Например, в хозяйстве выявлена низкая урожайность районированного сорта озимой пшеницы Светоч. Анализируя причину, можно выдвинуть несколько рабочих гипотез: уровень минерального питания низкий и его надо повысить; соотношение питательных элементов не соответствует требованиям культуры и сорта; нормы высева не отвечают уровню плодородия почвы, неправильно подобран предшественник и т. д.

Каждую гипотезу выдвигают на основании того, что наблюдается на практике. Гипотезы проверяют в экспериментах. Если при улучшении названных элементов агротехники урожайность и качество продукции не повышается, то выдвигают предположение о необходимости замены данного сорта на другой, более перспективный.

При выдвижении рабочих гипотез пользуются следующими правилами: гипотезы должны соответствовать фактам, которые они касаются; из выдвинутых гипотез наиболее приемлема та, которая объясняет большее число фактов; для объяснения фактов связь

гипотез с ними должна быть наиболее тесной; противоречивые гипотезы не могут быть одновременно истинными; при выдвижении гипотез необходимо осознавать достоверность выводов из них.

Эксперимент – метод познания, с помощью которого в искусственно созданных и контролируемых условиях изучают объекты и происходящие в них процессы. С помощью экспериментов проверяют гипотезы.

Экспериментально изучают не только отдельные элементы агротехники (удобрения, нормы высева, глубину обработки, предшественники, пестициды и т. п.), но целые технологии (например, новые ресурсосберегающие по сравнению со старыми традиционными).

Эксперимент (опыт) – ведущий метод агрономических исследований вместе с выдвижением гипотез и наблюдениями.

Наблюдения – целенаправленное сосредоточение внимания исследователя на явлениях, происходящих в эксперименте, или явлениях природы, их количественная и качественная регистрация. Основные требования к наблюдениям: получение однозначных результатов исследований; объективность и возможность контроля с помощью повторного наблюдения; использование для наблюдений точных приборов; правильная интерпретация результатов. Примеры наблюдений: определение наступления фенофаз растений, повреждения культур вредителями, поражения болезнями, наблюдениями за почвенными показателями, за погодными условиями и т. д. В результате таких наблюдений можно сделать ценные выводы об агроклиматическом районировании культур и их сортов. Разновидностью наблюдений является учёт урожая и качества продукции.

Анализ – метод исследований, с помощью которого исследуемый объект мысленно или физически расчленяют на составные части для детального изучения. Например, опыт сначала анализируют по каждой делянке, затем по проворностям, вариантам. Растения анализируют в динамике их роста через определённый интервал времени или даже по фазам роста. Для определения химического состава растений их сначала расчленяют на отдельные органы (листья, стебли, корни, плоды), которые потом анализируют специальными методами. В маслосеменах подсолнечника определяют содержание сырого жира, в зерне злаковых культур – содер-

жание белка и клейковины, в клубнях картофеля – крахмала и т. д.

В научных исследованиях применят несколько видов анализа. Один из них состоит в том, что после расчленения объекта на составные части определяют соотношения между ними. Другой вид анализа – классификация почв, растений, болезней, вредителей и т. п.

Синтез – соединение расчленённых и проанализированных частей исследуемого объекта или нескольких объектов в единое целое. Задача синтеза заключается в том, что на основании детального анализа получить необходимые данные для выводов и обобщений. Синтез противоположен анализу, но они взаимозависимы и взаимообусловлены. Например, анализируя данные каждого повторения опыта, исследователь вычисляет среднее арифметическое по каждой делянке, варианту. Анализ каждого варианта ведёт к их объединению в опыте, после чего делают выводы, обобщения. Заключительный этап – рекомендации для производства.

Сравнение – это познавательная операция, лежащая в основе суждений о сходстве или различии объектов. С помощью сравнения выявляются количественные и качественные характеристики объектов, осуществляется их классификация, упорядочение и оценка. Сравнение – это сопоставление одного с другим. При этом важную роль играют основания или признаки сравнения, которые определяют возможные отношения между объектами.

Индукция – метод исследований, с помощью которого суждения ведут от фактов к конкретным выводам. Например, если листья растений желтеют в период вегетации, то делают вывод о недостатке азота; если они приобретают фиолетовый оттенок – о недостатке фосфора; если листья вянут – об ухудшении водного режима растений.

Дедукция – метод исследований, который позволяет с помощью анализа общих положений и фактов делать частные одиночные выводы. Апробацию сортов сельскохозяйственных культур с помощью морфологических признаков различных сортов проводят также с использованием дедуктивного метода. Другой пример: по фактическому соотношению питательных веществ в растениях или по визуальным показателям делают выводы об уровне обеспеченности сельскохозяйственных культур удобрениями.

Абстрагирование – мысленное выделение основного в объекте исследований, его наиболее существенных связей. Используют

два типа абстрагирования: отождествление (для создания понятий о системах, классах) и изолирование (для выделения основного среди второстепенного). Так, среди десятков вариантов агротехнического опыта исследователь выбирает самые эффективные. Селекционер выделяет среди сотен гибридов лучшие по наиболее важным показателям (урожайности, качеству продукции, устойчивости к неблагоприятным условиям среды).

Иногда используют абстракцию идеализации – мысленное представление объектов или процессов с оптимальными параметрами, пока реально не существующих. Так, идеальный сорт пшеницы должен иметь высокую урожайность, хлебопекарные качества, быть устойчивым к вредителям, болезням, морозо-, зимо- и засухоустойчивым, не полегать на высоком агрофоне и т. п. Абстракцию идеализации используют сначала для создания теории, а потом для изучения в эксперименте и применения на практике.

Конкретизация – метод исследований, с помощью которого от абстрактного переходят к конкретному. Например, выделив в создании органического вещества основной процесс – фотосинтез и поняв его сущность, исследователь мысленно возвращается к растению, его среде, к системе среда – растение, рассматривает взаимодействие растения со всеми факторами его жизни. Таким образом, методы абстракции и конкретизации взаимосвязаны, дополняют друг друга.

Аналогия – метод, благодаря которому знания об известных уже объектах, предметах, явлениях переносятся на другие, похожие на них. При этом вывод делается по аналогии. Так, если в хозяйстве внедряют новый сорт картофеля и о нём известно, что он аналогичен районированному сорту Удача, то это значит, что он будет ранним, высокоурожайным, лёжким и устойчивым к заболеваниям, как и сорт Пригожий.

Моделирование – метод исследования объектов, процессов и явлений на их моделях. Сущность моделирования – замена объектов, которые трудно изучать, на специально созданные аналоги – модели. Модели исследования на моделях будут в том случае эффективными, если каждая из них будет иметь черты оригинала. Так можно моделировать почву, растительные клетки, органы, растения. Математическую модель не создают, объект лишь описывают соответствующими уравнениями (например, математическое описание урожайности определённой культуры или сорта в

зависимости от условий внешней среды). Пример простого моделирования в опытном деле – составление схемы опыта, вычерчивание в масштабе опытной делянки, схематическое изображение всего опыта с выделением повторений, защиток и обозначением каждого варианта.

Формализация – метод изучения объектов с помощью отдельных и форм, которые отображают содержание объекта исследования. Чаще всего формализацию применяют с использованием математики, приводя доказательства в виде последовательных формул. Например, урожайность культуры зависит от типа почвы (X_1), содержания в ней азота (X_2), фосфора (X_3). Калия (X_4), влажности (X_5), аэрации почвы (X_6) и других факторов (X_n). Величину урожайности последовательно вычислят сначала через зависимость от каждого из них, после чего выводят общую формуле:

Использование подобных формул с определёнными коэффициентами – сущность метода формализации.

Инверсия – метод необычного изучения объектов, явлений (под определённым углом или с противоположной стороны). Основное в методе инверсии – это отказ от общепринятых взглядов и приёмов. Например, перед химическим анализом образцы растений сначала высушивают, затем берут навески и анализируют определёнными методами. Однако при высушивании образцов высокими температурами в них происходят превращения, в результате которых может существенно измениться биохимический состав, результаты анализа будут искажены. Поэтому для биохимических анализов растения обезвоживают противоположным путём – вымораживанием. При этом биохимические изменения в растениях не происходят и анализ покажет фактическое содержание органических веществ в растениях.

Обобщение – метод, с помощью которого мысленно переходят от отдельных факторов, явлений и процессов к отождествлению в мыслях; от одного понятия, суждения к более общему. Так обобщают результаты исследований для каждого повторения, затем для всего опыта, группы хозяйств, находящихся в аналогичных почвенно-климатических условиях. Обобщать можно факты, суждения и научные теории. Для этого используют такие методы,

как абстрагирование, конкретизация, анализ, синтез и др.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под методом научного исследования?
2. Расскажите о системном методе, системном подходе, системном анализе. В чём различия между ними?
3. Какие философские методы научных исследований вы знаете?
4. Что понимают под экспериментом, наблюдением?
5. Дайте определение понятиям «анализ», «синтез».
6. Что понимают под индукцией, дедукцией?
7. Дайте определение понятиям «абстрагирование», «конкретизация».
8. Что понимают под аналогией, моделированием.
9. Дайте определение понятиям «формализация», «инверсия», «обобщение».

4. МЕТОДЫ НАУЧНОЙ АГРОНОМИИ. СУЩНОСТЬ И ЗНАЧЕНИЕ ПОЛЕВОГО МЕТОДА В АГРОНОМИИ

4.1. Методы научной агрономии

Агрономия – комплексная наука. Она занимается разработкой теоретических основ и агротехнических приёмов дальнейшего повышения продуктивности культурных растений и улучшения качества урожая. Для выполнения этих задач необходимо постоянное расширение научных знаний, нахождения способов направленного изменения растений, выведение новых форм и сортов сельскохозяйственных культур, наиболее адаптированных к условиям среды в соответствии с потребностями растений, что достигается научно-исследовательской работой. В связи с большой комплексностью изучаемых объектов в научной агрономии пользуются различными методами исследования, заимствованные из области точных наук (химии, физиологии, физики и др.), а также специфические методы, используемые только в агрономии.

К специальным методам, применяемым в научной агрономии, относятся: лабораторный, вегетационный, лизиметрический, вегетационно-полевой, полевой, экспедиционный. Каждый из них можно использовать совместно с другими специальными и общенаучными методами.

Лабораторный метод используют для анализа растений и среды их обитания, изучения взаимодействия растений с почвой, обмена веществ в растениях, оценки качества урожая, исследования физических (влажность, плотность, структура почвы и др.), химических (содержание макро- и микроэлементов в почве и растениях и др.), микробиологических (целюлозоразлагающая способность, ферментов, численность и состав микроорганизмов и др.) свойств почвы, определяют всхожесть семенного материала и т. д. Определяя содержание макро- и микроэлементов в растениях, массу растений и проводя расчёты, получают информацию о выносе из почвы питательных элементов теми или иными культурами.

Изучение свойств почвы, содержание в ней семян сорных растений, их вегетативных органов размножения позволяет получить данные о её окультуренности и пригодности для выращивания сельскохозяйственных растений.

Лабораторный метод предполагает не только детальный анализ, но и всесторонний объективный синтез результатов исследований с последующей их проверкой на практике. Так, в годы с чрезмерным количеством атмосферных осадков содержание сахара в корнях сахарной свёклы может значительно снижаться. Но это не означает, что увеличение количества осадков обязательно приведёт к ухудшению качества корнеплодов сахарной свёклы. Необходимо всесторонне проанализировать другие факторы жизни растений (питательный, воздушный и температурный режим почвы), оптимизация которых при увеличении осадков предотвратит ухудшение качества урожая.

Без лабораторного метода исследований нельзя обойтись при проведении вегетационных и полевых опытов, его используют при выборе земельной площади для опытных участков, при планировании и проведении опытов.

Вегетационный метод – исследования растений, выращиваемых в сосудах в стеклянных домиках при строго контролируемых условиях внешней среды сроком от нескольких дней до нескольких месяцев. С многолетними растениями исследования проводят несколько лет. Основная цель вегетационного метода – изучить влияние отдельных факторов жизни растений, сущность процессов, происходящих в растении, в почве и системе «почва – растение».

Вегетационный метод позволяет поддерживать в соответствии с программой исследований различные условия по влажности, обеспеченности элементами питания, pH раствора, освещению, температуре и т. д. Однако результаты вегетационного опыта нельзя переносить на производственные условия. Влияние отдельных факторов жизни растений на их продуктивность можно детально изучить лишь в природных условиях, т. е. в поле.

Благодаря вегетационному методу были изучены многие важные вопросы научной агрономии: доступность растениям фосфора из фосфоритной муки; роль клубеньковых бактерий в усвоении азота бобовыми растениями из воздуха; значение навоза как дополнительного источника диоксида углерода для растений и др. Эффективным этот метод оказался при изучении влияния различных внешних факторов на минеральное питание растений и обмен веществ в них, роли воды в питании растений, установлении плодородия различных почв и их горизонтов и т. д.

В вегетационных сосудах нет всех горизонтов почвы, которые свойственны полю, нет подпочвы и тех особенностей водного режима, которые складываются на полях по открытым небом. Часто в сосудах питательным субстратом служат песок, гравий, вода и т. п. Из-за этого вегетационный опыт не позволяет ответить на вопрос, как будет влиять изучаемый фактор на продуктивность растений в полевых условиях. Вегетационный метод требует значительных затрат на сооружение вегетационных домиков и их оборудование.

Академик Д.Н. Прянишников, оценивая вегетационный и полевой методы, отмечал, что первый из них более точен, но меньше подходит для непосредственного внедрения его результатов в производство; второй, т. е. полевой, наоборот, менее точен, но более практичен. Поэтому эти два метода взаимно дополняют друг друга.

Лизиметрический метод – исследование растений и свойств почвы в поле для изучения баланса влаги и элементов питания. Такие исследования проводят в очень больших сосудах – лизиметрах, которые периодически взвешивают. Лизиметры устанавливают в поле в заранее выкопанные ямы. Дно лизиметра имеет отверстие, через которые собирают промывные воды в специальные поддоны для химических анализов. Высота почвы в лизиметрах колеблется от 0,25 до 2 м, чаще использует 1,0-1,5 м. В лизиметры почву насыпают, либо вставляют вырезанный монолит из почвы. Лизиметры делают из бетона (на 1-2 $м^3$) или из металла диаметром 20-100 см, могут использоваться лейки диаметром до 50 см.

С помощью лизиметрического метода изучено: динамика влажности почвы, передвижение атмосферных осадков, вымывание солей из почвы и удобрений; транспирация и испарение влаги почвой, водопроницаемость различных почв и др.

Вегетационно-полевой метод – исследование растений непосредственно в поле в металлических цилиндрах, т. е. в сосудах без дна. Высота цилиндров от 0,3 до 1,0 м. Их закапывают или забивают так, чтобы верхняя часть цилиндра была на 10 см выше уровня почвы. Почва в цилиндрах отделена от почвы поля лишь сбоку.

С помощью вегетационно-полевого метода изучают эффективность удобрений, плодородие генетических горизонтов почвы,

моделируют условия внешней среды, используют в селекционной работе.

Полевой метод – это проведение полевых опытов (экспериментов), основной метод научной агрономии. На основе полевых опытов разрабатывают рекомендуемые агроприёмы, технологии и испытывают сорта для сельскохозяйственного производства.

Основная задача полевого метода – выявление достоверных различий между вариантами опытов, количественная оценка влияния факторов жизни на урожайность растений и качество продукции. Почти все важные научные проблемы агрономической науки решаются с помощью полевого метода исследований. В полевых условиях изучаются агроприёмы (глубина, сроки, способы обработки почвы, нормы высева, предшественники, мероприятия по борьбе с вредными объектами, эффективность органических и минеральных удобрений и т. п.), а также различные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Полевые опыты, проводимые в научных учреждениях и на производстве, направлены на то, чтобы дать оценку экономической эффективности вариантов и внедрить лучшие из них в производство.

Несмотря на то, что полевой опыт в научной агрономии относится к основным, его не следует противопоставлять другим специальным и общенаучным методам. Эффективность полевого метода значительно повышается в сочетании с другими методами, выбор которых определяется программой исследований.

Экспедиционный метод используют для изучения и обобщения агрономических вопросов непосредственно на производстве с помощью обследования посевов культур и их сортов.

Основные цели экспедиционных исследований: выяснение причин полегания озимых, гибели озимых и многолетних трав; изучение условий получения высоких и низких урожаев сельскохозяйственных культур; изучение причин ухудшения или улучшения качества продукции, распространение вредных объектов и т. п.

4.2. Сущность и значение полевого опыта в научной агрономии

В специальной литературе приводятся различные определения понятия «полевой опыт». Например, профессор А.А. Кудряв-

цев даёт такое определение полевого опыта: «Полевой опыт в широком понимании есть метод исследования жизни растений в природной обстановке в зависимости от воздействия на него разнообразных условий».

Академик П.Н. Константинов дал следующее определение полевого опыта: «Полевой опыт – эксперимент, направленный к развитию производительных сил сельского хозяйства и к оказанию научной помощи сельскохозяйственному производству, эксперимент с учётом конкретной местной производственной и природной обстановки, с учётом истории изучаемого вопроса и перспектив развития».

Советский учёный- почвовед Б.А. Доспехов дал следующее определение полевому опыту, которое необходимо запомнить: «Полевой сельскохозяйственный опыт – исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке».

Основная задача полевого опыта – это установление различий между вариантами опыта, количественная оценка действия факторов жизни, условий или приёмов воздействия на урожай растений и его качество.

Необходимо твёрдо усвоить следующее: какие бы сенсационные результаты не получали в ходе проведения лабораторных, вегетационных или лизиметрических исследований, главный «судья» в этом вопросе полевой опыт. Именно его результаты являются решающими при оценке того или иного агроприёма, технологии или сорта. Можно получать значительные прибавки урожая в лабораторных опытах от внесения удобрений, но если этих прибавок нет в полевом опыте (при условии отсутствия нарушений при его проведении), то это всё ничто. **Полевой опыт является решающим методом исследований в полеводстве и в других отраслях растениеводства.**

Все виды полевых опытов делятся на две большие группы: агротехнические и опыты по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур.

Основная задача агротехнических опытов заключается в сравнении и объективной оценки действия различных факторов жизни, условий, приёмов возделывания и их сочетаний на урожай и качество сельскохозяйственных растений. Сюда относятся опыты по изучению предшественников, основной обработки почвы, удобрений, норм высева и сроков посева, способов борьбы с сорняками,

болезнями, вредителями и т. д.

В опытах по сортоиспытанию при одинаковых условиях сравнивают генетически различные растения для объективной оценки сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. На основании этих опытов наиболее перспективные и урожайные сорта районируют и внедряют в производство.

Различают *станционное* и *государственное сортоиспытание*. *Станционное сортоиспытание* осуществляют в селекционно-опытных учреждениях, оценивая сорта и гибриды, выведенные в селекционном учреждении или вузе. Цель этого испытания – изучение и отбор лучших сортов и гибридов для передачи их в государственное сортоиспытание. *Государственное сортоиспытание* – это заключительный этап селекционного процесса, после которого наиболее удачные сорта, гибриды получают как лучшие в сравнении со стандартами (контролями) по урожайности, качеству продукции, экономической эффективности, устойчивости к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям среды.

Производственное сортоиспытание окончательно определяет пригодность сорта (гибрида), выделявшегося в конкурсном испытании, для новых технологий и определяет его экономическую эффективность. Эти испытания проводят на производстве, либо на государственных сортоиспытательных станциях, с применением той технологии, которая принята в данном районе. Площадь посева каждого сорта должна быть не менее 2 га.

Основной научно-производственной единицей сортоиспытания является *сортоучасток*. Его организуют на базе лучших хозяйств, либо научных учреждений и вузов.

В зависимости от количества изучаемых факторов, места и длительности проведения опытов, охвату почвенно-климатических условий полевые опыты подразделяются на несколько видов:

- однофакторные и многофакторные;
- единичные и массовые (географические);
- разведывательные, краткосрочные, многолетние, длительные;
- опыты, заложенные на специальных опытных полях в НИИ или в вузе и в производственной обстановке.

Опыт называется однофакторным (простым), если в нем изучают действие одного простого или сложного (составного) количественного фактора с несколькими градациями – дозы удобрений,

пестицидов, норм полива, способа посева и т. д. В однофакторном опыте сравнивается и действие ряда количественных факторов таких, как разные сорта, гибриды, способы и глубины основной обработки почвы, предшественники.

Многофакторные опыты – это такие опыты, в которых одновременно изучают действие и взаимодействие двух и более факторов.

Географические опыты проводят в различных почвенно-климатических зонах по единой методике, разработанной научным координационным центром. Эти центры координируют исследования, принимают отчёты, обобщают результаты исследований и дают рекомендации. *Единичные опыты* проводят в разных географических пунктах, но не по единой программе учреждения-координатора, а по схеме, созданной отдельными исследователями или их группами.

Разведывательные (временные) опыты проводят на протяжении 1-2 лет для выявления тех агроприёмов или сортов культур, которые необходимо изучать в последующих опытах.

Краткосрочные опыты проводят в течение 3-10 лет, обычно на протяжении ротации севооборота. Краткосрочными являются опыты, которые ведут студенты, магистранты и аспиранты для написания выпускных работ (дипломных или диссертаций).

Многолетние опыты проводят в течение 11-50 лет в научно-исследовательских учреждениях или вузах на специально выделенных участках (стационарах).

Длительные опыты ведут более 50 лет в отдельных институтах почвенно-климатических зонах, краях и республиках.

Контрольные вопросы

1. В чём сущность лабораторного метода исследований?
2. В чём сущность вегетационного метода исследований?
3. Расскажите о лизиметрическом методе исследований.
4. Расскажите о вегетационно-полевом методе исследований?
5. Почему полевой метод является основным методом исследований в отраслях растениеводства?
6. Для чего проводят экспедиционный метод исследований?
7. Расскажите о классификации полевых опытов.
8. Расскажите о значении полевого метода в агрономии.

5. ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

5.1. Основные требования к полевому опыту

Особенность полевого опыта состоит в том, что культурные растения изучаются вместе со всей совокупностью почвенных, климатических и агротехнических факторов очень близких к производственным условиям или непосредственно в производственной обстановке. Результаты полевого опыта зависят от определённых методических требований: типичность опыта; соблюдение принципа единственного различия; проведение опыта на специально выделенном участке; воспроизводимость результатов; проведение исследований на перспективных сортах; введение дополнительных вариантов и контролей; учёт не только основных, но и сопутствующих показателей; точность и достоверность опыта.

Под типичностью (репрезентативностью) полевого опыта понимают соответствие его проведения почвенно-климатическим и агротехническим условиям данного района или зоны. Так, агроприёмы и сорта сельскохозяйственных культур, созданные для условий Поволжья следует изучать в Поволжье, а не Сибири, т. е. любой опыт должен отвечать требованию почвенно-климатической типичности. При этом опыты надо проводить на высоком уровне технологии. Опыты при низком уровне агротехники не имеют производственной ценности.

Принцип единственного различия. При постановке опыта необходимо соблюдать единство всех условий, кроме одного – изучаемого. Сущность этого принципа заключается в том, что при проведении полевого опыта разнообразны лишь изучаемые, исследуемые факторы, а не изучаемые (производственно-агротехнический фон) должны быть одинаковыми. Принцип единственного различия не следует понимать механически. Например, если в опыте сравниваются два разноспелых гибрида кукурузы, то их нельзя высевать одинаковой нормой, так как один из гибридов окажется в невыгодных для сравнения условиях. Поэтому более правильно сравнивать эти гибриды не при одинаковых, а при оптимальных для каждого гибрида нормах высева. Следовательно, принцип единообразия должен пониматься как *принцип целесооб-*

разности и оптимальности.

Требование проведения полевого опыта на *специально выделенном участке* с хорошо известной историей – это логическое продолжение принципа единственного различия, что обязательно для любого полевого опыта.

Воспроизводимость результатов. В соответствии с этим требованием исследователь, повторяя опыт во времени по идентичной методике и в аналогичных условиях, должен получить такие результаты, как и предыдущих опытах. Воспроизводимость результатов важна для проверки достоверности полученных раннее данных и уверенного внедрения лучших вариантов в производство.

Для воспроизведения опытов в аналогичных условиях исследователь должен детально описать все условия: Место проведения опыта (населенный пункт, район, область), почву (тип, гранулометрический состав, химические свойства, уровень грунтовых вод, экспозиция и крутизна склона), погодные условия, предшественник, культуры и сорта, сущность технологии возделывания, машины и орудия для механизации, специфические особенности проведения опытов и т.п. Также исследователь должен описать методику исследования: схему опыта и контроль, размер делянок, соотношение сторон, ширину защитных полос, повторность, метод размещения вариантов, методику учётов и наблюдений, сроки выполнения работ и т.п.

Введение дополнительных вариантов и контролей. В опытах с изучением эффективности органических и минеральных удобрений для построения схемы опытов берут дозы, применяемые в хозяйстве. Чаще всего это полное минеральное удобрение (60 или 90 кг д. в. NPK на 1 га) или навоз (20 т/га). При этом не вычленяется содержание питательных элементов в навозе. В результате такого опыта нельзя дать ответ, какие удобрения в данном случае эффективнее. Потому в схему опыта надо ввести ещё один вариант – NPK в дозах эквивалентных содержанию этих элементов в навозе с учётом определения в нём NPK перед внесением органического удобрения.

Учёт не только основных, но и сопутствующих показателей. Учёт основных показателей – урожайности и качества продукции – даёт возможность выявить лучшие и худшие варианты опыта, т. е. повышение или снижение урожая и его качества, по сравнению с контролем. Однако целью научного исследования является еще и

объяснение причин такого увеличения или снижения урожайности и изменения качество урожая. Для этого проводят сопутствующие учёты и наблюдения, подбор которых зависит от темы и задач опыта. Так, в опытах по изучению основной обработки почвы принимают во внимание не только урожайность и качество продукции, но и структур урожая, а также влажность, плотность, твёрдость почвы, другие агрофизические свойства почвы, засорённость посевов и почвы. Без учёта сопутствующих показателей опыты нельзя считать полноценными, так как невозможно полностью выявить причины эффективности изучаемых вариантов или сортов.

Тщательное ведение документации. Всю научную документацию ведут с соблюдением определённых правил: своевременность записей, полнота сведений об опыте, однотипность записей в динамике вегетационного периода и по годам, достоверность и точность.

Точность и достоверность опыта. Точность опыта – это степень близости его результатов к истинному значению. Иногда исследователи в научных работах ограничиваются лишь расчётами НСР и не приводят значения относительных ошибок опыта. Отсутствие числового значения ошибок не позволяет сделать вывод от точности проведённого опыта. Точность опыта – это один из основных показателей качества опытной работы. Исследователь должен быть точным во всем, начиная с варьирования плодородия почвы под опыт и кончая обобщением результатов исследований. О точности опытов судят по статистическим ошибкам, которые обозначаются символами: (ошибка средней арифметической), (относительная ошибка средней или опыта). Чем ниже числовое значение ошибок, тем выше точность опыта. При значении >7 % точность опыта считается неудовлетворительной.

Урожай и качество сельскохозяйственных культур – главные объективные показатели при характеристике изучаемых в опыте вариантов. Только по результатам учёта урожая, который интегрирует и отражает действие всех изучаемых условий возделывания возможно количественно установить влияние изучаемых факторов.

Под *достоверностью опыта* по существу понимают логически правильно постоянную схему и методику проведения опыта, соответствие их поставленным перед исследованием задачам, пра-

вильным выбором объекта и условий проведения данного опыта. Следует иметь ввиду, что полевые опыты, проведенные по неправильным разработанным схеме и методике, с нарушением всех перечисленных требований искажают результаты исследований и не могут использоваться для их сравнительной оценки.

При проведении опыта исследователь может столкнуться с тремя видами ошибок: случайными, систематическими и грубыми (промахами). *Ошибка* – это расхождение между результатами выборочного наблюдения и истинным значением измеряемой величины.

Случайные ошибки возникают под действием очень большого числа факторов, эффекты действия которых столь незначительны, что их нельзя выделить и учесть в отдельности. Основные причины возникновения случайных ошибок – это неоднородность плодородия почвы опытного участка, механические повреждения, поражение растений болезнями, вредителями, технические ошибки и т. д. Они имеют место при проведении любого опыта, их нельзя устранить полностью, но совершенствованием техники и методики опыта можно свести к минимуму. Характерной особенностью случайных ошибок является их способность взаимно поглощаться в результате одинаковой вероятности положительных и отрицательных значений. Благодаря этому при обобщении данных и выведению средних показателей погрешности уменьшается с увеличением числа наблюдений.

Систематические ошибки искажают измеряемую величину в сторону увеличения или уменьшения в результате определенной постоянной величины, например, изменения плодородия почвы. Основную особенность систематических ошибок составляет их однонаправленность, они или завышают, или занижают результат.

Грубые ошибки возникают чаще всего в результате небрежного или неумелого выполнения работ. Например, исследователь по небрежности дважды внёс удобрения на одну и ту же делянку, неправильно записал массу урожая и т. д. При такой категории ошибок опыт бракуется.

Кроме *методической достоверности опыта* различают и *статистическую достоверность опыта*, которая состоит в определении достоверности (существенности) разниц между средними арифметическими значениями ( ), корреляций (r) и др. с помощью статистических критериев (t) и существенных наименьших разно-

стей НСР.

5.2. Особенности проведения полевых опытов и причины варьирования урожайности в них

Наиболее характерные особенности условий проведения полевого опыта следующие:

- сильная изменчивость (вариация) и неоднородность неконтролируемых (температуры, силы ветра, солнечной радиации, продолжительности дня и т.д.) внешних факторов роста и развития растений. Сильная вариация метеорологических условий по годам исследований;
- сезонность, а отсюда медленность получения информации методом полевого опыта;
- неоднородность почвенного плодородия земельных участков, где закладываются опыты.

Вот по этим особенностям и сложным нестабильным природным условиям полевой опыт отличается от лабораторного, инженерного и других типов сравнительных экспериментов.

В зависимости от почвенно-климатических условий вегетационного периода даже на одном и том же земельном участке при одинаковой агротехнике одной и той же культуры (сорта) эффективность изучаемых факторов сильно колеблется по годам.

Причинами варьирования урожайности в опытах могут быть: технические ошибки при проведении (разные площади делянок, глубина вспашки, неодинаковые потери урожая); индивидуальная изменчивость растений; повреждения растений болезнями и вредителями, механические повреждения, изреженность и т. д.; неоднородность плодородия почвы в пределах опытного участка. Всё это необходимо учитывать при планировании и проведения эксперимента.

Общая особенность территориальной изменчивости состоит в том, что наряду со случайным варьированием наблюдается систематическое (закономерное) варьирование плодородия почвы и урожайности по делянкам.

Случайное варьирование заключается в том, что урожайность делянок дробного учёта колеблется вокруг среднего значения. Причём характер этих колебаний не меняется при переходе от одной делянки к другой, а разница между выборками средними, статистически несущественна.

Закономерное варьирование сводится к тому, что разности между выборками средними отдельных делянок дробного учёта статистически существенны. При закономерном варьировании переход от одной делянки к другой характеризуется более высоким или наоборот более низким уровнем плодородия.

Таким образом, наличие закономерной изменчивости плодородия почв опытных участков создает определенные трудности для экспериментальной работы и применения статистических методов обработки данных. Наличие этой закономерности по распределению урожайности не всегда подчиняется закону нормального распределения, который является теоретической основной правильного применения статистических методов обработки результатов опыта и методов дисперсионного анализа. Это затруднение преодолевается рендомизированные размещением вариантов по делянкам опыта.

5.3. Выбор и подготовка участка под опыт

Успешное проведение полевого опыта в значительной степени зависит от особенностей участка, на котором ставят опыт. Поэтому выбору участка для опытов необходимо уделить пристальное внимание.

Основные требования, которые предъявляют к земельному участку под опыт – это типичность или репрезентативность. Типичность участка должна соблюдаться, прежде всего в отношении почвы и водного режима (осадки, грунтовые воды) и быть характерной для данного района. Отсюда вытекает второе требование к опытному участку – однородность его почвенного покрова.

Выделить однородный, типичный земельный участок для опыта бывает довольно трудно. Поэтому, чтобы правильно это сделать, необходимо тщательно изучить его историю, провести почвенное обследование, изучить рельеф, микрорельеф, засорённость и учесть ряд возможных случайных факторов.

На типичность участка и точность опыта в значительной степени влияет близость водных бассейнов, древесных насаждений, построек, которые обуславливают неравномерность освещения, почвенной и воздушной влажности и др. Поэтому под опыт рекомендуется выбирать участок не ближе: 25-30 м от отдельных де-

ревьев, 40-50 м – от леса и построек; 10 м – от изгородей; 5-10 м – от проезжих дорог; 100-200 м от большого лесного массива, оврага, водных бассейнов.

Закладывать опыт, на участках, история которых неизвестна – нельзя. Поэтому необходимо убедиться, что последние 3-4 года на этом участке постоянно высевали одну культуру (а не разные в течение года), применяли единую систему обработки почвы, удобрения, гербициды, хотя по годам и обработка почвы, и предшественники и удобрения могут быть различными.

Почвы опытного участка должны принадлежать к почвенной разности, имеющий широкое распространение в районе деятельности опытного учреждения. Чтобы правильно решить этот вопрос, необходимо воспользоваться почвенной картой, а при её отсутствии, необходим провести детальное изучение почвы в масштабе 1: 5 000 или 1: 1 000.

Почва опытного участка должна быть однородной. Если нельзя выбрать однородный почвенный участок, то можно ограничиться однородностью почвы в пределах каждого отдельного повторения.

Для определения почвенной разности, степени однородности почвы и глубины залегания грунтовых вод используют обычные методы – почвенные разрезы (шурфы) и прикопки. По ним определяют: тип почвы, её гранулометрический состав, глубину вскипания, мощность гумусового горизонта и содержание гумуса, основных макроэлементов (N, P, K), поглотительные свойства и кислотность почвы, водно-физические свойства.

Обследование почвенного участка проводится с целью выявления почвенной однородности и для наилучшего расположения вариантов по делянкам в полевом опыте.

Для большинства опытов предпочтителен ровный или с небольшим однообразным уклоном участок (1-2,5 м на 100 м). Наряду с микрорельефом при выборе земельного участка необходимо учитывать и микрорельеф: блюдца, бугорки, мелкие ложбинки, свальные и развальные борозды и т. д.

Предварительное изучение истории и опытного участка, его почвенного покрова дают ориентировочное представление о земельном участке. Состояние почвенного покрова и его пестроту изучают при помощи уравнительного и рекогносцировочного (разведывательного) посевов.

Рекогносцировочный посев – это сплошной посев одной культуры, предшествующий закладке опыта и проводимый для выявления степени однородности почвенного плодородия на площади опыта путём дробного учёта урожая одинаковыми делянками. Чаще всего для рекогносцировочных посевов используют яровые зерновые культуры (ячмень, яровую пшеницу, овёс). Наилучшим образом почвенное плодородие участка характеризуют мелкие делянки (10 м^2), желательно квадратной формы.

Уравнительным посевом называют сплошной посев какой-либо культуры, проведенной по всей площади выбранного участка для повышения однородности почвенного плодородия. Этот посев отличается от обычного хозяйственного посева тем, что все технические операции на площади будущего опыта проводят на более высоком агротехническом уровне. С помощью уравнительных посевов, если их применяют в течение нескольких лет подряд (2-3 года) удаётся в некоторой степени устранить пестроту земельного участка, вызванную последствием агротехнических приёмов.

Получение данных дробного учёта в полевом опыте – это большая и трудная работа, которая сопряжена со значительными затратами. Поэтому в основном данные дробных учётов используют для разрешения методических вопросов по закладке полевых опытов.

Таким образом, для закладки полевого опыта и правильного выбора участка достаточно провести почвенное обследование, нивелировку, изучить историю поля, дать визуальную оценку изменчивости плодородия на уравнительном или хозяйственном посеве.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные требования к полевому опыту.
2. Расскажите о достоверности опыта и видах ошибок, возникающих при проведении исследований.
3. Какие особенности проведения полевых опытов вы знаете?
4. Как правильно выбрать и подготовить участок под опыт?
5. Что такое уравнительный и рекогносцировочный посевы?

6. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

6.1. Понятие о методике полевого опыта и слагающих её элементах

Полевой опыт ставят на делянках различной формы и величины.

Опытная делянка – это часть площади опытного участка определённой формы. Она предназначена размещения на ней *варианта опыта* (изучаемое растение, сорт, агроприём, технология возделывания). Совокупность всех вариантов, предназначенных для изучения и сравнения составляют схему опыта.

Под *методикой полевого опыта* понимают совокупность слагающих её элементов: число вариантов, площадь делянок, их форму и направление, повторность, систему размещения повторений, делянок и вариантов на территории, организацию опыта во времени, метод учёта урожая, математическую обработку полученных данных, перечень и порядок ведения первичной научной документации, сопутствующие наблюдения.

Число вариантов в опыте. Число вариантов в схеме любого опыта обычно является заранее заданной величиной, которая всецело определяется его содержанием и задачами. При увеличении числа вариантов свыше 12-16 возрастает пестрота плодородия почвы и расстояние между сравниваемыми вариантами, что ведёт к увеличению ошибки опыта. При малом количестве в опыте вариантов (2-3) необходима более частая повторность, для того чтобы иметь достаточное количество наблюдений для правильной оценки ошибки опыта. Крупные (большие) делянки при увеличении числа вариантов значительно сильнее увеличивают ошибку опыта, чем мелкие (маленькие).

Общее требование к подбору вариантов – они должны охватывать весь практически наблюдаемый диапазон. Если математическая модель заранее известна, то варианты располагают следующим образом: по одному в начале и в конце диапазона; по три в точках перегиба или экстремума (минимума, максимума). По две на плавных участках кривой. При этом концевые варианты входят в число этих двух или трёх, что уменьшает общее число вариантов.

Число контролей и их частота. В схеме опыта может быть один, два и более контролей. Например, при изучении доз органических удобрений в качестве контроля берут ту дозу, которую приняли в хозяйстве до постановки опыта (производственный контроль). Для научных целей используют другой контрольный вариант (без органических удобрений).

В опытах с минеральными удобрениями может быть три контроля: дозы удобрений, используемых в хозяйстве (производственный контроль); без минеральных удобрений; органические удобрения без минеральных (агрофон).

При изучении гербицидов также можно использовать три контроля: доза гербицида, применяемая в хозяйстве до постановки опыта; механическая борьба с сорняками без применения гербицида; без борьбы с сорняками.

В опыта по сортоиспытанию в качестве контрольного сорта (стандарта) берут не только районированные, но и перспективные сорта.

Частота контролей – важный элемент опыта. Иногда делянки выпадают по случайным причинам – наезды транспорта, потравы, хищения, заиливание. Для обеспечения надежной точности опыта число контрольных делянок должно быть больше повторений в опыте. Если в опыте много вариантов, то на каждые 8-10 вариантов выделяют контрольные делянки (стандарты). На частоту контрольных делянок влияет, и пестрота почвенного плодородия опытного участка – чем она больше, тем больше должна быть частота контролей.

Повторение опыта в пространстве и во времени. Точность и надежность средних данных по вариантам в большей степени определяется повторением опыта на территории (пространстве) и во времени. Применение повторностей в опыте позволяет учесть ошибки, связанные с неоднородностью почвы опытного участка, индивидуальными различиями растений, случайными повреждениями и ошибками технического характера, а также связанные с различными метеорологическими условиями вегетационного периода.

Повторность опыта на территории называют число одноименных делянок каждого варианта, а *повторностью опыта во времени* – число лет испытаний новых агроприёмов, технологий и

сортов. Территориальная повторность даёт возможность полнее охватить каждым вариантом пестроту земельного участка, получить более устойчивые и точные средние показатели, а повторность во времени позволяет установить действие, взаимодействие и последействие факторов в разных метеорологических условиях.

При увеличении количества повторностей заметно снижается ошибка опыта. Особенно сильно ошибка снижается при увеличении 4-6 кратной повторности. Увеличение повторности сильнее уменьшает ошибку опыта, чем рост размера делянок при неизменной повторности. Поэтому при не выравненности участка лучше увеличить число повторностей, чем площади делянок.

Эффективность повторности особенно чётко проявляется, если целые повторения, т. е. весь набор изучаемых вариантов опыта, располагать в пределах даже сильно отличающихся, но достаточно однородных внутри себя частей земельного участка, отведенного под опыт. Большую часть однофакторных и небольших многофакторных полевых опытов проводят как правило при 4-кратной повторности, а при малых делянках на недостаточно выравненном участке при 6-8 кратной повторности. Повторность выше 8-кратной используется в специальных случаях, например, для выявления незначительных эффектов вариантов (стимуляторы роста, микроудобрения и др.)

Многофакторные многовариантные опыты по изучению и взаимодействию количественных факторов в широком диапазоне их градаций (4-6 доз) можно проводить в 2-3 кратной повторности методом блоков, используя теорию блоков для группировки вариантов блоки.

Проведение опытов без повторности допустимо в предварительных, рекогносцировочных и демонстрационных опытах.

Результаты полевого эксперимента сильно зависят от погодных условий года. Поэтому для получения надежных результатов наряду с повторностью на территории необходимо повторять полевые опыты во времени или по годам.

Размещение повторностей. Полевые опыты обычно размещают на площади земельного участка методом организованных повторений. *Организованное повторение* – это часть площади опытного участка, включающая полный набор вариантов схемы опыта. При этом делянки с набором всех вариантов объединяют территориально в компактную группу, составляя определённым

образом организованное повторение, которое занимает часть площади участка. Выбор этого метода можно обосновать тем, что в условиях полевого опыта различия в плодородии почвы внутри организованного повторения значительно меньше, чем между повторениями.

Опыт может размещаться на земельном участке и без территориального объединения вариантов в компактные группы – повторения, а полностью случайно. Такое размещение называют *методом неорганизованных повторений* или полной рендомизацией. Оно допускается только на опытных полях в небольших опытах на хорошо выравненных по плодородию земельных участках.

Организованные повторения могут быть размещены двумя способами: сплошным (все повторения объединены территориально) и разбросным (все повторения по одному или по несколько расположены в разных частях поля и опытный участок не имеет общей границы). Второй способ чаще всего применяют вынужденно при отсутствии на одном месте достаточного земельного участка, где можно разместить все повторения в непосредственной близости друг от друга, например, в районах с невыровненным рельефом и т.п. Иногда повторения разбрасывают умышленно, когда нужен охват разнообразных условий, например, в опытах по оценке новых приёмов или сортов в разных почвенных и агротехнических условиях. В этих условиях несколько одинаковых опытов-повторений располагают на участках с различными по гранулометрическому составу и плодородию почвами, в разных севооборотах и при одинаковом уровне агротехники.

Обычно стараются все повторения полевого опыта разместить на одном участке и по возможности компактно в один, два или несколько ярусов.

Организованные повторения контролируют значительную часть территориальной изменчивости опытного участка, позволяют нейтрализовать влияние на результаты опыта изменчивости опытного участка и обеспечить возможность уменьшения ошибки опыта в процессе дисперсионного анализа экспериментальных данных, отчленив варьирование урожайности по вариантам от случайного варьирования.

Площадь, форма делянок и их варьирование в опыте. Экспериментальной делянкой в опыте служит делянка, имеющая определенный размер и форму. Делянки служат для размещения на них

изучаемых и контрольных вариантов. Размер опытных делянок зависит от культуры, габитуса растений и площади питания, задачи и вида опыта (рекогносцировочный, лабораторно-полевой, полевой), степени и характера пестроты участка, машин и орудий, способов посева, ухода за посевами и уборки, и уровня механизации.

Чем меньше площадь питания и больше растений на единице площади, тем меньше может быть размер делянки и наоборот. В лабораторно-полевых опытах площадь делянки всегда меньше, чем в опытах, проводимых в условиях производства. Чем больше предполагается механизировать процессы выращивания культур, тем больше берется размер опытной делянки. Однако стремиться к чрезмерному увеличению размеров делянок нецелесообразно, так как это приводит к снижению точности опыта. Чем больше площадь делянки, тем большая требуется площадь для размещения опыта в натуре, тем труднее подобрать для этой цели участок достаточно однородный по плодородию, тем сложнее обеспечить быстрое, в сжатые сроки проведение наблюдений, учётов и полевых работ на всех делянках, что влечёт за собой снижение точности исследований, увеличение ошибки опыта. При очень малых делянках часто отмечаются большие колебания урожайности по повторениям, что снижает достоверность полученных данных и затрудняет применение машин и орудий. Целесообразно планировать делянки, обеспечивающие проведение всех полевых работ с максимальной механизацией, включая уборку. Поэтому нижним пределом площади делянки является возможность нормального проведения всех агротехнических работ.

В практике опытного дела широко используются делянки размером 5-200 м^2, а на первоначальных этапах исследовательской работы – 10-50 м^2, делянки менее 10 м^2 применяются в микрополевых опытах, при селекции растений, когда посевного материала мало. Для зерновых культур достаточно 40-60 м^2, для пропашных –
50-100 м^2.

Ширина защитных полос. В зависимости от условий, технологии возделывания культур или сорта, которые изучают в опыте рост растений может быть усиленным, ослабленным или средним. Более густые и высокие растения будут угнетать растения, которые расположены рядом на соседних делянках. Чтобы предотвра-

тить влияние растений соседних делянок между делянками предусматривают полосы или ряды – продольные и поперечные.

Ориентация делянок на местности. Немалое значение в повышении достоверности и точности опыта имеет **направление длинной стороны делянки**, то есть её ориентация на опытном участке. Опытные делянки длинной стороной должны располагаться по направлению наиболее сильно действующего, не изучаемого фактора. Так, при расположении опыта на склоне, опытная делянка обязательно должна быть вытянута вдоль склона, а не поперек. На полях, защищенных лесными полосами, делянка своей длинной стороной располагается перпендикулярно к лесной полосе. При наличии на земельном участке каких-либо других полос различного плодородия, она располагается также по направлению их действия.

При закладке опытов на выровненных по плодородию участках, направление делянок не оказывает существенного влияния на точность опыта и определяется техническими условиями проведения эксперимента.

6.2. Методы размещения вариантов опыта на участке

В полевом опыте варианты по делянкам можно размещать стандартным, систематическим или рендомизированным методами.

При размещении *стандартным методом* контроль (стандарт) располагают через один-два опытных варианта, сравнивая затем каждый вариант со своим контролем (рис. 1).

Стандартный способ основан на предположении, что плодородие опытного участка изменяется постепенно. Предполагается также, что частое расположение контроля устраняет влияние пестроты плодородия почвы. Опыт получается очень громоздким, с нерациональным использованием опытного участка. Поэтому в опытах стандартный метод применяют очень редко, чаще всего в исследованиях с небольшим числом вариантов или в селекционной работе на первых её этапах для визуальной оценки образцов в коллекционном питомнике, где варианты представляют собой 1-3 рядка.

Систематическое размещение вариантов предусматривает

такое построение опыта, когда варианты в каждом повторении расположены по определенной системе или, когда порядок следования вариантов в каждом повторении сохраняется. В полевой практике систематический метод используется довольно широко благодаря простоте и удобству пользования.

I			II			III			
1 St	2	3	1 St	3	2	1 St	2	3	1 St

I				II				III			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

I				II				III			
4	2	3	1	1	3	2	4	3	1	4	2

Рис. 1. Методы размещения вариантов трёх повторений по делянкам полевого опыта: стандартный – верхний ряд; систематический средний ряд; нижний ряд – рендомизированный

При использовании систематического метода делянки каждого варианта разных повторений размещают равномерно по участку. В зависимости от конфигурации участка, размера делянок, числа повторений и вариантов делянки располагают либо последовательно в один ярус, либо шахматным способом в несколько ярусов. При шахматном расположении порядок следования вариантов в повторениях разных ярусов сдвигается не произвольно, а по расчёту. Так при шести вариантах и двух ярусах делянки необходимо сместить на 3 номера (6 : 2 = 3).

Недостаток систематического метода размещения вариантов: иногда возможны совершенно неожиданные, непредвиденные искажения эффектов по вариантам, а также ненадежна систематическая оценка ошибки опыта.

Подавляющее же большинство полевых опытов закладывают сейчас методами, в основу которых положен принцип *случайного* или *рендомизированного*, размещения вариантов, особенно при закономерном варьировании неконтролируемых факторов в опыте.

Рендомизированное размещение вариантов не только повышает точность опыта, но предотвращает крупные методические ошибки.

С помощью рендомизации ошибки, обусловленные изменением плодородия почвы, превращаются из систематических в равновероятные для любой делянки, что позволяет правильно оценить ошибку опыта и наименьшую существенную разницу (НСР) между вариантами. Порядок расположения вариантов в каждом повторении выполняется случайным образом путём жеребьёвки или с помощью таблицы случайных чисел при составлении схемы опыта.

Одним из простейших способов рендомизированного размещения вариантов и повторений в полевом опыте является *метод неорганизованных повторений.* Суть этого метода состоит в полной, неограниченной рендомизации, когда варианты по делянкам всего опытного участка распределяются совершенно случайно без выделения повторений опыта, обезличивая их. Этот способ наиболее часто применяют на хорошо выравненном участке при небольшом числе изучаемых вариантов (два-четыре). Всю территорию опытного участка разбивают на нужное количество делянок (например, 12 при схеме три варианта в 4-кратной повторности) и по таблице случайных чисел или жребию размещают варианты по делянкам так, чтобы в каждом варианте было по четыре делянки.

Наиболее распространен метод *рендомизированных повторений*. Здесь варианты распределяются в случайном порядке по каждому повторению отдельно. Для каждого повторения проводят свою рендомизацию. Число вариантов при этом методе их распределения может достигать 15-20. При наличии более 8-10 вариантов рекомендуется выделить дополнительные делянки контроля или объединять варианты внутри повторения в однородные группы. Порядок расположения групп внутри повторений и вариантов внутри групп определяется рендомизацией.

Разновидностью рендомизированного способа является способ *латинского квадрата.*

При использовании метода *латинского квадрата* число повторений должно соответствовать числу вариантов, а общее число делянок в опыте – быть равным квадрату числа вариантов схемы (при четырех вариантах $4 \times 4 = 16$, при пяти вариантах $5 \times 5 = 25$ и т. д.). При этом способе земельный участок квадратной или прямоугольной формы разбивают в горизонтальном и вертикальном направлении на столько рядов и столбцов, сколько вариантов в

опыте. В каждом ряду и столбце необходим полный набор всех вариантов, и они не должны повторяться. Варианты размещают внутри столбцов и рядов случайно – по таблице случайных чисел (рис. 2).

При этом способе устраняется влияние систематического изменения плодородия почвы опытного участка на результаты опыта, но усложняется схема опыта и затрудняется его проведение, особенно при числе вариантов свыше пяти-шести.

3	1	2	4
1	2	4	3
2	4	3	1
4	3	1	2

Рис. 2. Схема размещения четырех вариантов по методу латинского квадрата в 4-кратной повторности (1, 2, 3, 4 – номера вариантов)

Метод расщепленных делянок применяют в многофакторных опытах, когда в отношении какого-либо одного фактора требуется получить точную информацию, а в отношении других факторов нет необходимости добиваться большой точности. В этом случае крупные делянки первого порядка (например, разные предшественники, различные виды обработки почвы) делят, расщепляют в поперечном направлении на делянки второго порядка (например, дозы удобрений), а делянки второго порядка аналогичным образом расщепляют на более мелкие делянки третьего порядка (например, различные сорта, рис. 3).

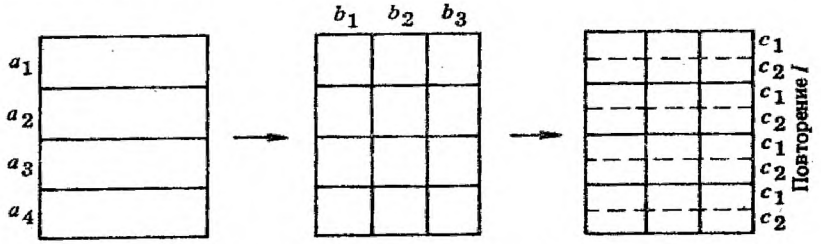


Рис. 3. Схема последовательного наложения вариантов в трехфакторном опыте методом расщепленных делянок (в одном повторении):
а – предшественники; в – дозы удобрений; с – различные сорта

Этот метод получил большое распространение в опытной ра-

боте. Метод расщепленных делянок удобен в поле, но и как все методы, он имеет недостаток: в многовариантных опытах с большим числом повторений сильно проявляется неравнозначность сравнения главных эффектов и взаимодействий. Эффекты вариантов, размещенных на субделянках (более мелких), а также их оцениваются обычно более точнее, чем главные эффекты вариантов, расположенных на главных делянках.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под опытной делянкой и методикой полевого опыта?
2. Дайте понятие варианту (опытному, контрольному, стандартному). Отчего зависит число вариантов и как оно влияет на точность опыта?
3. Что понимают под повторением и повторностью опыта?
4. Что понимают под размером делянки? Отчего зависит площадь делянки и её ориентация в пространстве?
5. Какие защитные полосы делянок вы знаете? Каково их значение?
6. Расскажите о стандартном, систематическом рендомизированные методах размещения вариантов.
7. Раскройте метод латинского квадрата.
8. Опишите метод расщепленных делянок.

7. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

7.1. Общие принципы и этапы планирования эксперимента

Планирование опыта – ответственный период научно-исследовательской работы. Это не только создание фундамента опыта, но и его проект, от которого будут зависеть достоверность, точность и эффективность всего эксперимента. При планировании опыта следует применять методы математической статистики и компьютеры.

Основная задача при планировании опыта – это поиск оптимальных условий для роста растений для повышения урожайности и качества растениеводческой продукции. При планировании опыта возникает задача выбора оптимальных доз изучаемого фактора.

Математическое планирование применяют лишь тогда, когда опыт может быть воспроизведён, а факторы управляемы.

Управляемые факторы – это сорт, удобрение, обработка почвы, схема посева, предшественники, пестициды и т. п., *малоуправляемые* – температура воздуха и почвы, свет и т. п. *Неуправляемыми факторами* считают атмосферные осадки, зимние морозы.

Таким образом, планирование опыта – это выбор минимального числа вариантов, а также выбор условий проведения опыта для их оптимизации.

Выбор параметров. Параметр – это то, что надо оптимизировать, это реакция на факторы. Параметров может быть множество: урожайность, содержание витаминов, лёжкость картофеля, засухоустойчивость растений, их устойчивость к болезням и вредителям и т. д. Для того чтобы найти оптимум, необходимо выбрать один параметр, все остальные параметры будут иметь ограничения.

Оптимизировать одновременно несколько функций невозможно, поэтому оптимизируют одну из них, наиболее важную, для чего выбирают главный параметр оптимизации.

Выбор факторов. На параметры оптимизации (урожай, его качество, устойчивость к болезням, вредителям и др.) воздействуют несколько десятков факторов: свет, сорт, элементы питания, влажность и температура почвы способы обработки почвы и др. При математическом планировании должны быть учтены самые главные факторы. Успех планирования во многом зависит от

удачного выбора факторов.

Фактор – это способы воздействия на объект исследования. Каждый фактор имеет свою область определения – совокупность всех значений, которые он может воспринимать. Эти значения могут быть количественными (дозы удобрений, глубина обработки почвы, площадь питания растений и др.) и качественными (форма удобрений, сорта, разные пестициды и др.)

Выбор модели опыта. Опыт должен быть спланирован так, чтобы в нём были все оптимальные варианты при минимуме затрат на его проведение. Правильно выбранная математическая модель подскажет даже те оптимальные варианты, которые ранее не изучались.

Сложным и ответственным этапом планирования является разработка схемы и методики опыта, выбор полевых и лабораторных (анализов) и учётов для оценки и объяснения действия изучаемых факторов. Надежность результатов эксперимента и соответствие их поставленной задаче зависят от правильного решения основного вопроса планирования – разработки рациональной схемы полевого опыта.

При планировании схем *однофакторных опытов*, каждый год закладывают на новых земельных участках, следует иметь ввиду два основных момента: варианты могут различаться качественно (изучаются и сравниваются способы посева и обработки почвы, предшественники, разные формы удобрений, пестициды, сорта и т. п.); в опыте могут быть количественные градации изучаемых факторов (опыты с дозами удобрений, нормами полива, глубиной обработки почвы, нормами посева семян и т. п.).

Примерная схема опыта с качественными вариантами по изучению предшественников озимой пшеницы: 1. чистый пар (контроль); 2. горох; 3. кукуруза з/к; 4. викоовёс; 5. подсолнечник н/с.

В опытах с количественными вариантами важно правильно установить единицу варьирования для доз изучаемого фактора и число градаций (доз). Важно так составить схему опыта, чтобы на основании экспериментальных точек – эффектов вариантов можно было построить кривую отзывчивости (отклика), которая будет характеризовать зависимость урожая от изменения изучаемых градаций фактора. Обычно связь между урожаем и возрастающими дозами одного фактора не линейна. Поэтому необходимо иметь достаточное число в широком диапазоне, т. е. установить равные

интервалы между градациями фактора или предугадать больше градаций в местах перегибов кривой отзывчивости. Обычно достаточно иметь 5-8 уровней (доз, градаций) изучаемого фактора, чтобы они охватывали стационарную, лимитирующую и ингибирующую области (рис. 4).

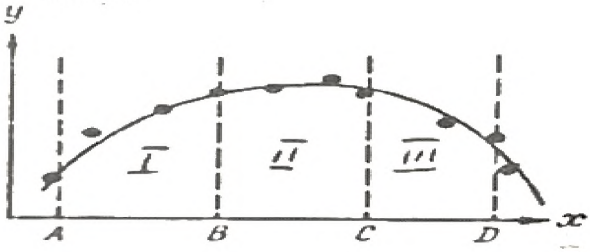


Рис. 4. Типичная форма кривой однофакторной зависимости: А –лимитирующая область; ВС–стационарная область; СД–ингибирующая область

Точных рекомендаций по выбору величины шага нет, и многое здесь зависит от квалификации и интуиции экспериментатора.

Примерная схема опыта с количественным фактором по изучению доз азотных удобрений под озимую пшеницу: 1. Без удобрений (контроль); 2. N_{30}; 3. N_{60}; 4. N_{90}; 5. N_{120}.

В опытах с качественными факторами важно точнее определить прибавку урожая в сравнении с контролем или стандартом, поэтому достаточно 4-6 кратной повторности. В опытах с количественными факторами выгоднее иметь больше вариантов, не повышая повторность сверх 3-4 кратной.

Принципиальная особенность многофакторного опыта – возможность установить действие изучаемых факторов, характер и величину их взаимодействия при совместном применении.

Чтобы на основе данных многофакторного эксперимента можно было вычислить эффекты действия и взаимодействия факторов при планировании его схемы, необходимо выдержать принцип *факториальности*. Суть его заключается в том, чтобы схема должна предусматривать испытание всех возможных сочетаний намеченных к изучению факторов и их градаций (доз).

В факториальных опытах может изучаться действие и взаимодействие как количественных, так и качественных факторов, и их градаций. Для количественных факторов нулевая градация (0)

означает отсутствие изучаемого фактора, например, без удобрений, без полива и т. д. Для качественных факторов нулевая градация означает контрольный вариант, например, вспашка на 20-22 см, стандартный сорт и т.д.

В качестве примера возьмем простой факториальный опыт с изучением двух видов удобрений (азотных и фосфорных) в двух градациях (дозы 0 и 1). Схема факториального опыта будет следующей: 0, N, P, NP. Этот опыт позволяет определить эффекты N и P и NP и взаимодействия NP.

Планирование полных факториальных схем облегчается с использованием специальной символики (кодирования) вариантов. Изучаемые факторы обычно обозначаются заглавными латинскими буквами A, B, C, D и т. д., а их градации – цифрами 0, 1, 2, 3 и т. д. Кодирование позволяет всё разнообразие схем многофакторных опытов свести к ряду стандартных таблиц (матриц планирования табл. 1). Число столбцов в таблице соответствует числу факторов, а число строк – числу вариантов.

Таблица 1

План полного факториального опыта 3 × 4 в кодированных переменных

Номер варианта	Факторы и обозначения вариантов		
	A	B	варианты плана 3 × 4
1	0	0	a_0b_0
2	0	1	a_0b_1
3	0	2	a_0b_2
4	0	3	a_0b_3
5	1	0	a_1b_0
6	1	1	a_1b_1
7	1	2	a_1b_2
8	1	3	a_1b_3
9	2	0	a_2b_0
10	2	1	a_2b_1
11	2	2	a_2b_2
12	2	3	a_2b_3

Примером конкретного факториального плана 3 × 4 может служить схема опыта с картофелем, в котором три системы основной обработки почвы (0, 1, 2 – качественный фактор A) испытываются на четырёх уровнях питания (0, 1, 2, 3 – количественный фактор B): 1. вспашка без удобрений (a_0b_0); 2. вспашка + $N_{30}P_{30}$ (a_0b_1); 3. вспашка + $N_{60}P_{60}$ (a_0b_2); 4. вспашка + $N_{90}P_{90}$ (a_0b_3); 5. чизельная обработка без удобрений (a_1b_0); 6. чизельная обработка +

$N_{30}P_{30}$ (a_1b_1); 7. чизельная обработка + $N_{60}P_{60}$(a_1b_2); 8. чизельная обработка + $N_{90}P_{90}$ (a_1b_3); 9. мелкая обработка без удобрений (a_2b_0); 10. мелкая обработка + $N_{30}P_{30}$ (a_2b_1); 11. мелкая обработка + $N_{60}P_{60}$ (a_2b_2); 12. мелкая обработка + $N_{90}P_{90}$ (a_2b_2).

Схема полного факториального опыта перед однофакторным обладает следующими основными преимуществами: опытные данные показывают влияние каждого фактора в различных условиях, создаваемых изменением других факторов; испытание различных сочетаний факторов позволяет получить наиболее надежные основания для практических рекомендаций, остающихся пригодными и при изменяющихся условиях; при независимом действии факторов один многофакторный опыт дает столько информации о каждом из них, как если бы весь эксперимент был посвящён исследованию только одно фактора.

Существенный недостаток полных факториальных схем при изучении трёх и более факторов в четырех-пяти и более градациях – их многовариантность и связанные с этим затруднения практического осуществления опыта.

7.2. Разработка программы научных исследований

Успех научно-исследовательской работы во многом зависит от актуальности и новизны выбранной темы. Тема должна быть связана с решением важной неотложной проблемы науки и производства. Под *научной проблемой понимается крупный практический или теоретический вопрос, требующий обязательного решения.* В настоящее время перед аграрной наукой и производством Среднего Поволжья остро встают проблемы низкой устойчивости урожайности и качества продукции во времени, экономической и энергетической эффективности применяемых технологий и средств производства в полеводстве, недостаточная адаптивность технологий и сортов полевых культур, отсутствие технологий точного и органического земледелия и др. Охватить одной темой научной работы полностью каждую из этих проблем невозможно. Поэтому для решения целой проблемы можно исследовать целый ряд более мелких вопросов, касающихся отдельных её аспектов. Например, можно ограничиться изучением отдельных культур, сортов или агротехнических приёмов. Всё эти вопросы могут представлять собой отдельные темы научно-исследовательской

работы по данной проблеме.

Таким образом, *тема исследований* – это аспект некой проблемы, который изучается в конкретном случае.

Взятая на изучение тема исследования должна отличаться не только новизной, но вылиться в практически значимые результаты. Для этого исследователю необходимо изучить состояние производства, передовой опыт, региональные источники литературы по выбранной проблеме, что позволит ему определиться с объектами и предметами исследования. *Объект исследования* – это элемент материального мира, которого касается решаемая проблема. В агрономии это могут быть культурные и сорные растения, микроорганизмы, их популяции и сообщества, продукция, почвы и т. д. *Предмет исследования* – свойство, составная часть объекта исследования, которая непосредственно касается решаемая проблема. По направлению подготовки магистрантов 35.04.04 Агрономия предметами исследования обычно являются приёмы агротехники, показатели роста, развития, продуктивности культуры (сорта), показатели качества продукции свойства почвы и другие. После определения с объектом (объектами) и предметами исследования исследователь формулирует рабочую гипотезу. *Гипотеза* – это не противоречащее известным законам и закономерностям агрономии предположение о развитии, изменении предмета исследования и причинах этого. Гипотеза создается в процессе теоретического исследования, дедуктивного анализа информации. На основе сбора известных научных фактов исследователь определяет основные закономерности, установленные предшественниками по выбранному объекту и предмету исследований, выявляет отсутствие сведений или их противоречия. Это позволит сформулировать новое научное предположение, не противоречащие выдвинутым положениям. Правильно построенная гипотеза или несколько гипотез позволят разработать программу научного исследования целенаправленно с ясной перспективой.

Таким образом, разработка научной гипотезы связана с обязательным изучением и анализом научных источников. Недостатком начинающих исследователей является откладывание изучения источников научной литературы на более позднее время, что не позволяет сформулировать актуальную, новую рабочую гипотезу и глубоко продумать тему исследований. Желательно перед разработкой программы исследований проанализировать все имеющие-

ся региональные источники на текущий момент, а в последующем дополнять их новыми сведениями.

К региональным следует отнести источники по данным исследований, проведенным в Среднем Поволжье. Для поиска необходимых источников научной литературы можно обратиться к сайтам периодических изданий Вузов и НИИ региона. Это позволит определить круг исследователей, занимавшихся и занимающихся по вашему направлению. Труды известных Вам учёных в дальнейшем можно находить в базе РИНЦ.

Поиск источников литературы в масштабах страны и мира следует проводить по ключевым словам в различных базах цитирования (РИНЦ, AGRIS, Scopus и др.). Нужно взять за правило периодически просматривать Сайт ВАК Министерства науки и высшего образования РФ для ознакомления с размещаемыми авторефератами диссертаций. Для удобства работы с источниками научной литературы по теме исследований необходимо создать картотеку и разместить их в соответствии с разработанными Вами систематическом каталогом.

Формулировка темы исследований по научной квалификационной работе (диссертации) не должна быть громоздкой (до 10-12 слов) и включает слова характеризующие объекты, предметы исследований и региональную принадлежность. Например, «*Влияние предшественников и основной обработки почвы на урожайность яровой пшеницы в Среднем Поволжье*». Не рекомендуется начинать формулировку темы исследования словами «обоснование», «проблема», «исследование», «совершенствование», «оптимизация» и т. д. Не желательно использовать однокоренные слова, множественное число, сокращения и аббревиатуры.

После актуализации проблемы в определённой области знаний приступают к разработке программы научных исследований. *Программа научных исследований* – это обоснованные требования к содержанию, методике, условиям и методам проведения научно-исследовательской работы.

Содержание программы – перечень основных разделов программы научных исследований с соответствующими им номерами страниц.

Программа научных исследований и диссертация включают:

- *введение* (актуальность, новизну, цель и задачи исследований). Актуальность отражает важность темы исследований для

науки и практики. Приводится состояние производства культуры в регионе, делается акцент о его недостатках. Отмечается состояние изученности вопроса. Не следует подробно описывать значение культуры, её производство в мире. *Новизна исследований* заключается в их отличии от выполненных ранее исследований по данному вопросу. Это может быть новый объект (культура, сорт), или предмет исследований (новый агрохимикат, пестицид, техническое средство и др.), или новый аспект известного предмета исследований (уточнение особенностей биологии и агротехники и т. д.). *Цель исследований* должна формулировать суть решаемой проблемы. Она должна быть направлена на достижение определённого результата в этой области деятельности. Достижение поставленной цели должно обеспечиваться решением определённого минимального, но достаточного количества сформулированных *задач*. Формулировать задачи необходимо как можно тщательнее, так как их перечень определяет структуру диссертации и их содержание. Задачи исследований должны быть конкретными. Они должны включать не только установление влияние изучаемых вариантов на урожайность культуры, качество урожая, экономические, агроэнергетические и эколого-экономические показатели, но предусматривать изучение влияния основных факторов на рост и развитие растений, изменение почвенных показателей;

- *в обзоре литературы* дается анализ отечественных и зарубежных научных источников по вопросам, которые касаются предметов исследований по теме. Не следует подробно останавливаться на общих вопросах (морфология, биология, состояние производства культур), или тех сторонах объекта исследований, которые не связаны с темой. Диссертант обязан проанализировать существующие взгляды на изучаемую проблему и выявить те актуальные вопросы, которые остались нерешёнными, что вызывает сомнение, что не ясно. В обзоре литературы не следует ограничиваться простым описанием источников, а, обобщая информацию, высказывать свое мнение о полученных данных. Следует обратить внимание на региональные источники литературы по изучаемой теме, так как после их анализа, чаще всего и определяется новизна исследований. Итогом обзора научной литературы должно стать заключение автора о необходимости исследований по определённым вопросам выбранной темы. Число анализируемых источников литературы

строго не регламентировано;

- *в разделе «Место, объект, методика и условия проведения исследований»* описывают место проведения опытов. Это могут быть структурные подразделения Университета, лаборатории. Указываются годы проведения экспериментов. Далее указывают объекты исследования. Исходя из рабочей гипотезы для решения поставленных задач исследователь определяет методы и методики проведения опытов, планирует соответствующие эксперименты. Совокупность методов и методик должна обеспечивать получение ответов, как на поставленные задачи, так и научное обоснование полученным результатам. Наиболее ответственным моментом является разработка *схемы опыта* – совокупности всех входящих в неё вариантов. Если исследуется какой-либо один фактор (технологический приём), то планируют закладку однофакторного опыта, а если два и более факторов, то планируют закладку многофакторного опыта. Разрабатывая схему опыта, исследователь должен обеспечить оптимальное количество вариантов для исследуемой темы и условий опыта. Вариантов должно быть столько, чтобы по результатам полученных данных по изучаемому фактору получить стандартное нормальное распределение. Это означает, что шкала изучаемых вариантов должна обеспечить выявление оптимального уровня показателя при его существенном снижении (отклонении в ту и другую стороны от оптимальной величины). При этом важно правильно подобрать величину вариантов фактора и шаг между соседними градациями, предполагая оптимальность варианта. Шаг между изучаемыми вариантами должен быть одинаковым. В многофакторном опыте выбор порядка определяется двумя условиями. Во-первых, из соображений удобства закладки эксперимента в качестве фактора А выбирают предшественники, приёмы обработки почвы, способы посева и приёмы уборки, а фактором большего порядка – дозы удобрений, приёмы подготовки семян к посеву, срок, глубину посева и норму высева, приёмы ухода за посевами. Во-вторых, приоритетностью поставленных в исследовании задач. Более важные для изучения факторы размещают на делянках большего размера, чтобы снизить влияние ошибки в опыте и обеспечить большую точность при выявлении оптимального варианта. Для размещения схемы опыта в пространстве необходимо определиться с количеством повторений и методом размещения вариантов. Принципиально важно, чтобы в схеме опыта изменялся толь-

ко один фактор. Однако в некоторых случаях для уменьшения количества вариантов в многофакторном опыте можно оставлять варианты, имеющие только практическое значение. Когда возможности не удовлетворяют требованиям, количество вариантов приходится сокращать, так как в опытном деле лучше сделать меньше, но качественно, чем много, но с нарушениями методики. *Метод размещения вариантов* в повторениях и по опыту определяется формой земельного участка, его экспозицией и др. Выбранный метод размещения вариантов в опыте определяет не только его планирование, но также и алгоритмы статистической обработки полученных экспериментальных данных. В небольших однофакторных опытах варианты размещают систематическим методом в один ярус, в остальных случаях – лучшим способом является рендомизированное размещение вариантов. На размер делянок большое влияние оказывает и тема исследования. Например, при изучении таких предметов исследования, как предшественника, приём обработки почвы необходимо учитывать ширину захвата орудий и возможность выполнения агротехники с однородным качеством по всей делянке. Программа научных исследований должна включать совокупность наблюдений, учётов, анализов, которые позволяют дать обоснованные ответы на поставленные задачи. Все наблюдения должны быть приведены по общепринятым методикам и ГОСТам. Исследователь должен определиться с объёмом каждого наблюдения. По каждому наблюдению в методике должна быть дана ссылка на источник литературы, в котором прописана методика его проведения. В качестве обязательных структурных элементов программы научных исследований (диссертации) должны быть прописаны почвенные и агротехнические условия закладки опыта. Необходимо дать подробное описание агротехники возделывания культуры в опыте. Почвенные и агротехнические условия закладки опыта должны быть типичными;

- в *список литературы* включают все источники, которые использовал автор программы или диссертации для их написания, в том числе методики исследований и ГОСТы. Список литературы оформляют по ГОСТ 7.0.100-2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание»;

- в *приложения* помещают характеристику объектов исследования, план опыта, подробные методики наблюдений, распечатку дисперсионного анализа, техкарты и др.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под планированием опыта?
2. Расскажите о выборе параметров, факторов и модели опыта.
3. Каковы требования при составлении схем однофакторных опыта?
4. Каковы требования при составлении схем многофакторного опыта. В чём сущность принципа факториальности?
5. Что включает в себя разработка программы научных исследований?
6. Расскажите об основных требованиях к земельному участку под полевой опыт.
7. Для чего проводится учёт рельефа поля и изучается история опытного участка?

8. ЗАКЛАДКА И ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛЕВОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

8.1. Разбивка опытного участка

После изучения истории участка (размера, конфигурации, выравненности по рельефу и плодородию) составляют схематический план размещения опыта, где указывают точные размеры всего опыта и расположение, повторение, делянок и вариантов и т. п. (рис. 5). по схематическому плану затем размещают опыт в натуре, т.е. выделяют и фиксируют границы опыта, отдельных повторений и делянок. При этом очень важно, чтобы площадь делянок точно соответствовала принятым размерам, все делянки во всех повторениях обязательно должны быть одинаковой длины и ширины и меть строго прямоугольную форму.

Перед выходом в поле заранее готовят необходимое для перенесения схемы опыта в натуру оборудование: теодолит или эккер для построения прямых углов, стальную мерную ленту или 20-метровую рулетку, крепкий длинный шнур, 5-10 вешек длиной 1,5-2 м, 4 угловых столбика (репера) длиной 30-40 см для фиксирования границ опыта и рабочие полевые колышки шириной 3-4 см и длиной 25-30 см для фиксирования границ делянок в количестве примерно в 2,5 раза превышающим в 2,5 раза число делянок.

Разбивку участка начинают с выделения общего контура опыта, а затем контуров отдельных повторений и необходимых защиток. Общий контур и контур повторений выделяют с возможно большей точностью; допустимая неувязка для общего контура не должна превышать 5-10 см на 100 м длины. После этого, с помощью мерной ленты и шнуров, разбивают повторения на делянки в соответствии со схемой опыта. На границах делянок вбивают колышки (всегда с одной стороны ленты), обозначая на них номера делянок и повторений. Надписи располагают на той стороне колышка, которая обращена внутрь соответствующей делянки, чтобы было ясно, к какой из них они относятся. Технически эта работа не представляет сложности, но должна быть проделана очень аккуратно. После закладки опыта на одном из концов каждой делянки расставляют этикетки с указанием номеров повторений и варианта опыта, а в первом повторении – название каждого вари-

анта. Если задачи опыта не связаны со сроками, нормами высева или схемами посева (посадки), разбивку участка проводят после посева или даже после всходов (посадки).

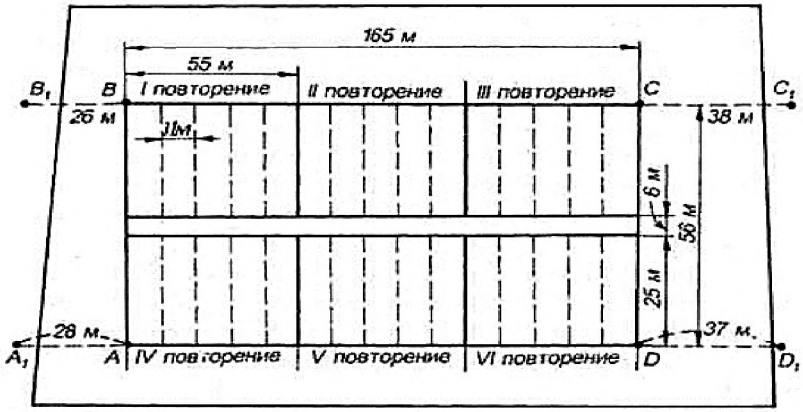


Рис. 5. Схематический план полевого опыта:
А, В, С, Д – угловые колья; $А_1$, $В_1$, $С_1$, $Д_1$ – фиксировочные колья

По окончании разбивки участка с помощью постоянных столбиков (реперов) фиксируют основные границы опыта, от которых в любое время можно отметить границы повторений и делянок. Обычно фиксируют четыре угловые точки опытного участка, устанавливая реперы за границей участка в створе с его боковыми линиями. Расстояние от реперов до границы опыта точно измеряют и записывают, наносят на схематический план полевого опыта. По этим записям всегда можно восстановить границы опытного участка. Чтобы реперы не мешали проходу машин и орудий, иногда осуществляют так называемую подземную разметку, устанавливая реперы (небольшие металлические, каменные или деревянные столбики длиной 30-40 см) на 8-10 см ниже уровня поверхности почвы. Чтобы эти постоянные ориентиры можно было легко отыскать, в конусообразные углубления над ними и вокруг насыпают куски битого кирпича, камня, песок, щебенку или известь.

8.2. Агротехника на полевом опыте

Важнейшим требованием к выполнению агротехнических работ на опытном поле является единовременность, равнокачественность и краткосрочность всех видов работ на опыте.

Одновременность выполнения всех агротехнических работ, кроме подлежащих изучению в опыте, является важнейшим требованием методики, вытекающим из принципа единственного различия. Даже незначительный разрыв в сроках посева, междурядной обработки, внесения удобрений, средств защиты растений, всего на 6-8 часов, если за это время, например, прошёл дождь, ведёт к существенным различиям в росте и развитии растений. Неоднократное нарушение этого требования в течение вегетации часто ведёт к полной утрате достоверности опытов, по существу.

Другое общее требование – высококачественность всех выполняемых работ. Агротехнический фон на опытном участке должен быть оптимальным для проявления эффекта от изучаемого приёма или сорта и более высоким, чем в производственных условиях. Здесь могут быть использованы любые прогрессивные агротехнические приемы, не мешающие выявлению действия того или иного фактора.

Внесение удобрений. Органические и минеральные удобрения вносятся для изучения их действия и в качестве общего агротехнического фона. Основное требование к любому способу применения удобрений в опыте – равномерное их распределение по площади делянок.

Органические удобрения (навоз, компосты и др.) обычно вносятся по общей массе на единицу площади. Эти удобрения должны быть по возможности однородными по своему составу, происхождению, степени разложения и влажности. Перед распределением по делянкам удобрения необходимо хорошо перемешать. На больших делянках (1 га и более) используют механизированное внесение органических удобрений. Недопустимо оставлять навоз и другие органические удобрения на опытных делянках в кучах более чем на 1 день. После тщательного перемешивания удобрения отвешивают и носилками разносят по делянкам вилами, граблями равномерно распределяют и сразу запахивают в почву.

Если минеральные удобрения в опыте не изучаются, жела-

тельно вносить их на делянках туковой сеялкой. Механизированный рассев удобрений возможен на делянках вытянутой формы и размером более 0,5 га. Если вносят несколько видов удобрений, они должны быть тщательно перемещены с соблюдением всех правил смешивания удобрений.

При ручном рассеве удобрений заготавливают в лаборатории, сарае или непосредственно в поле. Бумажные пакеты, матерчатые или полиэтиленовые мешочки с удобрениями и этикетками раскладывают на всех вариантах опыта, где они должны проверяться, после чего проверяют правильность раскладки.

На каждой делянки удобрения рассеивают в два приема или с таким расчётом, чтобы немного удобрений осталось. Остаток всегда можно разбросать равномерно по всей делянке, а при нехватке удобрений на какую-то её часть делянка считается испорченной. Минеральные удобрения вносят в безветренную погоду.

В опыте, где вопросы *обработки почвы* не изучаются, почва всего участка обрабатывается на одну и ту же глубину, в один срок, одинаковыми способом, одними и теми же орудиями. Вспашку и другие приёмы обработки следует выполнять через все делянки повторности перпендикулярно к их длинным сторонам. Все повороты и развороты машин и орудий проводят только на дорогах, а не на опытных делянках. Обработку почвы проводят качественно, без огрехов, в наиболее сжатые сроки (за несколько часов). При большом объёме работ допускается перенос обработки на следующий день, но в пределах целых повторений, а не частей опыта.

Семена. Для опыта используют лучшие районированные и новые перспективные сорта или гибриды. Семена должны быть высокого качества, не ниже первой репродукции, а по хозяйственным качествам не ниже 1 класса, однородными, тщательно очищены, отсортированы, принадлежать к одной партии.

Посев (посадка). Для доброкачественного проведения посева (посадки) на опытном поле необходимо серьёзное внимание обратить на технику высева (посадки) и качество посевного материала. Во всех опытах норму высева желательно устанавливать по числу всхожих семян, а не по массе.

Посев на опытном участке необходимо провести за один день. Разрыв в сроках посева ранних яровых культур может привести к разнице в урожая 1-2 ц/га. Поэтому в опытах, допускающих

сплошной посев, обязательно проведение посева поперек всех делянок целых повторений. Первый проход сеялки делают по шнуру или вешкам, или предварительно сделанной борозде. Необходимо включать высевающие аппараты сеялки за 1-1,5 м до начала делянки и выключать только после выхода за границу делянок, тщательно следя за работой сошников и семяпроводов. Семена в сеялке должны быть равномерно размещены по ней. Недопустимо останавливать сеялку во время работы, так как после остановке поучится огрех (1-1,5 м).

При посеве (посадке) пропашных культур необходимо следить, чтобы на делянку приходилось целое число борозд (рядков), а число растений на всех делянках было строго одинаковым и соответствовало требуемой густоте.

Уход за растениями на опытном поле не отличается от ухода за соответствующими культурами в производственных условиях. Все работы следует выполнять своевременно, тщательно и однообразно. Прополку (химическую или ручную), междурядную обработку, подкормку и т. п. проводят совершенно одинаково во всех делянках опыта и не растягивают во времени. Особое внимание обращают на борьбу с сорняками, так как они сильно нарушают сравнимость вариантов.

К специальным работам по уходу за опытом относятся: поделка и прочистка дорожек, обрезка по шнуру концов полей, делянок, а также отбивка защитных полос, своевременная расстановка колышек, этикетов и т. д.

8.3. Учёты и наблюдения в опытах

Программу сопутствующих исследований разрабатывают для каждого опыта отдельно. В различных опытах перечень их может быть неодинаковым, так как они вытекают из задач опыта, должны отражать его особенности и включать необходимые наблюдения, учёты и анализы, которые могут помочь понять и обосновать эффективность изучаемого приёма, способа или явления.

Такие наблюдения и исследования, как учёт метеорологических факторов, фенологические наблюдения, биометрические исследования, наблюдения за плодородием и влажностью почвы, определение густоты стояния растений, учёт урожая и его качества проводятся в большинстве опытов. Значение таких учётов заклю-

чается и в том, что они дают общую характеристику условий проведения опыта и позволяют судить о том, насколько типичны эти условия, в какой мере полученные в опыте выводы могут быть распространены на другие пункты зоны или на другие годы.

Учёты и наблюдения позволяют давать характеристику хозяйственных признаков урожая (например, пригодность сортов к механизированной уборке, масса продуктивной части – зерна, корнеплода, клубнеплода и т. д.); судить о качестве проведения опыта; выявлять противоречия в результатах отдельных наблюдений. Некоторые наблюдаемые явления или признаки проявляются на посевах лишь в той или иной фазе вегетации и сглаживаются ко времени уборки урожая. Своевременная регистрация их может помочь объяснить различия в эффективности тех или иных приемов.

Одна группа учётов и наблюдений (например, большая часть метеорологических наблюдений, аналитические исследования свойств почвы и её засоренности) характеризует общие условия проведения опытов. Другие учёты позволяют описать условия, которые имеют место только на отдельных вариантах опыта. К этой группе относится большая часть учётов и наблюдений, проводимых в период вегетации растений.

Все учёты и наблюдения можно разделить на *количественные*, которые проводят прямым подсчётом, и *качественные*, или *глазомерные*, выражаемые обычно в баллах. Преимущество количественных учётов заключается в том, что их результаты можно подвергнуть статистической обработке и определить варьирование показателей и достоверность средней величины.

Учёты могут быть *однократными* и *периодическими*. Периодические учёты проводят в течение всей вегетации через определенные промежутки времени или приурочивают их к определенным фазам развития растений. Периодические учёты имеют значения в тех случаях, когда учитываемое явление или признак отличается большой изменчивостью во времени (например, влажность почвы), когда однократный учёт не может дать достаточно полного представления о явлении (например, повторное поражение растений болезнью), когда требуется охарактеризовать явление в его динамике (например, при определении прироста зелёной массы, сухого вещества растений и т. д.).

Учёты могут быть *сплошными* или *выборочными*. Сплошные

учёты на делянке весьма трудоёмки, а часто и невозможны, например, в связи с уничтожением растений при анализе или с несовместимостью проведения ряда наблюдений на одном объекте. Поэтому в большинстве случаев применяется выборочный учёт – *метод проб*.

Выбор правильной методики взятия проб имеет очень большое значение. Результаты выборочного учёта рассматриваются как некоторое приближение к результатам, которые можно получить при сплошном учёте. В большинстве случаев растительная проба представляет лишь небольшую долю (3-5%) всей совокупности растений на делянке. Получаемые показатели при анализе проб должны действительно характеризовать варианты опыта. Отсюда возникает вопрос о репрезентативности проб, то есть о том, в какой мере проба характеризует всю совокупность объекта, а также связанные с ним вопросы о числе и размерах проб, об их распределении по повторениям опыта и на площади каждой делянки, о способе их отбора.

Методика взятия проб видоизменяется в зависимости от изучаемой культуры, различается по культурам сплошного посева и культурам редкого, одиночного стояния растений.

Желательно, чтобы пробы охватывали все повторения опыта, особенно в том случае, если данные учета должны сопоставляться с результатами учета урожая. Распределение же проб на площади делянки должно отражать все её части и, по возможности, все рядки посева (особенно образованных ходом передних и задних сошников сеялки). Поэтому предпочтительнее применять определенную систему размещения проб на делянке, например, по диагонали делянки через определенные расстояния или через определенное число растений.

При определении размера проб следует учитывать, что при отборе слишком малых проб небольшие ошибки каждой из них могут превращаться в значительные при пересчёте на большую площадь.

Поэтому, чем меньше растений включается в каждую элементарную пробу, тем из большого числа мест на делянке желательно их брать.

Учёты и наблюдения могут быть факультативными, прямыми и косвенными.

В любом случае программа учётов и наблюдений должна вытекать из задач и схемы опыта, а не являться случайным или стандартным набором определений. Включаемые в программу учёты и наблюдения должны представлять систему связанных между собой определений, чтобы в целом они обеспечивали наибольшую эффективность опыта при наименьших затратах труда и средств. *Следует отдавать предпочтение количественным методам учёта перед глазомерными, периодическим учётам перед однократными и проведению учётов и наблюдений на учётных площадях делянок, а не на защитных полосах.*

Контрольные вопросы

1. Какое оборудование необходимо для разбивки опытного участка?
2. Как проводят разбивку участка под опыт?
3. Каковы правила обработки почвы и внесения удобрений при проведения опытов?
4. Основные требования к посеву на опытном поле?
5. Что включает в себя уход за посевами?
6. Какие работы по уходу за опытом относятся к специальным?
4. Какие учёты и наблюдения проводят в опытах?

9. ПРОВЕДЕНИЕ СОПУТСТВУЮЩИХ И ОСНОВНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, АНАЛИЗОВ И УЧЁТОВ

9.1. Учёт метеорологический условий

Рост, развитие и продуктивность культур в значительной степени зависит от *метеорологических условий* года и вегетационного периода. Часто такими наблюдениями можно объяснить результаты, вызывающие у экспериментатора разного рода сомнения. Например, если не зафиксировать снижение температуры воздуха в отдельные зимние дни до -32 °С, то нельзя обосновать вымерзания озимых культур. Также невозможно объяснить низкий уровень урожайности пшеницы на достаточно высоком агрофоне, если исследователь не уловил момента «запала» зерна вследствие высоких температур воздуха и низкой его влажности. В первую очередь необходимо учитывать те явления погоды, которые могут серьёзно повлиять на условия роста и развития возделываемой культуры (сильные морозы, продолжительная засуха, ураганные ветры, ливни, град и т. д.).

Сравнивая результаты метеорологических наблюдений в годы проведения опыта с многолетними данными, исследователь может сделать вывод о типичности условий года и установить характер взаимосвязей между урожаем и отдельными элементами погоды (метеорологическими условиями).

Основные метеорологические факторы – количество осадков, относительная влажность и температура воздуха. Дополнительно исследователь может учитывать температуру почвы, атмосферное давление, скорость и направление ветра, фотосинтетически активную радиацию (ФАР).

Метеорологические наблюдения ведут в стационарных (метеостанция и метеопосты) и в полевых условиях. Данными метеостанций и метеопостов можно пользоваться лишь тогда, когда они находятся на расстоянии не более 5-6 км от места проведения агрономических опытов.

9.2. Агрофизические показатели плодородия почвы

Агрегатный состав почвы. Для его определения наиболее широко используют метод Саввинова. Задача структурного анализа почвы – выделение из нее в воздушно-сухом состоянии структурных элементов (комков) размером более 0,25 мм. Для этого боль-

шую пробу 2,0-2,5 кг доводят до воздушно-сухого состояния, причём глыбы диаметром более 2 см разламывают на отдельности величиной до 1 см. Из почвы берут навеску 250 г, осторожно просеивают на ротаторе вручную через сита с отверстиями 10, 5, 3, 2, 1, 0,5 и 0,25 мм, сложенные в колонку, имеющие внизу поддон, а сверху – крышку.

После просеивания оставшиеся комки и фракцию с частицами менее 0,25 мм из поддона переносят в заготовленные и пронумерованные чашечки, взвешивают и вычисляют процент каждой фракции к взятой пробе почвы.

Для определения *водопрочности агрегатов* составляют навески почвы, в которые входят доли всех фракций (по массе), кроме фракций с частицами менее 0,25 мм, пропорционально процентному содержанию каждой фракции. Масса навески 50 г. Для анализа применяют прибор Бакшеева, представляющий собой две колонки сит, герметически закрытых в двух цилиндрах, которые шарнирно закреплены на стойке и совершают принудительное колебательное движение под углом 45° в одну и другую сторону от вертикали. Пробы почвы переносят в цилиндры – на верхнее сито, заливают водой, цилиндры закрывают и включают двигатель. Через 12 мин. прибор выключают, колонки сит вынимают и каждую фракцию смывают с сит в отдельные фарфоровые чашечки. Воду из чашечек сливают, фракции высушивают и взвешивают. Масса каждой фракции, увеличенная в 2 раза, равна процентному содержанию соответствующей фракции водопрочных агрегатов.

Плотность сложения почвы (масса почвы в единице объема естественного сложения, т/м^3 или г/см^3) – важный её показатель. Плотность сложения определяют методом режущего кольца или цилиндра, которые вдавливают в определенные слои пахотного горизонта почвы, потом извлекают его так, чтобы не происходило уплотнение или высыпание почвы из цилиндра. Почву взвешивают, затем средний образец этой почвы берут в почвенный стаканчик, который с почвой взвешивают и ставят в сушильной шкаф для высушивания для постоянной массы. После высушивания стаканчик с абсолютно сухой почвой взвешивают и находят массу почвы. Затем массу абсолютно сухой почвы делят на объём цилиндра и определяют её объемную массу или плотность сложения почвы конкретного образца. По каждому слою анализ проводится в трёхкратной повторности.

Существуют много методов определения *влажности почвы* (высушивание, карбидный, спиртовой, пикнометрический, электрометрический, тензометрический, гаммаскопический, нейтронный и др.). Однако эталонным считается метод высушивания почвенных образцов в сушильных шкафах. Сушку проводят при 105°С до постоянной массы. Обычные минеральные почвы сушат 6 ч, взвешивают, повторно сушат 2 ч, взвешивают и рассчитывают влажность почвы по формуле:

——,

где: B - влажность почвы, % массы абсолютно сухой почвы;
G_1 - масса влажной почвы, г;
G - масса почвы после сушки, г.

Влажность почвы, выраженную в процентах, округляют до десятых долей. Например, влажность почвы метрового слоя почвы составляет 27,3 %.

9.3. Определение биологической активности почвы

Определение биологической активности почвы методом льняных полотен. Метод основан на учёте биологической активности микрофлоры, разлагающей целлюлозу, по скорости распада льняной ткани, натянутой на стеклянную пластинку. Данный метод был предложен Е.Н. Мишустиным и А.Н. Петровой.

По этому методу нарезают полоски натуральной неокрашенной льняной ткани, взвешивают их и обтягивают ими хорошо вымытые хромовой смесью и водой стеклянные пластины шириной 10 см. Концы ткани хорошо сшивают или закрепляют на стекле с помощью скотча. Ткань должна плотно прилегать к стеклу. В поле или на делянке полевого опыта намечают (выкапывают таким образом ямы, чтобы сторона к стороной будут вертикально прикладывать стекло, обтянутое полотном была ровной) не менее 4 площадок на глубину 30 см. Высота стеклянных пластин должна быть равна глубине изучаемого слоя почвы. После закладки стеклянных пластин их закапывают, площадки отмечают колышками (вешками). Все работы во избежание загрязнения стекла и ткани необходимо проводить в резиновых перчатках.

Биологическую активность почвы определяют по степени разложения льняного полотна в динамике. Сроки выемки стекол с полотном намечают через 1, 2, 3 месяца (по необходимости). В каждый срок определения стеклянные пластины осторожно откапывают, отмывают от почвы. Ткань высушивают до воздушно-сухого состояния, взвешивают на электронных весах с точностью до 0,01 г.

Степень разложения полотен определяют по формуле:

$$\text{БА} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100$$

где БА – биологическая активность, %

M_1 – масса воздушно-сухого полотна до закладки, г;

M_2 – масса воздушно-сухого полотна после выемки, г.

9.4. Определение содержания гумуса и подвижных элементов питания

Агрохимические показатели почвенной среды определяют в результате анализа образцов почвы. Почвенный образец должен быть репрезентативным.

На каждой делянке полевого опыта отбирают один объединенный образец, который готовят из 8-10 индивидуальных проб, взятых по диагонали делянки бурами из пахотного или корнеобитаемого слоя. Пробы перемешивают и из всей массы отбирают объединенный образец массой 400-500 г. Отобранные образцы почвы расстилают тонким слоем для сушки в лаборатории или в хорошо проветриваемом помещении. На почву прямые солнечные лучи не должны попадать. Когда почва достигнет воздушно-сухого состояния из неё пинцетом удаляют примеси (растительные остатки, камешки, насекомых и др.). После этого почву растирают или размалывают и просеивают через сита 2 мм и ссыпают в бумажные пакеты или полиэтиленовые мешки, где её можно хранить до проведении анализов лаборатории сроком до 1 года. Если образцы почвы анализируют в состоянии природной влажности, срок их сохранности сокращается до 5 ч после отбора.

Определение содержания органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. Метод основан на окислении

органического вещества раствором двухромовокислого калия в серной кислоте и последующем определении трёхвалентного хрома, эквивалентного содержанию органического вещества на фотоэлектроколориметре.

Метод не пригоден для проб с массовой долей хлорида более 0,6 % и проб с массовой долей органического вещества более 15 %.

Из размолотой почвы или породы отбирают представительную пробу массой 3-5 г для тонкого измельчения. Перед измельчением из пробы удаляют пинцетом видимые невооруженным глазом неразложившиеся корни и растительные остатки. Затем пробу полностью измельчают и пропускают через плетенное сито с отверстиями диаметром 0,25 мм.

Определение легкогидролизуемого азота по Тюрину и Кононовой в модификации Кудеярова. Метод основан на допущении, что раствор серной кислоты извлекает из почвы ту часть азотсодержащих органических соединений, которые легко минерализуются в природных условиях и служат ближайшим источником минерального азота, используемого растениями. Метод предусматривает учёт азота нитратов, поглощенного аммония и легкогидролизуемых органических соединений.

Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. Установленный стандартом метод определения подвижных соединений фосфора и калия в чернозёмах, серых лесных и других почвах степной и лесостепной зон, не распространяется на почвенные горизонты, содержащие карбонаты.

Таблица 2

Содержание подвижного фосфора и обменного калия и обеспеченность ими растений (по Чирикову)

Обеспеченность растений	Содержание доступных элементов питания в почве	
	P_2O_5 (мг/ 100 г почвы)	K_2O (мг/ 100 г почвы)
Очень низкая	до 2,0	до 2,0
Низкая	2,1-5,0	2,1-4,0
Средняя	5,1-10,0	4,1-8,0
Повышенная	10,1-15,0	8,1-12,0
Высокая	15,1-20,0	12,1-18,0
Очень высокая	более 20,0	более 18,0

Метод основан на извлечении подвижных соединений фосфо-

ра и калия из почвы раствором уксусной кислоты концентрации 0,5 моль/дм^3 при соотношении почвы к раствору 1:25 и последующем определении фосфора в виде фосфорно-молибденового комплекса на фотоколориметре и калия на пламенном фотометре. Степень обеспеченности растений подвижным фосфором и обменном калием представлен в таблице 2.

Зная содержание подвижного фосфора и обменного калия в почве, можно сделать выводы об обеспеченности растений этими элементами питания и необходимости внесения фосфорных и калийных удобрений в запас.

9.5. Фенологические наблюдения

Наблюдения за прохождением фаз развития растений проводятся по каждому варианту опыта. Отмечается начало фазы (10 % растений вступило в фазу) и полная фаза (70-75 % растений вступило в фазу).

У сельскохозяйственных культур отмечают следующие фазы:

- у пшеницы, ржи, тритикале, ячменя, овса – всходы, кущение, выход в трубку, колошение или вымётывание, созревание – молочная, восковая полная спелости;

- у зерновых бобовых – всходы, третий настоящий лист, начало ветвления стебля, бутонизация, цветение, начало созревания (побурения плодов), хозяйственная спелость зерна;

- у кукурузы – всходы, появление третьего, седьмого листа, выбрасывание метёлки, цветение метёлки, появление нитей початков, молочная, молочно-восковая, восковая и полная спелости;

- у картофеля – всходы, начало ветвления стебля, бутонизация, цветение, начало естественного отмирания ботвы, уборочная спелость;

- масличных растений – всходы, бутонизация, цветение, созревание;

- у многолетних бобовых трав второго и третьего года жизни – возобновление весенней вегетации, ветвление стебля, бутонизация, цветение, созревание (при посеве на семена).

9.6. Определение густоты всходов, перезимовки, сохранности и общей выживаемости растений и высоты растений

Густота всходов определяется в фазу полных всходов: на опытных делянках путём подсчёта всходов у зерновых культур, льна, трав и др. культур сплошного сева на площадках размером 50 × 50 см (0,25 м^2) в 4-х местах, расположенных по диагонали делянки накладывают рамку под углом 45° к направлению рядков; картофеля, кукурузы и других пропашных культур – на двух смежных рядках длиной 2 м в трёх местах делянки каждого повторения.

На производственных посевах (опыта) густоту всходов определяют путём подсчёта всходов у зерновых культур, льна и трав на площадках размером 1 м × 1 м (1 м^2) в 10 местах по диагонали поля, рамку накладывают под углом 45° к направлению рядков; у картофеля и других пропашных культур – на двух смежных рядках длиной 2 м в 10-ти местах по диагонали поля.

Выделенные площадки для полсчета количества растений закрепляются двумя колышками по углам рамки для того, чтобы с закрепленных площадок отобрать снопы и растения перед уборкой культуры для определения структуры урожая.

Полевая всхожесть (ПВ, %) – это число всходов в поле (ЧВ, шт./м^2), выраженное в процентах, относительно числа высеянных всхожих семян на 1 м^2 площади (НВ – норма высева шт. /м^2). Определяется по формуле:

$$\frac{\text{ЧВ}}{\text{НВ}} \cdot 100$$

Сохранность растений от всходов до уборки (Сохр., %) – это число растений перед уборкой (ЧР. шт. /м^2), выраженное в процентах, относительно числа всходов (ЧВ, шт./м^2). Определяется по формуле:

$$\frac{\text{ЧР}}{\text{ЧВ}} \cdot 100$$

Общая выживаемость (ОВ) для всех культур ярового сева (посадки) – это интегрированная величина полевой всхожести

(ПВ) и сохранности (Сохр.) определяется по формуле:

Для *озимых зерновых культур общая выживаемость* (ОВ) является интегрированной величиной полевой всхожести (ПВ, %), перезимовки (Пер., %) и сохранности растений (Сохр., %) от весеннего отрастания до уборки и определяется по формуле:

Перезимовка – это процент перезимовавших растений, определяется по формуле:

где ЧРо – число растений осенью перед уходом в зиму, шт./ м^2;

ЧРв – число растений весной после отрастания, шт./ м^2.

Сохранность для озимых зерновых культур определяется по формуле:

где, Сохр. – сохранность растений от весеннего отрастания до уборки урожая, %;

ЧР – число растений перед уборкой, шт./м^2;

ЧРв – число растений весной после отрастания, шт./ м^2.

Высоту растений измеряют в определенные фазы развития культуры. Для этого используют мерную линейку с нулевой отметкой на самом конце. Конец линейки устанавливают на поверхность почвы. По диагонали делянки в разных местах измеряют 50-100 растений. При этом измеряют высоту растений от почвы до верхушки без учёта остей у остистых колосовых культур. Итоговый показатель такого учёта – средняя высота растений.

9.7. Определение засорённости посевов

В исследовательской работе может использоваться три основных метода учёта *засорённости посевов:* глазомерный, количественный и количественный.

Глазомерный метод заключается в том, что исследователь обходя поле по краям и диагонали, оценивает засорённость культуры по 4-балльной шкале: 1 – встречаются единичные сорняки; 2 – сорняков мало, но они уже не единичные; 3 – сорняков много, но меньше культурных растений; 4 – сорняков больше, чем культурных растений.

Количественный метод позволяет получить сведения не только о видовом составе сорняков, но и их количестве на единицу площади. По диагонали делянки через равные промежутки в 6-8 местах накладывают рамки площадью 0,25 м^2 (0,5 × 0,5 м) или 1 м^2 (1 м × 1 м). В производственных условиях на полях площадью до 100 га накладывают рамки в 10 местах, а на полях площадью более га – в 20-30 местах. В пределах каждой рамки подсчитывают количество сорняков, выделяя малолетние и многолетние. Среди этих групп сорняков указывают число однодольных и двудольных сорняков. Все подсчёты заносятся в заранее подготовленную таблицы.

Более подробную информацию о сорняках обеспечивает количественно-весовой метод, при котором наряду с числом сорняков учитывают и их массу. Сорняки взвешивают без корней сырыми, а после сушки – и в воздушно-сухом состоянии. Массу сорняков выражают в граммах на квадратный метр. По этому показателю можно судить более обоснованно о том вреде, который сорняки причиняют культурным растениям.

9.8. Определение накопления сырой и сухой биомассы культур

Определение прироста фитомассы (урожая) проводится путём взятия проб растений в течение вегетации культуры по фенологическим фазам или с интервалом 10-15 дней, начиная с фазы кущения, 3-х пар настоящих листьев корнеплодов.

На опытных делянках отбираются с не учётной площади делянки, выделенной специально для определения динамики накопления урожая.

На производственных посевах (опытах) пробы отбираются с закрепленных участков, выделенных в двух местах поля, характерных для общего массива посева. В пробу зерновых отбирают по 100 растений с варианта (по 50 растений с 2-х повторений) или с закрепленных площадок по 50 растений с каждой. По зерновым культурам сплошного сева можно отбирать пробы с площадок размером 0,25 м^2 (рамка 50 см × 50 см) в двукратной повторности на опытах и в четырёхкратной – на производственных посевах. У кукурузы и других пропашных культур отбирают по две пробы по 10 растений.

В многофакторных опытах с большим количеством вариантов при 3-х кратной повторности опыта число растений в пробе можно сократить до 20 шт. у зерновых культур и до 3 шт. у пропашных. Пробы отбирают со второго повторения.

Взвешивание проводят в поле или в лаборатории, для чего помещают в плотные полиэтиленовые пакеты, чтобы не было потери влаги и высыхания растений.

У растений отрезают корни, определяют сырую массу всех растений и одного растения или массу с единицы площади (1 м^2, га). У картофеля и корнеплодов на электронных весах с точностью до 1 г отдельно взвешивают надземную массу и клубни или корнеплоды.

Для определения накопления абсолютно сухой массы урожая несколько целых растений измельчают, хорошо перемешивают массу и отбирают навески в алюминиевые или стеклянные бюкса, предварительно взвешенные. Бюксы с сырой массой взвешивают на электронных весах с точностью до 0,01 г, открывают крышки и ставят в сушильные шкафы для высушивания массы на 4 ч при температуре 105 °С. По истечению времени сушки несколько бюксов вынимают, охлаждают и взвешивают. Затем снова помещают в сушильный шкаф для контрольного высушивания на один час. Сушку прекращают при достижении постоянной массы бюксов. Содержание сухой фитомассы (%) находят по формуле:

где А – масса пустого бюкса, Г;

Б – масса бюкса с сырой фитомассой, Г;

В – масса бюкса с абсолютно сухой фитомассой, г.

У корнеплодов и клубнеплодов определяют содержание сухого вещества отдельно в надземной массе и в корнеплодах (клубнеплодах). Сухая масс 1 растения является суммой сухой массы надземной и подземной частей растения (ботва + корни или клубни).

Урожай сухой фитомассы (У, ц/га) определяется умножением сухой массы одного растения (М, г) на фактическую густоту стояния растений на1 (Р, млн шт.) по формуле:

При отсутствии бюксов, электронных весов, сушильных шкафов в хозяйствах (при производственной проверке результатов исследований) допускается определение прироста воздушно-сухой фитомассы. В этом случае содержание сухого вещества приводится по результатам высушивания до воздушно-сухого состояния. Для перевода воздушно сухой массы в абсолютно сухую необходимо умножить на коэффициент на 0,84, принимая во внимание, что в воздушно сухой массе содержится примерно 16 % влаги.

9.9. Определение показателей фотосинтетической деятельности растений в посевах

Определение площади листьев растения и суммарной площади листьев посева проводится во время отбора проб на прирост (накопление) урожая. Наиболее доступным методом определения листьев является «весовой». Для этого у всех растений пробы, отобранной для накопления урожая (50-100 зерновых, 10 пропашных) обрывают листья, определяют их массу на электронных весах. Затем из листьев вырезают высечки определенной площади.

Для *зерновых культур* вместо высечек используют рамку размером 10 х 10 см, для чего вырезают квадратные пластины из оргстекла, скрепляют их по центру одной из сторон зажимами. Между пластинами закладывают листья растений. Затем края листьев, вышедших за площадь квадрата, обрезают. Листья, находящиеся в рамке площадью 100 $см^2$, взвешивают с точностью до 0,01 г. По

пропорции находят площадь всех растений.

Для *кукурузы*, у которой более крупные листья, применяют рамку размером 30 × 15 см (450 $см^2$). Процедура определения та же самая, как для зерновых культур.

Пример. Масса листьев без черешков у 10 растений сахарной свёклы во время смыкания ботвы равна – 1000 г, масса 100 высечек площадью (3,14 × 0,75 $см^2$) 1,77 $см^2$ – 4 г. Густота стояния 90 тыс. растений на гектар. Площадь листьев 1 растения и всего посева определяют следующим образом:

Определение фотосинтетического потенциала посева (ФПП) производится методом графического интегрирования. При этом за каждый период между определениями площади листьев одного растения и посева ФПП рассчитывают по формуле:

где $ФПП_1$ – фотосинтетический потенциал, тыс. $м^2$ х сутки (дни)/га;

$Л_1$ – площадь листьев посева во время всходов, равная «0» или при весеннем отрастании озимых (1-ое определение) в тыс. $м^2$ /га;

$Л_2$ – площадь листьев посева при втором определении в тыс. $м^2$/га;

Т – период между определениями или период от всходов до 1-го определения, в сутках (днях).

Также определяется $ФПП_2$, $ФПП_3$ и т. д. $ФПП_п$.

$ФПП_п$ (последнее) определяется также, как и предыдущее, но площадь листьев у зерновых культур равна «0» (конец восковой спелости, конец вегетации, листья засохли). У кукурузы, сахарной свёклы, корнеплодов, многолетних трав, более поздних сортов

картофеля листья в конце вегетации (перед уборкой) остаются зелёными. Поэтому при последнем определении она не равняется «0». Суммарный ФПП за активную вегетацию определяется по формуле:

Определение производительности ФПП – количества зерна (урожая), накопленного одной тыс. единиц ФПП. *Пример.* Озимая пшеница накопила урожайность 50 ц/га при ФПП, равном 2 172, 5 тыс. $м^2$ × сутки / г

Получено зерна на 1 тыс. ед.:

Таким образом производительность фотосинтетического потенциала посева озимой пшеницы составила 2,30 кг на 1 тыс. ед. ФПП.

Определение чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ).

Средняя за вегетацию ЧПФ определяется как частное от деления урожая сухой фитомассы, выраженное в граммах, на ФПП, выраженный $м^2$, по формуле:

Пример. Озимая пшеница накопила урожай сухой фитомассы 73,5 ц/га при ФПП равным 2 172, тыс. $м^2$ х сутки/га.

Определение коэффициента хозяйственной эффективности фотосинтеза ($К_{хоз.}$). Он показывает какая доля органического вещества, накопленная в процессе фотосинтеза идёт на формирование хозяйственно более ценных органов растения. У зерновых и зернобобовых культур – это зерно, у картофеля – клубни, у корнеплодов – корнеплод и т. д. $К_{хоз.}$ эффективности определяется по формуле:

—

где $У_1$ – урожай абсолютно сухой массы целого растения (солома + зерно, ботва + клубни, ботва + корнеплоды), ц/га;

$У_2$ – урожай абсолютно сухой массы основной продукции (зерно, клубни, корнеплоды и др.), ц/га.

9.10. Определение распространённости и степени поражения растений болезнями

Болезни наносят ущерб урожаю не меньше, во многих случаях больше, чем сорняки. У каждой культуры и группы культур имеются наиболее опасные болезни. Например, для зерновых культур – это корневые гнили, разные виды ржавчины, для зернобобовых – фузариоз, картофеля – фитофтороз и др. Новые современные сорта отличаются повышенной устойчивостью к болезням. Изучаемые новые приёмы и технологии направлены на повышение устойчивости растений к болезням и снижение потерь. Поэтому в научной и производственной деятельности приходится учитывать влияние изучаемых приёмов и технологий на поражённость растений болезнями.

Для оценки фитопатологического состояния культур определяют распространенность болезней, интенсивность или степень поражения и развитие болезни.

Распространенность болезни – это количественно больных растений по отношению к их общему количеству в пробе, выраженное в процентах. Находят по формуле:

———

где P – распространённость болезни, %;

n – количество больных растений в пробе, шт.;

N – общее количество растений в пробе (здоровых и больных), шт.

Чтобы отобрать среднюю пробу необходимо пройти по ломанной делянки или поля и через равное расстояние в случайных точках отобрать растения. Для зерновых культур нужно в горсть

захватить по 5-10 растений так, чтобы для анализа общее количество растений с варианта было не менее 100 штук. Для пропашных культур широкорядного посева по диагонали делянки следует оценить не менее 10 растений (по 2 в одной точке), не вырывая их из почвы. На производственных посевах учёт распространённости болезни проводится на 50-100 растений, на больших площадях посева до 300 растений.

Интенсивность (степень) поражения растений – это качественный показатель проявления болезни. Её определяют по площади поражённой поверхности органов растений, покрытых пятнами, пустулами или по степени проявления других симптомов заболеваний. Для оценки интенсивности поражения растений чаще всего используют балловые шкалы, когда степень болезни оценивается в баллах. Там, где можно установить площадь пораженной поверхности, применяется процентная шкала, которая может соответствовать балловой оценке, но выражается в процентах (табл. 3).

Средняя интенсивность поражения больных растений рассчитывается по формуле:

$$\frac{\Sigma (a \cdot b)}{n}$$

где $\Sigma (a \cdot b)$ – сумма произведений числа больных растений на соответствующий балл или процент;

n – число больных растений.

Таблица 3

Шкала интенсивности поражения пшеницы корневыми гнилями дифференцировано по органам

Балл	Процент
0 – поражения нет	-
1 – поражение до 10 % поверхности	10
2 – поражение от 11 до 25 %	11-25
3 – поражение от 26 до 50 %	26-50
4 – поражение от 51 до 75 %	51-75
5 – поражение более 75 %	76-100

Развитие болезни – это усредненная степень поражения делянки или всего поля, является интегрированным показателем и рассчитывается по формуле:

где R – развитие болезни, баллы или %;

$\Sigma (a \cdot b)$ – сумма произведений числа больных растений на соответствующий балл или процент;

N – общее количество растений в пробе (здоровых + больных).

Сроки определения болезней зависят от целей исследования, вредоносности болезней и времени (фаз) поражения болезней.

Пятнистость листьев (септориоз, гельминтоспориоз и др.) учитывают от всходов до молочной спелости.

Ржавчина определяется несколько раз, начиная от кущения озимых культур осенью, (яровых зерновых – весной) до молочной спелости.

Головня учитывается с конца молочной спелости до уборки.

Корневые гнили учитываются в фазу всходов (на озимых – весной и осенью), в начале цветения и созревания.

Инфекционные выпревания озимых культур (снежная плесень, склеротиниоз и др.) определяют сразу после схода снега весной.

Фитофтороз картофеля учитывают на разных сортах или вариантах опыта в начале проявления болезни, в фазу бутонизации, в период максимального проявления болезни, перед уборкой при необходимости.

Учёты развития мучнистой росы проводят в течение вегетации 3-4 раза, начиная с периода кущения – выхода в трубку до молочно-восковой спелости, когда на еще зелёных частях растения хорошо виден налёт гриба. Оценка максимального проявления болезни проводится в период колошения – цветения. На поле отбирают 20 проб по 10 растений.

Учёт спорыньи необходимо проводить в фазе созревания зерновых, когда образовались рожки спорыньи. Они хорошо видны в колосьях. Для определения степени поражения поля с площади 100 га в 20 точках берут 1000 растений (50 растений в точке).

Бактериозы. Осуществлять оценку поражения бактериозами наиболее чётко и с минимальными затратами можно по зерну. Эта оценка очень тесно коррелирует с полевыми учётами степени развития болезни на листе и колосе. При этом у плёнчатых видов злаков необходимо очистить зерно от плёнок.

9.11. Определение структуры урожая культур

Определение структуры урожая проводится за 1-2 дня до начала уборки культуры или учёта урожая.

У *зерновых культур* отбирают снопы (выдергивают растения с корнями) с закрепленных площадок, на которых проводился подсчёт густоты всходов. Растения, отобранные на каждой делянке с 4-х площадок размером 0,25 м^2, объединяют в один сноп (с 1 м^2) и проводят анализ снопового образца. Количество повторений для определения структуры урожая на производственном опыте или посеве соответствует количеству определений для подсчёта густоты всходов, но не менее 4-5 снопов (объёмом с 1 м^2 каждый).

При анализе снопового материала определяют следующие показатели структуры урожая: число растений, число побегов всего, в том числе продуктивных (с колосом или метёлкой), массу воздушно-сухого снопа без корней (влажность 16 %), массу воздушно-сухого зерна (влажность 14 %); по 25 растениям – высоту растений, длину колоса или метёлки, число зёрен в колосе или метёлке, среднюю массу зерна с 1 соцветия, массу 1 000 зёрен. Затем определят общую и продуктивную кустистость, биологический урожай зерна, соломы, соотношение – зерно : солома.

Для определения структуры урожая *кукурузы* отбирают по 10 растений с варианта (посева) с закреплённых площадок и проводят их анализ. Определяют число растений тыс. шт./га, высоту растений, количество листьев и початков на 1 растение, массу 1 растения всего, зелёной массы и початков, выход початков от массы растений, биологическую урожайность.

Биологическая урожайность в ц/га определяется количеством растений на 1 га в млн. (Р), их продуктивной кустистостью ($К_п$), числом зерен в колосе или метёлке ($Ч_з$), массой 1 000 зёрен в г (М) по формуле:

$$\frac{}{}$$

У *зерновых бобовых культур* снопы для определения структуры урожая отбирают также, как и у зерновых культур. Определяют число растений на 1 м^2, массу растений всего и зерна с 1 м^2, по 25 растениям из снопа – число бобов на растении, среднее количество

семян в бобе, массу зерна с одного растения, массу 1 000 семян. Биологическая урожайность рассчитывается как произведение массы зерна с 1 растения на число растений на 1 га (Р), умноженное на 10.

Структура урожая картофеля определяют по растениям (кустам) с каждой делянки полевого опыта и по 10 растениям, отобранным с каждой делянки из закрепленных площадок, производственного опыта или посева. При разборе проб определяют: количество побегов с 1 куста, массу ботвы с 1 куста, число клубней и взвешивают каждую фракцию отдельно. Рассчитывают биологическую урожайность и выход каждой фракции отдельно.

Структура урожая льна проводят также как зерновых культур. Определяют количество растений в снопе с 1 м^2, массу снопа, по 25 растениям из каждого снопа: общую высоту растений, число коробочек, число семян в коробочке, среднюю массу соломы, семян с 1 м^2, массу 1 000 семян. Биологическая урожайность семян в ц/га определяется как масса семян с 1 м^2, деленное на 10.

У *подсолнечника* отбор проб на структуру урожая проводится также как у кукурузы. При анализе определяют: высоту растений, число корзинок, диаметр корзинок, число семянок в корзинке, среднюю массу растения, семян, массу 1 000 семян, биологическую урожайность.

У *многолетних бобовых трав на семена* снопы для определения структуры урожая отбирают с 4-х площадок по 0,25 м^2 (50 см × 50 см) с каждой делянки опыта, которые объединяют в один сноп. На производственных посевах отбирают для анализа 5-10 снопов с площадок размером 0,25 м^2 или 1 м^2 каждая. Для полной характеристики посева растения выкапывают с корнями, отмывают и проводят анализ, при неполной характеристике допускается срезание массы серпом. При анализе структуры урожая определяют: количество растений на 1 м^2, количество побегов на 1 растении, количество соцветий на 1 растении, количество семян в соцветии, биологическая урожайность семян и соломы.

Пример. Перед уборкой семенников клевера на 1 м^2 насчитывалось 40 растений, масса 1 растения 0,75 г (масса 1 000 семян х число семян в 1 головке х число головок на одном побеге х число побегов на одном растении):

9.12. Методика учёта урожайности культур

Уборка и учёт урожая требует большого внимания и аккуратности. Небрежность и излишняя поспешность при выполнении этой работы ведут к грубым ошибкам, обесценивающим опыт. За несколько дней до уборки осматривают опытный участок, выделяют каждый участок вешками, при необходимости делают выключки. Под *выключкой* понимают часть учётной делянки, исключенной из учёта вследствие случайных повреждений (стихийные явления, потравы скотом, птицей и пр.) или ошибок, допущенных во время работы. Уменьшение учётной делянки из-за выключек допускается не более, чем 50%. При уменьшении её больше указанного размера делянку полностью выбраковывают. Чтобы опыт с одной или с двумя выпавшими из учёта делянками привести к сравнимому виду, результаты их восстанавливают статистическим методом. Совершенно недопустима выключка или браковка целых делянок на основании чисто субъективного впечатления на глаз. Все опытные делянки убирают в один день, одним и тем же способом. Если это технически не удается сделать, то в один день убирают обязательно целое число повторений.

Для определения фактической урожайности проводят учёт урожая со всей учётной площади делянки. У зерновых, зернобобовых культур, трав учётная площадь делянки полевых опытов не менее 50-100 м^2 в 4-х кратной повторности, производственных – 500-1 000 м^2 в 2-3-ой повторности.

Уборку зерновых и зернобобовых культур на мелких делянках проводят мелкоделяночными комбайнами, на площадях – зерновыми комбайнами. Комбайн за один проход убирает среднюю учётную площадь. При использовании комбайна важно установить и строго выдержать в течение всей уборки оптимальный режим его работы вхолостую между уборкой двух делянок. Она должна быть не менее 3-4 мин. Этого времени достаточно для полного промола хлебной массы, затаривания зерна из бункера в мешки и этикетирования. При этом с каждой делянки зерно взвешивается отдельно. Из бункерной массы отбирают пробы объёмом 1 кг в бумажные или матерчатые мешочки для определения чистоты и отдельно – в металлические бюксы для определения влажности зерна. Урожайность, полученную при взвешивании, приводят к 14% влажности и 100% чистоте по формуле:

где Ур. – урожайность, ц/га;

Ур. б.м. – бункерная урожайность, ц/га;

$В_{факт.}$ – фактическая влажность зерна, %;

С – засорённость зерна, %;

$В_{ст.}$ – влажность стандартная зерна равна 14%.

При *учёте урожая кукурузы на зерно* с учётной площади делянки убирают все початки и делят их на три фракции (с зерном с полной, восковой спелости и недозрелые) и взвешивают отдельно каждую фракцию. Затем с каждой делянки по 50 початков с зерном полной и восковой спелости (пропорционально их долям в урожае), взвешивают их, обмолачивают и определяют выход зерна. По пробе массой 300 г определяют влажность зерна согласно ГОСТ. Урожай чистого зерна при стандартной влажности рассчитывают по формуле:

где Ур. з. – урожай зерна при стандартной влажности (14%), ц/га;

У – урожай початков при полной и восковой спелости при в уборке, ц/га;

П – выход зерна от урожая початков, %;

$В_{факт.}$ – фактическая влажность зерна, %.

При учёте урожайности кукурузы на силос растения на учётной площади делянки скашивают и немедленно взвешивают. Для определения в общем урожае зелёной массы доли листьев, стеблей и початков в молочной и восковой спелости с каждой делянки берут средние пробы по 10-20 растений, разделяют их на основные части, отдельно взвешивают и определяют процентное соотношение в урожае.

Пропашные культуры. Учитывают урожай сплошным методом, взвешивая его с каждой делянки непосредственно в поле при уборке. При значительной загрязнённости клубней и корнеплодов необходимо брать пробы по 10-15 кг для установления прилипшей почвы. Для этого клубни или корнеплоды взвешивают до и после

удаления почвы. Эти пробы затем можно использовать для определения качества продукции.

Урожай семянок подсолнечника убирают комбайном или вручную. После обмолота корзинок семянки взвешивают и отбирают с каждой делянки в полиэтиленовые мешочки средние образцы семянок массой 300 г для определения влажности и засорённости. Урожайность семянок подсолнечник приводят к стандартной влажности и 100% чистоте по формуле:

где Ур. – урожайность, ц/га;

Ур. б.м. – бункерная урожайность, ц/га;

$В_{факт.}$ – фактическая влажность зерна, %;

С – засорённость зерна, %;

$В_{ст.}$ – влажность стандартная зерна равна 14%.

Урожай однолетних и многолетних трав учитывают сплошным методом. После скашивания трав на зелёную массу с учётной площади делянки сразу взвешивают. Для определения урожая сена с каждой делянки отбирают пробный сноп массой не менее 2 кг. Пробные снопы используют для определения влажности зелёной массы и ботанического состава травостоя и показателей качества урожая. Урожай сена при стандартной влажности рассчитывают по формуле:

где Ур. сена урожай сена при стандартной влажности 16 %, ц/га;

Ур. з. м. – урожай зелёной массы трав, ц/га;

$В_{факт.}$ – влажность зелёной массы, ц/га.

9.13 Анализ растительных образцов

Для этого растительные образцы отбирают для определения влажности, химического состава и оценки качества продукции по основным технологическим показателям. Это очень ответственная работа, поскольку по небольшой по объёму выборке оценивают весь объект исследований. Растительные образцы отбирают в

процессе вегетации культуры, во время уборки урожая или после определенного хранения продукции.

Растительные образцы зелёной массы отбирают во время уборки урожая по диагонали каждой делянки и в каждом повторении, с таким расчётом, чтобы масса образца была в пределах 3-5 кг. Затем растительные образцы измельчают на отрезки размером 2-3 см, тщательно их перемешивают и из неё отбирают две средние пробы по 0,5 кг для различных анализов.

При уборке кукурузы на силос в фазе молочно-восковой спелости зерна отдельно по каждой делянки отбирают пробы початков и листостебельной массы соответственно 4 и 8 кг. Затем их измельчают на отрезки длиной 4-6 см.

Отобранные растительные образцы силосной и зеленой массы, предназначенные для химических анализов, немедленно фиксируют в термостате с температурой 80-90 °С в течение 30 мин. для того, чтобы прекратились все ферментативные и микробиологические процессы, свойственные живому организму.

При уборке урожая картофеля растительные образцы формируют в два приёма. Сначала из всех повторностей отдельного варианта составляют общую пробу. Затем из неё отбирают по 20 клубней, которые помешают в полиэтиленовые пакеты с этикетками и отправляют в лабораторию.

Все отобранные для химических анализов образцы после высушивания измельчают и помещают в бумажные пакеты и хранят до проведения анализов.

Определение содержания влаги и сухого вещества в растительном материале. Содержание влаги в растительных тканях обычно вычисляют в процентах от их сухой или сырой массы. Принцип метода основан на том, что высушивание сырого растительного материала в сушильном шкафу при температуре 105 °С из него удаляется вся влага (свободная, слабо- и прочносвязанная). Количество испарившейся влаги или изменение массы растительного материала устанавливают взвешиванием на аналитических весах.

Массу 1 000 зерен (семян) определяют взвешиванием с точностью до 0,01 г двух навесок по 500 зерен. Если расхождение между результатами взвешивания навесок превышает 3 %, то из зерновой пробы взвешивают третью навеску. Затем определяют среднее арифметическое всех взвешиваний. После определения средней

массы 1 000 зерен при физической влажности её пересчитывают на стандартную влажность зерна по формуле:

$$\frac{\qquad\qquad}{\qquad\qquad}$$

где M_1 – средняя масса 1 000 зерен при физической влажности;

в – влажность зерна в момент взвешивания, %;

В – стандартная влажность зерна, %.

Натура или объемная масса зерна (семян) характеризуется массой зерна в объёме 1 л. Её определяют с помощью специальных весов – пурок разного объёма – 0,25; 0,5 или 1 л. Для определения натуры из заранее заготовленного для анализа образца отбирают при наличии пурки 1 л две пробы по 1 кг зерна, при наличии пурок объемом или 0,5 л массу каждой пробы уменьшают соответственно до 0,25 и 0,5 кг. После очистки от различных примесей зерно помешают в пурку и взвешивают с точностью до 1 г. Разница между взвешивания двух навесок из одного варианта превышает г (для овса 10 г), то для определения натуры необходимо использовать третью повторность.

Метод определения белка. В соответствии с ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его обработки», в РФ представляется установление нахождения общего азота согласно Къельдалю, с пересчётом на сухое вещество. Способ состоит в минерализации органического вещества серной кислотой в присутствии катализатора с образованием сульфата аммония, разрушении сульфата аммония щелочью с выделением аммиака, отгонке аммиака водяным паром в раствор серной кислоты с последующим титрованием. Метод Къельдаля является общепринятым во всём мире. На сегодняшний день имеется ряд других способов определения белка, предназначенных для проведения экспресс-анализа.

Анализ *содержания клейковины в зерне пшеницы* основан на отмывке крахмала, клетчатки и растворимых из сгустка вязкой массы, образованной при взаимодействии примесей некоторых белков с водой. Для анализа берут объединенный образец зерна массой 30-50 г размалывают на специальной мельнице или в кофемолке. После тщательного перемешивания из размолотой массы отбирают навеску 25 г. Её заливают в фарфоровой чашке 14 мл

воды и размешивают шпателем до однородного состояния. Затем фарфоровую чашку накрывают стеклом и составляют на 20 мин при температуре 16-20°С. Клейковину отмывают струей воды над густым капроновым ситом таким образом, чтобы сгусток оставался целостным. Отрешенные кусочки теста подбирают и присоединяют к общей массе. Во время отмывания клейковины клейкую массу всё время переминают, сначала слабее, затем интенсивнее. Заканчивают промывание тогда, когда промывная вода становится прозрачной и не окрашивается в синий цвет в присутствии раствора йода. Оставшаяся масса (клейковина) затем отжимают от воды руками до тех пор, пока она не станет приставать к пальцам. Отжатую клейковину взвешивают с точностью до 0,01 г. Повторив в течение 2-3 мин. отмывание и отжимание воды, снова взвешивают. Если разница между первым и вторым взвешиванием не превышает 0,1 г, отмывание клейковины прекращают.

Содержание сырой клейковины (%) рассчитывают по формуле:

$$\frac{a_1 \cdot 100}{a}$$

где a_1 – масса сырой клейковины, г;

а – масса навески, взятой для отмывания клейковины, 25 г.

Определение качества сырой клейковины на приборе ИДК, предназначенного для определения способности клейковины оказывать сопротивление деформирующей нагрузке сжатия.

Шарик сырой клейковины массой 4 г после 15-минутной его отлежки во воде при температуре 18 ± 1 °С помещают в центр опорного столика, нажимают кнопку «Пуск» и удерживая кнопку 2-3 секунды отпускают. Пуансон опускается и сжимает клейковину в течение 30 с. По истечении указанного времени загорается лампочка «Отсчёт» и производится снятие показаний по шкале прибора. Затем нажимают кнопку «Тормоз» и поднимают пуансон в верхнее положение, снимают с опорного столика образец клейковины и вытирают сухой мягкой тканью диски пуансона и столика. За показатель качества клейковины принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений.

В зависимости от показаний прибора, выраженных в услов-

ных единицах шкалы прибора, клейковину относят к соответствующей группе качества: очень сильная (неудовлетворительная) – 0-15, сильная (удовлетворительно крепкая) – 20-60, средняя (хорошая) – 60-75, удовлетворительно слабая – 80-100, неудовлетворительно слабая – 100-120 а.е.

Определение содержания сырого жира в растениях по обезжиренному остатку. Метод основан на экстракции сырого жира из взвешенной анализируемой пробы растворителем и взвешивании обезжиренного остатка. Для испытания всех видов кормов в качестве растворителя используют диэтиловый эфир.

Контрольные вопросы

1. Какие метеорологические показатели учитывают при проведении исследований?
2. Какие наблюдения и учеты проводят за растениями?
3. Какие показатели учитывают при проведения исследований за почвой?
4. Как проводят учет урожайности основных сельскохозяйственных культур?
5. Какие показатели учитывают при анализе растительных образцов?
6. Что включает в себя анализ сноповых образцов?
7. Какие показатели учитывают при анализе зерна?

10. ПЕРВИЧНАЯ И ОСНОВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ. ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

10.1. Первичная и основная документация

При проведении опыта необходимо полно и точно регистрировать все проводимые работы, учёты и наблюдения.

Вся документация по эксперименту подразделяется на первичную и основную (сводную).

К первичной относятся полевая тетрадь и журнал полевого опыта. К дополнительным первичным документам относятся рабочие тетради для пересчётов массовых наблюдений, лабораторные журналы, ведомости учёта, ленты с записями самопищущих приборов и т. п.

Полевая тетрадь – это книжка-тетрадь в жесткой обложке. В ней вычерчиваются формы по всем проводимым работам и учётам в хронологической последовательности, как в поле, так и в лаборатории. Объём её должен быть достаточным для записи результатов всего опыта, если опыт краткосрочный или всего вегетационного периода. В многолетних опытах заполняют несколько тетрадей, нумеруя их, указывая год исследований, даты начала и окончания ведения записей. Полевая тетрадь выдается ответственному исполнителю опыта и заполняется им ежедневно во время проведения работ. Исправления не допускаются или должна быть сделана запись о причине исправления информации. Полевая тетрадь заполняется карандашом или ручкой, записи, от которых не расплываются при попадании воды.

В полевой тетради в хронологической последовательности записывают: все результаты исследований, учетов и анализов в поле; все работы по закладке и проведению опытов в хронологическом порядке; фиксируют экстремальные атмосферные явления (ливень, ураган, заморозки и т.д.); фиксируют случаи вспышек засорённости посевов сорняками, пораженности растений болезнями и повреждения вредителями и т.д.

Журнал полевого опыта заполняют на основе полевой тетради. Журнал полевого опыта также заполняется по каждому опыту. В него ежедневно переносят информацию из полевой тетради на случай утраты данных. В нём должна быть исходная информация об опыте и его методике: рабочая гипотеза; тема исследований;

годы закладки и проведения опыта; даты утверждения, методика постановки опыта программа исследований; схема и план опыта; история и характеристика почв участка; агротехника, применяемая в опыте (предшественник, система удобрений, обработка почвы, данные о посевных качествах семян и т. д.).

В журнале полевого опыта излагают обобщенные и предварительно обработанные данные наблюдений и учётов, урожайность, результаты статистического анализа и другие сведения, необходимые для формулировки выводов и рекомендаций.

В журнале полевого опыта необходимы следующие записи: перечень всех работ по закладке опыта; результаты всех анализов, наблюдений и учётов в виде таблиц, графиков, рисунков, уравнений, в том числе результаты учётов бункерной урожайности по делянкам и в пересчёте на 1 га и приведенного к стандартной влажности и 100 % чистоте; результаты статистической обработки опытных данных; предварительные выводы и предложения.

Журналы хранят в лаборатории. Исправления в журнале не допускаются. В случае обнаружения ошибок соответствующие исправления вносят путем зачеркивания неверных данных и вписывания новых. Обязательно указывают кем, когда и по какой причине внесены исправления. Каждое исправление визируют ответственный исполнитель и руководитель.

К основной документации по опыту относятся отчеты по научно-исследовательской работе, рефераты по вопросам научных исследований, опубликованные статьи, научно-квалификационные (диссертационные) работы т. д.

10.2. Первичная обработка данных

Обработка данных агрономических исследований, например, результатов полевых и вегетационных опытов, наблюдений, учётов и анализов включает: агрономический анализ полученных данных; первичную цифровую обработку материалов; статистическую оценку результатов исследования.

Прежде чем приступить к первичной цифровой и статистической обработке материалов, необходимо оценить их с агрономической точки зрения. Агрономический анализ заключается в сопоставлении фактической методики опыта с методикой, к требуемой условиями и характером исследования, и включает критический

обзор данных об урожаях, сопоставление их с результатами полевых наблюдений, анализ методики проведения опыта, а также освобождение первичных данных от описок и неточностей. Опыты, проведенные с нарушениями методики и техники, грубыми ошибками изучаемых приёмов и технологий возделывания не представляют ценности, а полученные данные нельзя использовать в качестве каких-либо аргументов и тем более бессмысленно обрабатывать их статистически. Такие опыты бракуют.

После агрономической оценки и тщательного анализа методики и техники проведения полевого опыта, проверки записей по первоисточникам (полевой книжке и журналу), устранения описок и неточностей приступают к первичной цифровой обработке экспериментального материала.

Первичная обработка материалов полевого опыта включает: пересчёт урожаев с делянки на урожайность с 1 га; приведение урожая к стандартной влажности; составление таблицы урожая – определение сумм урожаев по вариантам, повторениям и общей суммы урожаев, расчёт средних урожаев по вариантам и опыту.

При сопоставлении таблицы урожаев, которую используют затем для статистического анализа, необходимо придерживаться следующего принципа: основная масса чисел должна быть трехзначной. Если урожаи не превосходят 100 ц/га, поделяночные и средние урожаи записывают с точностью до 0,1, а если урожаи выражаются сотнями центнеров – с точностью до 1 ц с гектара. В первом случае сотые доли центнеров, а во втором – десятые округляют по обычному правилу.

Если из учёта выпала одна или несколько делянок и, следовательно, нарушено сравнение вариантов, то вычисляют наиболее вероятный урожай этих делянок, как бы восстанавливает выпавшие данные.

Всегда необходимо иметь чёткое представление об абсолютной ошибке применяемых методов исследования. Соответственно ошибке исходных наблюдений, которая определяется вариабельностью признаков и измерительной аппаратурой, должна быть и точность вычисления результатов опыта. Результаты вычислений не могут быть точнее, чем используемые данные. Поэтому излишняя точность последующих вычислений ничего не дает, кроме непроизводительной растраты времени, и является обычно признаком недостаточно четкого представления о точности исходных

данных.

В каждом числе нужно сохранить столько значащих цифр, чтобы сомнительным был только последний знак. Поэтому, если варьируют десятки – принимают точность 1, единицы 0,1, десятые доли – 0,01 и т. д.

Во всех промежуточных расчётах значащих цифр должно быть на порядок выше, чем их количество в окончательном ответе. В этом случае есть уверенность, что самими вычислениями не вносятся заметных ошибок.

Все статистические характеристики, вычисленные с точностью, превышающей на один порядок первоначальные даты (числа) округляют до точности исходных измерений. При округлении чисел следует придерживаться следующих правил:

- если отбрасываемая при округлении цифра меньше 5, то последняя сохраняемая цифра не изменяется (15,746 > 15,7); если отбрасываемая цифра больше 5, то последняя значащая цифра увеличивается на единицу (17,764 < 17,8);

- если перед округлением за значащей цифрой стоит 5, то последнюю значащую цифру увеличивают на единицу, если она нечётная (17,752 < 17,8), и оставляют без изменения, если она чётная или равна нулю (17,252 > 17,2 или 17,052 > 17,0).

Результаты полевых опытов обязательно должны быть обработаны статистически. Математическая обработка экспериментальных данных позволяет сделать надежные выводы об объективных свойствах, закономерностях интересующего нас явления. При этом значительная роль принадлежит правильной организации статистических вычислений, которые не должны вносить в исходные показатели дополнительных ошибок. Необходимо тщательно продумать порядок и технику вычислений и разумно использовать счётные вспомогательные средства: числовые таблицы, вычислительные машины и др. Не следует обольщаться возможностями современных быстродействующих вычислительных устройств (следует помнить, что нельзя из вычислительной машины получить больше, чем в неё вложили). Абсолютная точность последующих вычислений будет бессмысленной, т. е. ничего не даст, если исходные данные ненадежны. Главная обязанность экспериментатора – получение достоверной исходной информации об изучаемом явлении, без которой невозможна статистическая интерпретация данных. Статистические методы – это средство объ-

яснения результатов исследований и активный инструмент планирования оптимальной схемы и структуры эксперимента.

10.3. Преобразование данных учётов и наблюдений. Восстановление выпавших дат

Большинство признаков, характеризующих растения и почву, имеют количественные показатели, которые подчиняются закону нормального распределения и их статистическую обработку проводят по схеме дисперсионного анализа с учётом структуры эксперимента. Отдельные показатели (количество вредителей, сорняков, оценка состояния посевов в баллах, дегустационная оценка качества продукции и др.) не подчинятся закону нормального распределения и исходные данные необходимо преобразовать. Если некоторые наблюдения дают нулевые или очень небольшие значения варьирующей переменной, то преобразовывают по формуле:

$$X_1 = 1 + X,$$

в остальных случаях – $\bar{X}$.

В тех случаях, когда наблюдаемую величину выражают в относительных числах (проценты, доли), исходные даты преобразуют через угол, синус которого является квадратным корнем из доли или процента:

$$\sqrt{\quad}.$$

Обработку преобразованных дат проводят методом дисперсионного анализа. После оценки существенности частных различий делают обратный переход к исходному показателю.

Таблица 4

Урожайность картофеля, ц/га

Вариант	Повторение				Среднее по вариантам
	1	2	3	4	
Вариант 1	120	150	110	125	
Вариант 2	(166)	180	170	(158)	175
Вариант 3	160	175	160	(151)	165
Вариант 4	170	180	175	150	
Среднее по повторениям с полным набором делянок	145	165	142	137	

В процессе проведения опыта могут быть безвозвратно утрачены данные по отдельным повторениям. Это не позволяет про-

вести дисперсионный анализ. Предварительно выпавшие данные нужно восстановить. Необходимым условием восстановления утраченных данных является наличие вариантов с полным набором повторений. Например, требуется восстановить утраченные данные урожайности картофеля (табл. 4).

Для этого рассчитывают средние по повторениям с полным набором вариантов (варианты 1 и 4), которые сопоставимы между собой и средние по вариантам с утраченными повторениями. Чтобы определить теоретическую урожайность в 4 повторении варианта 3 находим среднюю урожайность в вариантах с полным набором повторений (1 и 4), но только по тем повторениям, которые сохранились в варианте 3 (1, 2, 3 повторения) 145 + 165 + 142 = 151 (ц/га). Далее сравниваем урожайность в варианте 3 (165 ц/га) и в вариантах 1 и 4 (151 ц/га) и устанавливаем разницу 151 – 165 = – 14 (ц/га). Это означает, что урожайность в 4 повторении варианта 3 на 14 ц/га выше, чем в среднем в 4 повторении вариантов 1 и 4. Расчёты показывают, что она составляет 137 + 14 = 151 (ц/га). Аналогично восстанавливают вероятные значения урожайности в повторениях 1 и 4 варианта 2.

Контрольные вопросы

1. Что относится к первичной документации?
2. Что такое основная документация?
3. Что включает в себя первичная обработка данных?
4. Что такое преобразование данных учётов и наблюдений?
5. Что включает в себя восстановление выпавших дат?

11. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

11.1. Дисперсионный анализ

Для статистической обработки результатов опытов лучшим методом является *дисперсионный анализ*, предложенный английским учёным Р. Фишером.

Полученные экспериментальные данные обсчитывают, доводя их до сопоставимого состояния по вариантам. Затем их усредняют по пробам, получая данные по повторениям, и подвергают математической обработке.

Полученные экспериментальные данные всегда имеют определённую погрешность, зависящую от неоднородности объекта исследования и степени влияния неконтролируемых факторов. Для определения достоверности различий, полученных экспериментальных данных в агрономических исследованиях, используют разные статистические методы. Наиболее часто применяют дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализы. При постановке полевого опыта урожайные данные оценивают с использованием двух показателей – критерия Фишера (F_{05}) и наименьшей существенной разности ($НСР_{05}$) при соответствующем уровне вероятности (значимости). Для анализа качественной изменчивости также вычисляют среднюю арифметическую, дисперсию, коэффициент вариации, доверительный интервал. Для проведения расчётов можно использовать специализированные компьютерные программы или воспользоваться табличным редактором Microsoft Excel, который входит в состав Microsoft Office.

Сущностью дисперсионного анализа является расчленение общей суммы квадратов отклонений и общего числа степеней свободы на части – компоненты, соответствующие структуре опыта, и оценка значимости действия и взаимодействия изучаемых факторов по F-критерию. Это означает, что из общей величины можно вычленить изменчивость, связанную с влиянием повторений, вариантов и случайных факторов. В ходе дисперсионного анализа вычисляют критерий Фишера фактический ($F_{факт.}$) и сравнивают его с критерием Фишера теоретическим ($F_{теор.}$). Для агрономических исследований в основном берут критерий Фишера при 5%-ном уровне значимости, можно использовать также 1%-ный уровень значимости. Если $F_{факт.} < F_{теор}$, то существенных различий

между средними величинами нет, а наблюдаемые отклонения вызваны влиянием случайных факторов. Если $F_{факт.} \geq F_{теор}$, то между выборочными средними наблюдаются существенные различия, связанные с влиянием изучаемых факторов. Для установления конкретных вариантов, повлиявших на изменение между выборочными средними, вычисляется величина НСР ($НСР_{05}$ или $НСР_{01}$).

Дисперсионный анализ проводят чаще всего при анализе данных урожайности сельскохозяйственных культур. В этом случае выборочными средними будут являться средние величины урожайности по повторениям. Дисперсионный анализ можно проводить для однофакторных и многофакторных опытов, поставленных методами рендомизированных и расщепленных делянок.

Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта. При проведении дисперсионного анализа вначале нужно привести таблицу, в которой указывается урожайность на каждом повторении в зависимости от изучаемых вариантов опыта.

Пример. В полевом опыте проводили оценку по урожайности пяти сортов (вариантов) озимой пшеницы $v = 5$, все варианты имеют одинаковую повторность (по 4 делянки) $n1 = n2 = n3 = n4 = n5 = 4$. Варианты в опыте размещены методом организованных повторений (табл. 5).

Таблица 5

Урожайность разных сортов озимой пшеницы, ц/га

Варианты опыта	Повторения, X				Суммы, **V**	Средние, $\bar{x}_v$
	I	II	III	IV		
1.Светоч	47,8	46,9	45,4	44,1	184,6	46,0
2. Базис	53,7	50,3	50,6	48,0	202,6	50,6
3. Безенчукская 380	46,7	42,0	43,4	40,7	172,8	43,2
4.Саратовская 90	48,0	47,0	45,9	45,7	186,6	46,6
5. Малахит	41,8	40,0	43,0	41,6	166,4	41,6
Суммы Р	238,0	226,2	228,3	220,1	$\sum X$ =912,6	45,6

Решение: Прежде всего, выдвигаем нулевую гипотезу H_0: d = 0, т. е. все генеральные средние одинаковы, а разности между средними по вариантам в опыте обусловлены влиянием случайных факторов, то есть они статистически несущественны.

Статистический анализ проведем в 4 этапа:

1. Составляем рабочую таблицу, располагая в ней исходные данные (X) по вариантам и повторностям, определяем суммы (V), средние по вариантам (x_v) и общую сумму всех значений по опыту

($\sum X$).

Правильность расчетов проверяют по равенству:

$$\sum X = \sum V = \sum P = 912,6;$$

2. Вычисляем суммы квадратов отклонений по рабочим формулам:

общее число наблюдений $N = v \cdot n = 5 \cdot 4 = 20$ поправка

$C = (\Sigma X)^2/N = (912,6)^2 : 20 = 41\ 641,94;$

Суммы квадратов отклонений:

- общая $CKO = \Sigma X^2 - C = (47,8^2 + 46,9^2 + 41,6^2) - 41\ 641,94 = 246,66;$
- вариантов $CKV = \Sigma V^2/n - C = (170,6^2 + 152,3^2 + 122,1^2): 4 - 41641,94 = 194,25;$
- повторений $CKП = \Sigma П^2/v - C = (238,0^2 + 226,2^2 + 228,3^2 + 220,1^2):5 -$ 41 641,94 $= 33,13;$
- остаточная $CKE = CKO - CKV - CKП = 246,66 - 194,25 - 33,13 = 19,28.$

3. После вычисления сумм квадратов составляем таблицу дисперсионного анализа (табл. 6):

Сравниваем фактическое значение критерия Фишера с табличным (прил. 1) и проверяем нулевую гипотезу: поскольку $F_ф > F_{05}$, нулевая гипотеза отвергается $H_0 \neq 0$, в опыте между вариантами есть существенные различия между вариантами.

С помощью критерия Фишера мы установили, что в опыте в целом есть существенные различия, однако для выбора лучшего варианта и определения существенности разности любых пар наблюдений необходимо рассчитать НСР.

3. Для оценки существенности частных различий вычисляем ошибку опыта ( ), ошибку разности средних ( ) и $НСР_{05}$:

— —

— — ;

— ———

— ———

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d = 2,18 \cdot 0,90 = 1,96 \text{ ц/га}$$

Значение критерия t_{05} берем из таблицы (прил. 1) для остаточ-

ного числа степеней свободы 12 (γ_e = (n – 1) (v – 1) 3 · 4 = 12).

Таблица 6

Таблица дисперсионного анализа

Источник вариации	Суммы квадратов	Степени свободы γ	Дисперсия S^2	Критерий F	
				факт.	05
Общая	246,66	N–1 =19	–	–	–
Повторений	33,13	n–1 = 3	–	–	–
Вариантов	194,25	v–1= 4	48,56	30,16	3,26
Остаточная	19,28	(n-1) (v-1) 3 · 4 = 12	1,61	–	–

Составляем итоговую таблицу 7, в которую записываем средние значения по вариантам и разности по вариантам и оцениваем существенность каждой разности по величине $НСР_{05}$.

Таблица 7

Средняя урожайность разных сортов озимой пшеницы, ц/га

Варианты опыта	Средние значение по варианту
1. Светоч (стандарт)	46,0
2. Базис	50,6
3. Безенчукская 380	43,2
4. Саратовская 90	46,6
5. Малахит	41,6
$НСР_{05}$=1,96 ц/га	

Вывод: Наибольшая урожайность озимой пшеницы отмечена у сорта Базис. Прибавка урожая зерна по сравнению со стандартом (Светоч) составила 4,6 ц/га. Сорта Светоч и Саратовская 90 по урожайности оказались примерно одинаковыми. Сорта Безенчукская 380 и Малахит также отличались несущественно по данному показателю.

Дисперсионный анализ данных двухфакторного полевого опыта, поставленного методом расщепленных делянок. В таблице 8 представлена урожайность гречихи в зависимости от способа посева и нормы высева.

С помощью дисперсионного анализа необходимо определить существенность различий по урожайности между изучаемыми вариантами.

После таблицы вычисляют суммы квадратов отклонений, для чего используют следующий порядок расчётов.

1. Общее число наблюдений (N) по формуле:

где l_A – количество вариантов по фактору А; l_B – количество вариантов по фактору В;

n – количество повторений.

2. Корректирующий фактор С:

3. Общая сумма квадратов отклонений C_Y:

$C_Y = \sum X^2 - C = (10{,}5^2 + 8{,}9^2 + 11{,}9^2 + ... + 12{,}6^2) - 3574{,}60 = 74{,}77$;

4. Сумма квадратов отклонений по повторениям Cp:

5. Сумма квадратов отклонений по вариантам Cv:

6. Сумма квадратов отклонений по остатку Cz:

Таблица 8

Урожайность гречихи, ц/га

Способ посева	Норма высева, млн всх. семян	Повторения, X				Суммы, V	Средние,
		I	II	III	IV		
Рядовой	2,5	10,5	8,9	11,9	9,4	40,7	10,2
	3,5	12,3	10,7	13,1	11,5	47,6	11,9
	4,5	11,9	10,5	12,8	11,3	46,5	11,6
Широкорядный	2,5	13,0	10,8	14,0	12,2	50,0	12,5
	3,5	13,7	11,9	16,9	14,5	57,0	14,2
	4,5	12,3	11,1	15,1	12,6	51,1	12,8
Суммы P		73,7	63,9	83,8	71,5	∑X=292,9	$_{ср}$=12,2

Далее необходимо вычислить суммы квадратов отклонений для факторов А, В и взаимодействия АВ. для этого составляют таблицу (табл. 9). В неё вписывают суммы по вариантам из таблицы 4 и суммируют их по каждому фактору.

Таблица 9

Определение главных эффектов и взаимодействия

Способ посева	Норма высева, млн всх. семян	Суммы

(фактор А)	(фактор В)			А
	2,5	3,5	4,5	
Рядовой	40,7	47,6	46,5	134,8
Широкорядный	50,0	57,0	51,1	158,1
Суммы В	90,7	104,6	97,6	292,9

После вычисления квадратов отклонений по факторам А и В, и их взаимодействию, необходимо вычислить ошибку первого порядка. На делянках первого порядка располагаются варианты по фактору А, в нашем случае рядовой и широкорядный способы посева. Для определения ошибки первого порядка составляют таблицу (табл. 10). В неё вносят сумму значений урожайности по делянкам первого порядка (фактор А) на каждом повторении из таблицы 1. Для делянки первого порядка с рядовым способом посева на первом повторении сумма будет равна 10,5 + 12,3 + 11,9 = 34,7, на втором повторении сумма будет равна 8,9 + 10,7 + 10,5 = 30,1 и т. д.

Таблица 10

Суммы урожайности по делянкам первого порядка

Способ посева (фактор А)	Повторения				Суммы А
	I	II	III	IV	
Рядовой	34,7	30,1	37,8	32,2	134,8
Широкорядный	39,0	33,8	46,0	39,3	158,1
Суммы Р	73,7	63,9	83,8	71,5	292,9

По данным таблицы 10 рассчитывают сумму квадратов отклонений для ошибки I и II (C_{ZI} *и* C_{ZII}):

После проведения всех расчетов составляют итоговую таблицу дисперсионного анализа (табл. 11).

Таблица 11

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F_{05}
Общая	74,77	23	-	-	-
Повторений	33,66	3	-	-	-
Фактора А	22,62	1	22,62	14,98	10,13
Ошибка I	4,53	3	1,51	-	-
Фактора В	12,08	2	6,04	30,20	3,88
Взаимодействия АВ	1,88	2	0,94	4,70	3,88
Ошибка II	2,36	12	0,20	-	-

Степени свободы рассчитывают по следующим формулам:
для C_Y: $N - 1 = 24\text{-}1 = 23$; *для* C_P: $n - 1 = 4\text{-}1 = 3$;
для C_A: $l_A - 1 = 2\text{-}1 = 1$; *для* C_{ZI}: $(l_A\text{-}1)\cdot(n\text{-}1) = (2\text{-}1)\cdot(4\text{-}1) = 3$;
для C_B: $(l_B\text{-}1) = 3\text{-}1 = 2$; *для* C_{AB}: $(l_A\text{-}1)\cdot(l_B\text{-}1) = (2\text{-}1)\cdot(3\text{-}1) = 2$;
для C_{ZII}: $23\text{-}3\text{-}1\text{-}3\text{-}2\text{-}2 = 12$.

Средний квадрат вычисляют путем деления сумм квадратов на соответствующие им степени свободы:

для : — —

для C_{ZI}: ——— — ;

для C_B: — —

для C_{AB}: ——— ——— ;

для C_{ZII}: — — .

Критерий Фишера фактический для фактора А находят путём деления среднего квадрата по этому фактору на средний квадрат по ошибке I:

— ——

Критерий Фишера фактический для фактора В и взаимодействия АВ находят путем деления средних квадратов по этим факторам на средний квадрат по ошибке II:

Критерий Фишера теоретический находят по таблице соответствующих дисперсий (прил. 2). В рассматриваемом примере во всех случаях критерий Фишера фактический превышал критерий Фишера теоретический, то есть влияние факторов А и В на урожайность гречихи было существенным, также, как и их взаимодействие. Далее нужно вычислить $НСР_{05}$ и провести анализ о существенности влияния на урожайность гречихи каждого варианта опыта. $НСР_{05}$ в данном опыте вычисляют для факторов А и В по делянкам первого и второго порядка. Определяют существенность влияния факторов по главному эффекту и по частным различиям.

Оценка существенности по частным различиям делянки первого порядка (способ посева):

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d = 3{,}18 \cdot 0{,}87 = 2{,}77.$$

- делянки второго порядка (норма высева):

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d = 4{,}32 \cdot 0{,}32 = 1{,}38.$$

Оценка существенности по главным эффектам делянки первого порядка (способ посева):

$$. HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d = 4{,}32 \cdot 0{,}32 = 1{,}38.$$

- делянки второго порядка (норма высева):

$$\overline{\quad} \quad \overline{\quad}$$

$$\overline{\quad} \quad \overline{\quad} \quad .$$

$$НСР_{05} = t_{05} \cdot S_d = 2{,}18 \cdot 0{,}22 = 0{,}50.$$

Для дальнейшего анализа удобнее представить данные в виде таблицы (табл. 12).

Оценку существенности влияния фактора по главному эффекту проводят с использованием средних значений по каждому фактору, то есть рассматривают один из изучаемых факторов независимо от влияния другого фактора. По частным различиям влияние одного из факторов рассматривают на фоне другого фактора.

Таблица 12

Урожайность гречихи
в зависимости от способа посева и нормы высева

Способ посева (фактор А)	Норма высева, млн всх. семян (фактор В)			Среднее по фактору А
	2,5 (К)	3,5	4,5	
Рядовой (К)	10,2	11,9	11,6	11,2
Широкорядный	12,5	14,2	12,8	13,2
Среднее по фактору В	11,4	13,0	12,2	
$НСР_{05}$ по фактору А= 1,38 ц/га				

Главный эффект по способу посева (фактор А): $А_2 – А_1 = 13{,}2 – 11{,}2 = 2{,}0$ ц/га, $НСР_{05} = 1{,}38$ ц/га. По главному эффекту широкорядный способ посева по сравнению с рядовым обеспечил существенно более высокую урожайность.

Частные различия по способу посева: $a_2b_1 – a_1b_1 = 12{,}5 – 10{,}2 = 2{,}3$ ц/га; $a_2b_2 – a_1b_2 = 14{,}2 – 11{,}9 = 2{,}3$ ц/га; $a_2b_3 – a_1b_3 = 12{,}8 – 11{,}6 = 1{,}2$ ц/га. $НСР_{05} = 0{,}50$ ц/га. По частным различиям урожайность гречихи существенно более высокая была получена при широкорядном способе посева на фоне норм высева 2,5, 3,5 и 4,5 млн всх. семян/га.

Главный эффект по нормам высева (фактор В): $В_2 – В_1 = 13{,}0 – 11{,}4 = 1{,}6$ ц/га;

$В_3 – В_1 = 12{,}2 – 11{,}4 = 0{,}8$ ц/га; $В_2 – В_3 = 13{,}0 – 12{,}2 = 0{,}8$. $НСР_{05} = 0{,}5$ ц/га. По главному эффекту нормы высева 3, 4 и 5 млн./га по сравнению с нормой высева 2 млн./га способствовали существенному повышению урожайности гречихи, так как отклонения во всех случаях превышали $НСР_{05}$.

Частные различия по нормам высева: $НСР_{05}$=1,1 ц/га на фоне

рядового способа посева: $a_1b_2 - a_1b_1 = 11,0 - 10,5 = 0,5$ ц/га; $a_1b_3 - a_1b_1 = 13,0 - 10,5 = 2,5$ ц/га; $a_1b_4 - a_1b_1 = 14,2 - 10,5 = 3,7$ ц/га. на фоне широкорядного способа посева: $a_2b_2 - a_2b_1 = 14,6 - 12,4 = 2,2$ ц/га; $a_2b_3 - a_2b_1 = 15,4 - 12,4 = 3,0$ ц/га; $a_2b_4 - a_2b_1 = 14,4 - 12,4 = 2,0$ ц/га.

По частным различиям на фоне рядового способа посева по сравнению с нормой высева 2 млн/га существенно более высокая урожайность гречихи была при нормах высева 4 и 5 млн/га. При норме высева 3 млн/га урожайность существенно не повышалась, так как отклонение (0,5 ц/га) не превышало $НСР_{05}$ (1,1 ц/га). На фоне широкорядного способа посева урожайность при нормах высева 3, 4 и млн всх. семян /га по сравнению с нормой 2 млн/га была существенно выше, так как отклонения во всех случаях превышали $НСР_{05}$.

11.2. Корреляционно-регрессионный анализ

Растения в процессе развития постоянно взаимодействуют с факторами внешней среды, изменяются под влиянием разнообразных условий существования. В практике агрономических исследований часто возникает необходимость изучить зависимость или связь между двумя (или более) варьирующими признаками или свойствами растений и почвы, так как многие признаки находятся в определенной взаимосвязи. Все изучаемые признаки делятся на две группы: *независимые* или *факториальные признаки* (*аргумент*), которые обозначаются букой X и *зависимые* или *результативные* (*функция*), которые изменяются под влиянием независимых признаков и обозначаются буквой (Y). Живым объектам свойственна *корреляционная зависимость*, при которой каждому значению независимого признака независимого признака соответствует не одно, а множество возможных значений признака Y, возникают связи, обнаруживаемые лишь при массовом изучении признаков, называемые *корреляционными*.

Корреляции подразделяют по *направлению, форме* и *числу связей*. По направлению корреляция может быть *прямой* и *обратной*. При *прямой корреляции* с увеличением значения признака X увеличивается значение Y. Например, чем выше продуктивная кустистость, тем выше урожайность; чем больше питательных веществ в почве, тем выше урожайность и т. п.

При *обратной корреляции* с увеличением значения признака

X значение признака Y уменьшается. Например, при увеличении засорённости полей урожайность культур снижается; при постоянном увеличении массы корнеплодов сахарной свёклы уменьшается их сахаристость и т. п.

По форме корреляция бывает *прямолинейной (линейной)* и *криволинейной*. Линейная корреляция имеет место, когда с увеличением признака X увеличивается другой признак Y и выражаются уравнением прямой линии $Y = a + bX$. Например, урожайность увеличивается с увеличением числа полноценных зёрен; ростовые процессы улучшаются при увеличении площади питания растений и т. п. При криволинейной корреляции значения X и Y изменяются сначала в одном направлении, а затем в противоположном. Так, при постоянно возрастающих дозах фактора X (удобрения, влажность почвы и т. п.) урожайность сначала возрастает, затем стабилизируется, а после дальнейшего увеличения признака X снижается. Линейная связь выражается *коэффициентом корреляции – r*, криволинейная – *корреляционным отношением – η*.

По числу связей корреляция может быть *простой*, когда имеется связь между двумя признаками и *множественной*, когда связано три признака и более. Например, урожайность зависит от доз азота, фосфора, калия, норм орошения и других факторов.

Полноту связи между признаками оценивают по следующей градации: если r <0,3, связь между признаками слабая; если r = 0,3-0,7, связь средняя; если r> 0,7, связь сильная.

Если корреляционный анализ показал наличие сильной и достоверной связи, установленной на уроне вероятности P_{05}, то проводят регрессионный анализ, вычисляя коэффициенты R_{xy} и R_{yx}.

Регрессия – это характер и степень изменения одного из признаков X на единицу изменения другого Y.

В агрономических исследованиях часто приходится оценивать взаимосвязь между двумя изучаемыми признаками, каким образом один признак влияет на другой. Для такого анализа применяют коэффициенты корреляции и регрессии. Пример их расчета приведен в таблице 13 для показателей количества зерен в колосе пшеницы (признак X) и урожайности яровой пшеницы (признак Y).

Корреляционный анализ позволит определить насколько сильно зависит урожайность от количества зерен в колосе: =19,7

Вычисляем коэффициент корреляции (r) по формуле:

В нашем случае коэффициент корреляции равен 0,99, следовательно, связь между урожайностью зерна и количеством зерен в колосе пшеницы сильная.

Вычисляем ошибку коэффициента корреляции (S_r) и критерий существенности:

Полученный критерий существенности сравниваем с теоретическим значением t_{05} при n – 2 степенях свободы. Если $t_r \geq t_{05}$, то корреляционная связь существенна, если $t_r < t_{05}$, то корреляционная связь несущественна В нашем случае t_r = 17, что превышает t_{05} = 2,31 при 10 – 2 = 8 степенях свободы, следовательно корреляционная зависимость между урожайностью пшеницы и количеством зерен в колосе существенна.

Вычисляем коэффициент регрессии b_{yx} и уравнение сии по формуле:

Таблица 13

Корреляционно-регрессионный анализ яровой пшеницы

№			Отклонения		Квадраты отклонений		Произведения
	X	Y					
1	20	18,8	0,30	0,41	0,09	0,1681	0,123
2	17	15,8	-2,70	-2,59	7,29	6,7081	6,993
3	18	16,9	-1,70	-1,49	2,89	2,2201	2,533
4	26	24,7	6,30	6,31	39,69	39,8161	39,753
5	15	12,3	-4,70	-6,09	22,09	37,0881	28,623
6	20	19,4	0,30	1,01	0,09	1,0201	0,303
7	23	22,6	3,30	4,21	10,89	17,7241	13,893
8	19	16,7	-0,70	-1,69	0,49	2,8561	1,183
9	17	15,2	-2,70	-3,19	7,29	10,1761	8,613
10	22	21,5	2,30	3,11	5,29	9,6721	7,153
Сумма	197,0	183,9	0,0	0,0	96,1	127,449	109,17

Коэффициент регрессии позволяет определить, насколько единиц изменяется признак Y при изменении признака X на одну единицу, в то время как коэффициент корреляции указывает только на сам факт наличия зависимости между признаками. В нашем случае коэффициент регрессии показывает, что при изменении количества зёрен на одну штуку урожайность зерна пшеницы в среднем изменяется на 1,1 ц/га.

Уравнение регрессии позволяет вычислить примерное значение признака Y при определенном значении признака X. В нашем примере уравнение регрессии будет следующим $Y = 18,39 + 1, 1(X – 19,7) = 1,1X – 1,31$.

Контрольные вопросы

1. В чём заключается сущность дисперсионного анализа?
2. Как определяется корректирующий фактор?
3. Из чего складывается общая сумма квадратов отклонений?
4. Как вычисляется сумма квадратов отклонений по повторениям?
5. Как вычисляется сумма квадратов отклонений по вариантам?
6. Как вычисляется сумма квадратов отклонений остатка?
7. Как оценить существенность различий между вариантами?
8. Как определить ошибку опыта и ошибку разности?
9. Что такое НСР и для чего она используется?
10. Каково значение критерия Фишера в дисперсионном анализе?
11. Опишите схему дисперсионного анализа однофакторного опыта.
12. Какова методика дисперсионного анализа двухфакторного полевого опыта?
13. Что понимают под корреляцией и регрессией?
14. Приведите примеры использования корреляции и регрессии в научных исследованиях по агрономии.

12. АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ. МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ КАК КВАЛИФИКАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

12.1. Анализ экспериментальных данных

Для анализа экспериментальных данных их необходимо усреднить по повторениям и годам, свести в таблицы, рассчитать среднее по каждому фактору и взаимодействию факторов. Анализ проводят методом сравнения данных того или иного варианта с контролем и другими вариантами опыта, данными других исследователей, нормативными показателями. При этом не следует пересказывать приведённые абсолютные значения. Необходимо оценить уровень демонстрируемых данных в сравнении со значениями контрольного варианта, закономерности и зависимости, выявленные в изменяющихся показателях таблицы. Достоверность полученных различий устанавливают по НСР (наименьшая существенная разница). Например, требуется проанализировать данные урожайности сортов озимой ржи в зависимости от обработки почвы и предшественников (табл. 14).

Анализ лучше начинать, сравнивая по каждому фактору вне зависимости от других факторов. Для этого используют усредненные данные по факторам А, В, С. Анализ по фактору А (предшественник) показывает, что урожайность озимой ржи по чистому пару составила 2,31 т/га, что на 0,01 т/га больше, чем по занятом пару. Данное различие не существенно, так как $НСР_{05}$ по фактору А составляет 0,36 т/га. Таким образом, озимая рожь сформировала урожайность равную урожайность по обоим предшественникам.

Анализ по фактору В (сорт) показывает, что сорт Антарес сформировал среднюю урожайность 2,00 т/га, что существенно на 0,61 т/га меньше, чем сорт Безенчукская 87 ($НСР_{05}$ = 0,16 т/га). Сравнение средних данных по сроку посева (фактор С) показывает, что наибольшая урожайность получена при посеве в третий и четвертый срок с 15 по 20 августа и составила 2,76-2,83 т/га. По сравнению с пятым сроком посева урожайность зерна при оптимальных сроках посева выше на 0,22-0,29 т/га. Прибавка существенна, так как $НСР_{05}$ по фактору с равна 0,08 т/га. На следующем этапе анализируем взаимодействие факторов АВ, АС и ВС, также используя НСР главных эффектов при сравнении результатов.

Таблица 14

Влияние предшественника и срока посева
на урожайность сортов озимой ржи, т/га

Сорт (В)	Срок посева (С)	Предшественник (А)		Среднее	
		чистый пар (к)	горох	ВС	С
Антарес	15.08	1,11	0,96	1,04	1,47
	20.08	1,54	1,59	1,56	1,91
	25.08 (к)	2,51	2,51	2,51	2,76
	30.08	2,63	2,64	2,64	2,83
	05.09	2,24	2,18	2,21	2,54
Среднее по $АВ_1$		2,01	1,98	2,00	
Безенчукская 87 (к)	15.08	1,88	1,93	1,90	
	20.08	2,25	2,27	2,26	
	25.08 (к)	3,05	2,95	3,00	
	30.08	3,01	3,04	3,02	
	05.09	2,84	2,89	2,86	
Среднее по $АВ_2$		2,61	2,62	2,61	
Среднее по А		2,31	2,30		
Среднее по $АС_1$		1,50	1,44	1,47	
Среднее $АС_2$		1,90	1,93	1,92	
Среднее по $АС_3$		2,78	2,73	2,76	
Среднее по $АС_4$		2,82	2,84	2,83	
Среднее по $АС_5$		2,54	2,54	2,54	
$НСР_{05}$	А	0,36	$НСР_{05}$	А	0,56
	В, АВ	0,15		В	0,31
	С, АС, ВС	0,08		С	0,12

Анализ взаимодействия факторов А и В (сорт, предшественник) показывает, что оба сорта сформировали урожайность одного уровня по разным предшественникам. Например, сорт Антарес по чистому пару дал урожайность 2,01 т/га, а по занятому – 1,98 т/га при $НСР_{05}$ = 0,16 т/га.

Анализ взаимодействия факторов В и С (сорт, срок посева) показывает, что наибольшая урожайность сорта Безенчукская 87 получена при посеве с 15 по 20 августа и составила 3,00-3,02 т/га, что на 0,24-1,12 т/га больше, чем при других сроках посева ($НСР_{05}$ = 0,08 т/га). По сорту Антарес оптимальный срок посева более узкий и совпадает с 20 августа (2,64 т/га). При других сроках посева урожайность этого сорта ниже на 0,13-1,60 т/га. Также можно сказать, что срок посева озимой ржи по занятому пару тоже был более узкий, чем по чистому пару. Анализ взаимодействия факторов А и

С это подтверждает. По чистому пару урожайность ржи при посеве
с 15 по 20 августа составила 2,78-2,82 т/га, или на 0,24-1,32 больше, чем при других сроках посева ($НСР_{05}$ = 0,08 т/га). По занятому пару наибольшая урожайность получена при посеве ржи 20 августа. Далее анализируем данные, используя $НСР_{05}$ частных различий.

Можно сформулировать выводы: при всех сроках посева по обоим предшественникам сорт Безенчукская 87 был урожайнее сорта Антарес ($НСР_{05}$ = 0,31 т/га); по обоим предшественника оптимальным сроком посева сорта Антарес является 20 августа, а сорта Безенчукская 87 – 20-25 августа ($НСР_{05}$ = 0,12 т/га); не подтверждается, что срок посева по занятому пару более узкий, чем по занятому пару ($НСР_{05}$ = 0,56 т/га).

Результаты исследований по этим вопросам желательно сопоставить с данными других учреждений региона, получить подтверждение. Если выводы разнятся, то необходимо найти этому объяснение. Выявленные закономерности необходимо подтвердить или опровергнуть при анализе других показателей, полученных в опыте (структура урожайности, фотосинтез и т. д.).

Экономическая оценка новых предлагаемых автором технологических решений является обязательной составляющей научно-исследовательской работы. Определяют такие показатели: полные затраты на производство продукции в расчете на 1 га, стоимость продукции в расчёте на 1 га, условный чистый доход с 1 га, себестоимость продукции, рентабельность производства.

Чтобы сравнить эффективность технологий вне зависимости от времени и пространства, изменения стоимостных величин на средства производства и продукцию проводят их агроэнергетический анализ. Он наряду с экономическими показателями даёт возможность выбрать наиболее рациональные приёмы и технологии возделывания культур, при проведении которых обеспечиваются минимальные затраты антропогенной энергии при получении высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Так как возделываемая культура оказывает непосредственное влияние на почву, извлекая из неё необходимые для роста растений питательные вещества и изменяет физико-химические свойства почвы. Оценить эффективность применения технологий возделывания культур следует с позиции эколого-экономической эффектив-

ности, которая характеризует результативность процесса производства сельскохозяйственной продукции с учётом затрат на восстановление почвенного плодородия, вызванное технологией возделывания культуры.

12.2. Магистерская диссертация как квалификационное исследование

Прохождение *производственной практики (НИР)* нацелено на усиление научной компоненты в образовательном процессе магистранта и предполагает закрепление и углубление теоретической подготовки обучающихся в рамках работы над задачами магистерской диссертации, приобретение практических навыков и компетенций, а также самостоятельной научно-исследовательской деятельности. Содержание производственной практики (НИР) определяется тематическим научным направлением выпускной квалификационной работы.

Фактический материал, собранный студентом в ходе практики, должен быть использован непосредственно для выполнения НИР и при написании магистерской диссертации.

Магистерская диссертация является самостоятельным научным исследованием, выполняемым под руководством научного руководителя (для работ, выполняемых на стыке направлений, с привлечением одного или двух научных консультантов).

Магистерская диссертация представляет собой выпускную квалификационную работу научного содержания, которая имеет внутреннее единство и отражает ход и результаты разработки выбранной темы. Она должна соответствовать современному уровню развития науки и техники, а её тема должна быть актуальной.

Содержание диссертации не обязательно должно быть новым, новизна должна быть либо в установлении подходов к исследованию темы, либо в методах решения проблемы, либо в определении источников используемой информации.

Выводы и рекомендации, представление в магистерской диссертации, полнота и глубина их проработки – позволяют судить о степени освоения автором первоначальных навыков научно-исследовательской робы в сфере выбранного направления профессиональной деятельности.

В процессе работы над диссертацией студент-магистрант при исследовании предметной области знакомится с научными подходами, методиками и существующим опытом решения подобных задач и закрепляет полученный в ходе обучения теоретический материал.

Обязательным условием работы над магистерской диссертацией является использование студентом материалов, которые он собрал лично за период обучения и научно-исследовательской практики.

Основная задача автора диссертации – это продемонстрировать уровень своей научной квалификации и, прежде всего, умение самостоятельно вести научный поиск и решать конкретные научные задачи.

Контрольные вопросы

1. Как проводится оценка экспериментальных данных?
2. Для чего необходима проведение экономической оценки изучаемых приёмов (агротехнологий)?
3. С какой целью проводят агроэнергетическую эффективность и эколого-экономическую эффективность изучаемых приёмов (технологий)?
4. Какова основная задача магистерской диссертации?

ГЛОССАРИЙ

Вариант опыта – изучаемое растение, сорт, условия возделывания, агротехнический приём или их сочетание.

Вариабельность (изменчивость) – свойство условных единиц – растений, урожаев на параллельных делянках полевого опыта и т.д. отличаться друг от друга.

Выключка – часть учётной делянки, исключённая из учёта из-за случайных повреждений или ошибок, допущенных при проведении исследований.

Гипотеза – научное предположение, выдвигаемое для объяснения каких-либо явлений.

Делянка опытная – элементарная единица полевого опыта, часть площади опыта, имеющая определенный размер и форму и предназначенная для размещения отдельного варианта.

Делянка учётная – часть площади опытной делянки, предназначенной для учёта урожая (без концевых и концевых защиток).

Дисперсионный анализ – метод анализа результатов эксперимента, заключающийся в разложении общей изменчивости результативного признака, например, урожая, на част – компоненты, соответствующие повторениям, вариантам, ошибкам случайного порядка и т.д. Значимость действия и взаимодействия факторов оценивают по F-критерию и $НСР_{05}$.

Достоверность опыта – правильно спланированные и реализованные схемы и методика проведения опыта, соответствие их поставленным перед исследователем задачам, правильный выбор объекта, условий проведения опыта и метода статистической обработки данных.

Защитная полоса (защитка) – краевые (боковые и концевые) части делянок, которые не подвергаются учёту и служат для исключения влияния растений соседних вариантов, для предохранения учётной части делянки от случайных повреждений, для разворота машин и орудий и т.п.

Значимость (существенность) – мера объективной возможности (риск) сделать ошибочное заключение при оценке результатов опыта. При оценке результатов опыта принято опираться на 5 %-ный уровень значимости. При более строгой оценке принимают однопроцентный уровень значимости.

Контроль (стандарт) – один или несколько вариантов, с ко-

торыми сравнивают опытные варианты.

Корректирующий фактор – поправка в дисперсионном анализе при расчёте суммы квадратов отклонений от условий и средней произвольного начала. Обозначается буквой С.

Корреляционный анализ – статистический метод определения тесноты и формы связи между признаками.

Корреляция – взаимосвязь между признаками, заключающаяся в том, что средняя величина значений одного признака меняется в зависимости от изменения другого признака.

Коэффициент корреляции – статистический показатель тесноты (силы) связи. Обозначается буквой r.

Латинский квадрат – схема рендомизированного (случайного) размещения вариантов в полевом опыте, в котором делянки располагаются рядами и столбцами (4 × 4, 5 × 5, 6 × 6 и т. д.). В каждом ряду и столбце должен быть полный набор вариантов схемы (повторения) и, следовательно, в латинском квадрате число повторений равно числу вариантов и общее число делянок равно квадрату числа вариантов.

Метод – это упорядоченная деятельность исследователя, направленная на получение новых знаний.

Методика полевого опыта – совокупность слагающих её элементов: число вариантов, площадь делянок, их форма и направление, повторность, система размещения вариантов, повторений и делянок на территории, метод учёта урожая, организация опыта во времени, а также метод статистического анализа данных.

Метод расщепленных (сложных) делянок – эксперимент, в котором делянки одного опыта используются как блоки для другого. Делянки первого порядка расщепляются на делянки второго порядка, а последние на более мелкие делянки третьего порядка. Метод расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов используют для закладки многофакторных опытов.

Метод рендомизированных (случайных) повторений – эксперимент, в котором варианты по делянкам размещены в случайном порядке по таблице случайных числе или по жребию, это наиболее распространённый метод размещения вариантов.

Методология – это совокупность приёмов исследования, применяемых в научном познании мира, учение об организации деятельности.

Наблюдения – целенаправленное сосредоточение внимания

исследователя на явлениях, происходящих в эксперименте, или явлениях природы, их количественная и качественная регистрация.

Наименьшая существенная разность (НСР) – мера расхождения между результатами выборочного исследования и истинным значением измеряемой величины. При обработке результатов полевого опыта методом дисперсионного анализа определяется обобщенная ошибка средних, выраженная в тех же единицах измерения, что и изучаемый признак.

Наука – сфера деятельности человека, направленная на получение, уточнение и распространение объективных, системно-организованных и обоснованных знаний о действительности (природе, обществе, мышлении).

Научное исследование – это изучение конкретного объекта, явления или предмета для раскрытия закономерностей его возникновения и развития.

Научная проблема – совокупность новых, возникающих вопросов, противоречащих существенным знаниям или прикладным методикам в данной науке, требующая решения путем научных исследований.

Научное направление исследований – наука или комплекс наук, в области которых ведутся исследования.

Опыт, эксперимент – исследование, осуществляемое на специально выделенном участке для оценки действия различных вариантов (сортов) на урожай растений и его качество.

Ошибка опыта (наблюдения) – разница между действительным значением исследуемого показателя и результатами исследований. Ошибка ( ), выраженная в процентах от соответствующей средней, называется относительной ошибкой опыта или выборки ( ).

Повторение – часть площади опытного участка, включающего делянки с полным набором вариантов схемы опыта.

Повторность – число одноименных делянок каждого варианта в данном полевом опыте. Повторность опыта во времени – число лет испытания агротехнических приёмов или сортов.

Полевой опыт – исследование, осуществляемое в полевой обстановки на специально выделенном участке для оценки действия различных вариантов (сортов) на урожай растений и его качество.

Рекогносцировочный (разведывательный) посев – посев

одной культуры, предшествующий закладке полевого опыта и проводимый для выявления степени однородности (путём дробного учёта урожая) почвенного плодородия на площади опыта.

Рендомизированное (случайное) размещение вариантов – такое расположение полевого опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении определяется по жребию или таблице случайных чисел.

Систематическое размещение вариантов – схема, при которой порядок следования вариантов в каждом повторении подчинятся определенной системе (последовательно, в шахматном порядке).

Системный анализ – это совокупность конкретных научных методов и приёмов реализации принципов системного подхода.

Структура урожая – показатели компонентов растения и посева, от которых зависит величина урожая.

Схема опыта – совокупность опытных и контрольных вариантов, объединенных общей идеей.

Типичность (репрезентативность) – соответствие условий проведения полевого опыта почвенно-климатическим и агротехническим условиям сельскохозяйственного производства данной зоны.

Точность опыта (относительная ошибка) – ошибка средней, выраженная в процентах от соответствующей средней (см. ошибка опыта).

Уравнительный посев – сплошной посев одной культуры для выравнивания плодородия почвы участка, выбранного для закладки опыта.

Урожай – продукция, полученная в результате выращивания сельскохозяйственных культур.

Урожайность – урожай сельскохозяйственных культур с единицы площади.

Учёт урожая сплошной – метод учёта урожая, при котором всю товарную часть продукции (зерно, клубни, сено и т. п.) взвешивают и учитывают со всей площади каждой учётной делянки полевого опыта.

Учёт урожая по пробным снопам – метод учёта урожая, при котором взвешивают и учитывают общую массу урожая со всей площади каждой учётной делянки, а товарную его часть (зерно,

сено и т.п.) рассчитывают по данным учёта с пробных снопов, отбираемых от общей массы перед её взвешиванием в поле.

Факториальный опыт (ПФЭ) – многофакторный опыт, схема которого включает все возможные сочетания (комбинации) факторов, что позволяет установить действие и взаимодействие изучаемых факторов.

Фактор – это элемент агротехники, т.е. приём, которым исследователь воздействует на растения. По количеству изучаемых факторов выделяют однофакторные и многофакторные опыты.

Фенологические наблюдения – наблюдения за прохождением фаз развития растений разных полевых культур.

Число степеней свободы – число свободно варьирующих величин, обозначается буквой (ν) и в простейшем случае равно числу всех наблюдений минус единица (ν –1).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бобокова, Ю.А. Агрохимические методы исследований : учебно-методическое пособие / Ю.А. Бобокова, Н.И. Абакумов, А.Г. Наконечный. – Орел : изд-во ОрелГАУ, 2013. – 163 с.

2. Глуховцев, В.В. Основы научных исследований в агрономии : курс лекций / В.В. Глуховцев, С.Н. Зудилин, В.Г. Кириченко. – Самара : РИЦ СГСХА, 2008. – 291 с.

3. Гнездилова, А.И. Методика экспериментальных исследований : учебно-методическое пособие / А.И. Гнездилова. – Вологда-Молочное : ГМХА, 2022. – 92 с.

4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) – 5-е издание, доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

5. Елисеев, С.Л. Научные исследования в агрономии : учебное пособие / С.Л. Елисеев. – Пермь : ИПЦ «Прокорсть», 2020. – 178 с.

6. Зудилин, С.Н. Методика опытного дела : учебное пособие / С.Н. Зудилин, С.Н. Шевченко, В.Г. Кутилкин. – Кинель : РИО СГСХА, 2016. – 147 с.

7. Иванова, Т.Е. Методика опытного дела : учебное пособие / Т.Е. Иванова, Т.Ю. Бортник, Е.В. Лекомцева; под ред. Т.Ю. Бортник. – Ижевск : ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – 175 с.

8. Методика опытного дела : учебно-методическое пособие / С.А. Курбанов, Д.С. Магомедова, Д.Ю. Сулейманов. – Махачкала : ФГБОУ ВО ДагГАУ, 2020. – 41 с.

9. Методология и практика научно-исследовательской работы : учебно-методическое пособие для магистрантов / сост. Т.Н. Воронцова; Донской ГАУ. – Персиановский : Донской ГАУ, 2019. – 162 с.

10. Усанова, З.И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству : учебное пособие. – Тверь : Тверская ГСХА, 2015. – 141 с.

11. Шахова, О.А. Статистическая обработка результатов исследований : учебное пособие / Шахова О.А. – Тюмень : И.Д. «Титул», 2022. – 104 с.

12. Экспериментальная агрохимия : учебное пособие / А.Н. Есаулко, О.Ю. Лобанкова, Е.В. Голосной и др. – Ставрополь : АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2021. – 188 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Теоретическое значения Критерия Фишера (F) (γ_1– число степеней свободы для дисперсии числителя (варианта), γ_2 – знаменателя (остатка)

γ_2	γ_1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39	19,41
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78	8,74
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91
5	6,61	5,79	5,41	5,49	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,68
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,27	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,57
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,28
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,07
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,91
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,79
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,69
13	4,64	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84	2,77	2,72	2,67	2,60
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,53
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,40
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,62	2,55	2,45	2,38	2,19
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,55	2,48	2,43	2,38	2,31
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,20
21	4,3	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,47	2,40	2,35	2,30	2,23

Приложение 2

Значения t-критерия Стьюдента при уроне значимости 0,05

Степень свободы, f	Коэффициент, t	Степень свободы, f	Коэффициент, t	Степень свободы, f	Коэффициент, t
1	12,71	12	2,18	23	2,07
2	4,30	13	2,16	24	2,06
3	3,18	14	2,15	25	2,06
4	2,78	15	2,13	26	2,06
5	2,57	16	2,12	27	2,05
6	2,45	17	2,11	28	2,05
7	2,37	18	2,10	29	2,05
8	2,31	19	2,09	30	2,04
9	2,26	20	2,09	50	2,01
10	2,23	21	2,08	100	1,98
11	2,20	22	2,07	∞	1,96

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
1. Научное исследование. Научно-техническая политика. Инновации 4
1.1. Понятие науки и классификация и наук 4
1.2. Знание и познание 6
1.3. Методология научного знания 7
1.4. Фундаментальные и прикладные исследования, НИР, этапы их выполнения 9
1.5. Научно-техническая политика 10
1.6. Система инноваций и её роль в агрономии 11
2. Понятие о методологии научного исследования 14
2.1. Основные понятия научно-исследовательской работы 14
2.2. Методология научного исследования: понятии, функции и принципы 16
2.3. Методологические требования к научному исследованию 17
2.4. Особенности индивидуальной и коллективной научной деятельности, этические и эстетические основания 20
2.5. Средства и методы научного исследования 22
3. Классификация методов научного исследования. Философские и общенаучные методы научных исследований 24
4. Методы научной агрономии. Сущность и значение полевого метода в агрономии 33
4.1. Методы научной агрономии 33
4.2. Сущность и значение полевого опыта в научной агрономии... 36
5. Особенности условий проведении опытов в растениеводстве и основные требования к ним 40
5.1. Основные требования к полевому опыту 40
5.2. Особенности проведения опытов и причины варьирования урожайности в них 44
5.3. Выбор и подготовка участка под опыт 45
6. Основные элементы методики полевого опыта 48
6.1. Понятие о методике полевого опыта и слагающих её элементах 48
6.2. Методы размещения вариантов опыта на участке 53
7. Планирование эксперимента и разработка программы исследования 58
7.1. Общие принципы и этапы планирования эксперимента 58
7.2. Разработка программы научных исследований 62
8. Закладка и проведение полевого эксперимента 69
8.1. Разбивка опытного участка 69

8.2. Агротехника в полевом опыте 71
8.3. Учёты и наблюдения в опытах 73
9. Проведение сопутствующих и основных наблюдений, анализов и учётов 77
9.1. Учёт метеорологических условий 77
9.2. Агрофизические показатели плодородия почвы 77
9.3. Определение биологической активности почвы 79
9.4. Определение содержания гумуса и подвижных элементов питания 80
9.5. Фенологические наблюдения 82
9.6. Определение густоты всходов, перезимовки, сохранности и общей выживаемости растений и высоты растений 82
9.7. Определение засорённости посевов 85
9.8. Определение накопления сырой и сухой биомассы культур... 85
9.9. Определение показателей фотосинтетической деятельности растений в посевах 87
9.10. Определение распространённости и степени поражения растений болезнями 90
9.11. Определение структуры урожая культур 93
9.12. Методика учёта урожайности культур 94
9.13. Анализ растительных образцов 97
10. Первичная и основная документация. Первичная обработка данных 102
10.1. Первичная и основная документация 102
10.2. Первичная обработка данных 103
10.3. Преобразование данных учётов и наблюдений. Восстановление выпавших дат 106
11. Обработка экспериментальных данных 108
11.1. Дисперсионный анализ 108
11.2. Корреляционно-регрессионный анализ 117
12. Анализ экспериментальных данных. Магистерская диссертация как квалификационное исследование 121
12.1. Анализ экспериментальная данных 121
12.2. Магистерская диссертация как квалификационное исследование 124
Глоссарий 126
Рекомендуемая литература 130
Приложения 131

Учебное издание

Кутилкин Василий Григорьевич

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебное пособие

Подписано в печать 16.10.2023. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 7,85; печ. л. 8,44.
Тираж 300. Заказ № 257.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Иностранные языки»

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК ДЛЯ АГРОНОМОВ

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2023

ББК 81.2 Англ.р
А64

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

А64 Английский язык для агрономов : методические указания / Е.Г. Бухвалова, С.В. Сырескина, С.П. Болдырева, Н.В. Чигина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 58 с.

Методические указания могут быть использованы как на аудиторных занятиях, так и для самостоятельной работы. В методических указаниях представлены оригинальные тексты для магистрантов направления 35.04.04 Агрономия.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Бухвалова, Е.Г., Сырескина С.В.,
Болдырева С.П., Чигина, Н.В., 2023

Предисловие

Методические указания предназначены для магистрантов, обучающихся по направлению 35.04.04 «Агрономия».

Цель методических указаний – развитие навыков чтения научно-популярной литературы с целью извлечения информации и совершенствование навыков профессионально ориентированной устной речи.

Методические указания «Английский язык для агрономов» состоят из 7 уроков (Unit), раздела, включающего дополнительные тексты для чтения и основных положений теории перевода, знание которых необходимо студенту для грамотной переводческой работы с текстами по специальности. Грамматический материал представляет собой наиболее трудные для понимания явления, наиболее характерные для научно-популярной литературы. Теоретическая часть в каждом уроке дополнена практическими упражнениями. Предлагаемые тексты отобраны на основе анализа потенциальных ситуаций чтения и говорения, в которых может оказаться специалист в процессе ознакомления с англоязычной литературой по специальности. В методические указания включены оригинальные тексты, освещающие различные проблемы сельскохозяйственного производства.

Unit 1

Grammar Revision: **Passive Voice**
Text: **What is Agriculture**

Страдательный залог (Passive Voice)

Форма залога показывает, является ли подлежащее в предложении (лицо или предмет) производителем или объектом действия, выраженного сказуемым.

Пассивный залог (Passive Voice) показывает, что лицо или предмет, выраженное подлежащим, испытывает действие на себе:

The big cake was baked y Sam. Большой пирог был испечен Сэмом.

Пассивный залог употребляется, когда исполнитель действия очевиден или несуществен, или когда действие или его результат более интересны, чем исполнитель.

Образование пассивного залога

Для того, чтобы получить форму глагола в пассивном залоге, необходим вспомогательный глагол to be в соответствующем времени, лице и числе и причастие прошедшего времени (Participle II) значимого глагола:

This building will be demolished next month. – Это здание будет снесено в следующем месяце.

My dog has been stolen. – Мою собаку украли.

В отрицательных предложениях частица *not* ставится после вспомогательного глагола, а если их несколько, то после первого из них:

He has not been seen anywhere. – Его нигде не видели.

В вопросительных предложениях вспомогательный глагол (или первый из них) выносится на место перед подлежащим:

Was your wallet stolen? – Ваш бумажник был украден?

Пассивный залог не может быть использован во временах группы Perfect Continuous и времени Future Continuous.

Таблица 1

Временные формы глагола в страдательном залоге
(Passive Form) To be + Participle II

Инфинитив / Время	Simple (to be asked)	Continuous	Perfect (to have been asked)
Present	*Am /asked* *Is /asked* *Are /asked*	*Am /being asked* *Is /being asked* *Are /being asked*	*Have/been asked* *Has/been asked*
Past	*Was /asked* *Were /asked*	*Was /being asked* *Were /being asked*	*Had been asked*
Future	*Shall (I, we)/ be asked* *Will /be asked*	–	*Shall /have been asked* *Will /have been asked*

Употребление и перевод глаголов в пассивном залоге

Значение и употребление времен глагола в пассивном залоге такое же, как и времен глагола в активном залоге.

В английском языке в пассивном залоге употребляются переходные глаголы, а также некоторые непереходные глаголы. Примеры предложений с переходными глаголами в пассивном залоге:

By the middle of the nineteenth century about sixty different elements had been discovered. – К середине XIX столетия был обнаружено около 60 различных элементов.

The delegates will be met at the station. – Делегатов встретят на вокзале.

While a current is flowing through a wire, the latter is being heated. – Когда ток проходит по проволоке, последняя нагревается.

Как видно из приведенных примеров, глагол в пассивном залоге в английском языке можно переводить на русский язык несколькими способами:

а) глаголом, оканчивающимся на -ся, -сь;

б) сочетанием глагола быть с краткой формой причастия пассивного залога (в русском языке в этом сочетании глагол быть в настоящем времени не употребляется);

в) глаголом в активном залоге в 3-м лице множественного числа в составе неопределенно-личного предложения.

Дополнение в предложении с глаголом-сказуемым в пассивном залоге употребляется с предлогом *by* или *with*. Это дополнение соответствует русскому дополнению в творительном падеже без предлога.

Дополнение с предлогом *by* выражает действующее лицо или действующую силу:

The fish was caught by the seagull. – Рыба была поймана чайкой.

Дополнение с предлогом *with* выражает орудие действия:

Shafts are turned with cutters. – Валы обтачиваются резцами.

1. Translate the following sentences into Russian paying attention to Passive Constructions.

1. We were given this valuable advice by the experimenter himself. 2. Plants bearing seeds are spoken of as seed plants.

3. The delegation was shown various species of useful plants. 4. The end of the root is referred to as the root cap. 5. The endosperm should be looked upon as a food supply stored in the seed for some future use. 6. All the plants that were dealt with in this experiment are cross pollinated. 7. At first wild plants were cared for by man in a very primitive way. 8. All the roots and root branches of a plant are referred to as the root system. 9. The quality of the stored seeds is highly influenced by the storage condition. 10. This method of cultivation in not paid much attention to.

2. Put the following sentences in Perfect Passive.

Example: We have found a new variety of wheat.

A new wheat variety has been found by us.

1. This scientist has developed a new drought resistant variety. 2. We have grown perfect crops of wheat on heavy loams and clays. 3. Our experimental station has developed a new frost resistant variety of wheat. 4. This winter wheat variety has produced a high yield. 5. The farmers of China have grown wheat at least 3000 years ago.6. Roots are known to be classified into several types. 7. This scientist is said to have developed a new drought resistant variety of wheat. 8. The seeds of wheat are known to be planted much deeper than that of clover. 9. Wheat is said to have been grown in China 3000 years ago. 10. Wheat is believed to have been grown in Asia and Northern part of Africa from time immemorial. 11. No part of the world is considered too hot for the production of wheat.

3. Fill in the gaps with *by* or *with*.

1. The hall was decorated … pink balloons. 2. The roof of the church will be repaired … local people. 3. This material has been already published … Cambridge University Press. 4. The house was built … money that he had borrowed from the bank. 5. When the accident happened, the car was brought … police.

Text

Active Vocabulary

1) acid soils – кислые почвы
2) agronomy – агрономия
3) application – применение
4) branches of agriculture – отрасли сельского хозяйства
5) cattle breeding – скотоводство
6) cotton – хлопок
7) crop growing – растениеводство
8) crop rotation – севооборот
9) equilibrium – равновесие
10) feed – корм
11) flax – лен
12) food crops – кормовые культуры
13) foodstuff – пищевой продукт
14) grain crops – зерновые культуры
15) herbicide – гербицид
16) industrial crops – технические культуры
17) intensification – интенсификация
18) liming - известкование
19) mechanization – механизация
20) mineral fertilizers – минеральные удобрения
21) nutrient substances – питательные вещества
22) organic fertilizers – органические удобрения
23) pig growing – свиноводство
24) plant protection – защита растений
25) poultry breeding – птицеводство
26) protein – белок
27) raw materials – сырье
28) soil – почва
29) to breed – разводить
30) to cultivate – возделывать
31) to disturb – беспокоить
32) to irrigate – орошать
33) utilization of fertilizers – применение удобрений
34) yield – урожай

1. Guess the meaning of the following international words and word combinations:

activity, materials, Latin, cultivation, intensification, climate, hybrid, mechanization, herbicides, biological, equilibrium, sector, economy, industry, factor, system, agronomy, technical, tractor, combine, machinery, electricity, chemical, material, chemization, mineral, organic, biological.

2. Find the correct word on the right opposite in meaning to the one on the left.

vital	vague
increase	inefficient
achievement	worse
sufficient	drawback
better	narrow
improvement	unneeded
effective	deterioration
clear	reduction
extensive	unnecessary
valuable	inadequate

3. Match the words on the right (A) with their definition on the left (B).

A	B
1) to breed	a) produce by cultivation
2) field	b) supply (land) with water
3) agriculture	c) soil management and crop production
4) economy	d) subdivisions of agriculture
5) branches of agriculture	e) a piece of ground especially for pasture or tillage or playing games
6) soil	f) cultivation of the soil and rearing of animals
7) yield	g) upper layer of earth, in which plants grow
8) agronomy	h) produce or return as fruit, profit or result
9) to irrigate	i) management of concerns and resources of state or business or household
10) to grow	g) raise (cattle etc.)

4. What are these words derived from? Notice the different suffixes, indicating different parts of speech.

Activity, cultivation, growing, meaning, breeding, achievement, developed, agronomical, rotation, various, considerably, chemical, improvement, deliveries, intensification, comprehensive, mechanization, utilization, liming, protection, development, valuable, raising, equipment, enlargement, combination.

5. Give Russian equivalents for:

crop growing, livestock breeding, sufficient good soil, to produce high yields, crop rotation, chemical fertilizers, comprehensive mechanization, plant breeding, poultry-breeding, pig-growing, nutrient substances.

6. Open the brackets using the verbs in Passive Voice:

1. Enough food for all the people (can grow) if there is sufficient good soil for crops to produce high yields
2. An increase in the yield of grain and other crops (to ensure) by a number of factors.
3. Field work already (to mechanize) to a very high degree.
4. Depending upon the field of application crops (to subdivide) into food crops, feed crops, industrial crops and vegetables.
5. Vegetables (to grow) everywhere where the climate is most favourable for these crops.
6. Industrial crops also widely (to cultivate) by the farmers.

7. Read the text and say why agriculture is a vital sector of economy.

WHAT IS AGRICULTURE?

Agriculture is a human activity in which people use areas of land to produce food, clothing and other necessary materials.

The word *ager* is a Latin word. It means a field. The word *agriculture* means the cultivation of fields and growing crops. But this is the old meaning of this word. Now it also means the use of land to breed animals.

Agriculture is the vital sector of the economy. Its condition and development largely determine the country's achievements, the supply of the population with foodstuffs and many industries with raw materials.

At present there are two main branches of agriculture. They are crop growing and livestock breeding.

We do not know when people began to grow crops. It was many thousand years ago. Now crop growing is a highly developed branch of agriculture.

The soil is the basis of agriculture. Enough food for all the people can be grown if there is sufficient good soil for crops to produce high yields. So an increase in the yield of grain and other crops is ensured by a number of factors. First comes the system of agronomical measures. All farms have to introduce better crop rotation systems. Rotation systems naturally differ in various areas and under various conditions. Second goes the technical equipment of farms. Tractors, combines, lorries and other machinery will considerably reduce the time required for agricultural work. Field work has already been mechanized to a very high degree. Power stations provide farms with electricity. Third, an increase in the deliveries of chemical fertilizers and the improvement of their quality.

The enlargement of the material and technical basis of agriculture and its intensification through chemization, the comprehensive mechanization of crop and animal farming and improvement are the key conditions for increasing agricultural production.

Depending upon the soil and climatic zones effective methods should be introduced for the utilization of mineral fertilizers in combination with organic fertilizers along with the liming of acid soils. The production and use of chemical and biological means of plant protection should be increased. But all intensification factors, such as full mechanization, high application of fertilizers and extensive use of herbicides must be used in such a way as not to disturb the biological equilibrium of the soil.

Depending upon the field of application crops can be subdivided into food crops, feed crops, industrial crops and vegetables. Potatoes and other vegetables are major food crops. Vegetables are grown everywhere where the climate is most favourable for these crops.

Industrial crops are also widely cultivated by the farmers. Perhaps the most important industrial crop for textile industry is cotton. Cotton is generally grown on the irrigated lands. Flax is another important crop. Cotton and flax oils are both edible and valuable.

Livestock breeding comprises cattle-breeding, pig-growing, poultry-breeding, etc. One of the principle problems cattle-breeding faces is that of fodder or feeds. To choose the necessary feeds, rich enough in protein and other nutrient substances is not an easy thing. Increasing the production of meat, milk and wool can be achieved by raising productivity and also by increasing the heads of livestock and the amount of poultry.

8. Find information in the text to answer the following questions.

1. What is agriculture?
2. What are the key conditions for increasing agricultural production?
3. What branches of agriculture do you know?
4. How many groups are crops subdivided into?
5. What does livestock breeding comprise?

6. What problem does cattle-breeding face?
7. How can the production of meat and milk be increased?

9. Divide the text into several parts. Find the key sentences in each part. Sum up the content of the text.

10. Refer to the text again and prove that an increase in the yield of grain and other crops can be ensured by:
– the system of agronomical measures
– the technical equipment of farms
– an increase in the deliveries of chemical fertilizers and -- an improvement of their quality

Unit 2

Grammar Revision: **Participle I–II**
Text: **Food and Fertilizers**

Причастия настоящего и прошедшего времени
(Present Participle, Past Participle)

В английском языке причастие (the Participle) – это одна из неличных форм глагола, наряду с инфинитивом (the Infinitive) и герундием (the Gerund). В английском языке причастие одновременно выполняет функции таких частей речи, как прилагательного, глагола и наречия. В нашем родном языке функции Participle I выполняет деепричастие и отвечает на вопрос: «Что делая?». Английскому языку не известно деепричастие, поэтому английское причастие совмещает в себе русское причастие и деепричастие. Например:

Причастие: *Мальчик, листающий журнал…* –
The boy flipping magazine…

Деепричастие: *Просматривая книгу, мальчик нашел много интересных фактов.* – *Looking through the book, the boy found a lot of interesting facts.*

В английском языке известно 2 вида причастия: причастие настоящего времени (Participle I или Present Participle) и причастие прошедшего времени (Participle II или Past Participle).

Причастие настоящего времени образуется путем добавления к основе глагола (инфинитиву, но без частицы *to*) окончания *-ing*. Например: *to work – работать, working – работая*. Чтобы выразить отрицание, перед причастием ставится частица *not*. Например: *not paying attention – не обращая внимание*.

Причастие настоящего времени в английском языке имеет 4 формы:

Simple Active (простое длящееся, действительный залог): *surprising – удивляющий, удивляя;*

Simple Passive (простое длящееся, страдательный залог): *being surprised – удивляемый, будучи удивленным;*

Perfect Active (завершенное, действительный залог): *having surprised – удививший, удивив*;

Perfect Passive (завершенное, страдательный залог): *having been surprised – был удивлен, будучи удивленным.*

Для образования причастия прошедшего времени необходимо:

1) у правильных глаголов (Regular Verbs) к основной инфинитивной форме без частицы *to* добавить окончание *-ed. improved – улучшенный;*

2) у неправильных глаголов (Irregular Verbs) причастие прошедшего времени соответствует 3 форме неправильного глагола. *taken – взятый.*

Причастие II в английском языке выполняет в предложении функции определения к существительному (*cooked dinner – приготовленный ужин* либо обстоятельства: *when asked he did not answer – когда его спрашивали, он не отвечал).*

1. Translate the following word combinations paying attention to Participle I–II:

crops adapted to the conditions of the region, collective farms growing wheat, some crops grown by our farm, soil supplied with nitrogen, one of the cereal crops raised, wheat varieties best known to people, crop producing high yields

2. Choose the appropriate form of Participles and translate the sentences.

1. In our region there are some farms (grown, growing) wheat. 2. These are the crops (grown, growing) by our farm at present. 3. Small grains are the crops (harvesting, harvested) with combines. 4. This crop will grow well on the soil (supplying, supplied) with nitrogen. 5. The environmental conditions (required, requiring) by crops for their best development should be favorable. 6. Crops such as wheat, oats, rye and barley are the ones (required, requiring) relatively cool conditions for their growth. 7. Humidity is one of the most important factors (influenced, influencing) the crops growth. 8. Plants (producing, produced) flowers and fruit when days are short are known as short – day plants. 9. The crops (including, included) in the grass family are all cereals and most of forage grasses.

3. Identify the type of Participle, define its function. Translate the sentences into Russian.

1. The roots growing in the soil have two main functions.

2. The food used in growth by green plants is manufactured in the leaves. 3. Plant nutrients absorbed by the roots are transferred to the other parts of the growing plant. 4. The food used in growth by green plants is manufactured in the leaves. 5. Varying greatly with the species leaves have different shape. 6. When grown, the farm crops remove nutrients from the soil. 7. Supplying man with food and clothing plants are very important in everyday life. 8. Improving the quality of crop plant breeders increase yields.

Text

Active Vocabulary

1) arable – пахотный
2) calcium – кальций
3) magnesium – магний
4) carbon dioxide – углекислый газ
5) chlorophyll – хлорофилл
6) constituent – составляющий, составная часть
7) decomposing – разложение
8) degradation – деградация
9) eliminate – устранять
10) emit – излучать, выделять
11) enzyme – фермент
12) exhaust – истощать, исчерпывать
13) imbalance – дисбаланс
14) impact – воздействие, влияние
15) insect – насекомое
16) liquid – жидкость
17) nitrogen – азот
18) nucleic acids – нуклеиновые кислоты
19) pesticide – пестицид
20) pests – вредители
21) phosphorus – фосфор
22) potassium – калий
23) root – корень
24) solid – твердый
25) solution – раствор
26) storage – хранение
27) sulphur – сера
28) topsoil – верхний слой почвы

1. What kind of the text would you expect from the title "Food and Fertilizers" and the following key phrases which come from the text:

plant nutrients, major nutrients, micronutrients, deficiencies of nutrients, plant gross suffer, exhausted soil, to replenish nutrients, fertilization, fertilizer application, manure.

2. Cross out words and phrases which are not connected with the problem of using fertilizers in agriculture:

fertilizers, organic, mineral, combine harvester, manure, increasing yields, nutrients, steering wheel.

3. Find the most common word or word-combination among the following:

nitrogen, phosphorus, potassium, plant nutrients, calcium, magnesium, sulphur.

4. Before you read the text decide which of the following statements you agree or disagree with:

a) Plants tend to exhaust the soil.
b) The best way to increase soil fertility is applying fertilizers.
c) It is preferable to add mineral fertilizers into the soil.
d) Fertilization is the only way to improve soil fertility.
e) Use of fertilizers has only positive effect.

5. Scan the text quickly and find what the main components of a rich soil are and how plants are supplied with them.

For this the following strategies are possible:

– look through subtitles
– look for key words
– look for word meaning through context
– categorize information
– classify information

FOOD AND FERTILIZERS

We all, 5000 millions of us, depend on plants for our food, and plants depend on mineral nutrients for their growth and development.

13 elements derived from the soil are indispensable for all plant growth. They are called plant nutrient. An additional 4 or 5 elements are beneficial for proper development of some plants.

Fertilizers are plant nutrients.

Plant nutrients

Plant form their complex organic matter from water and nutrients from the soil, carbon dioxide from the air and energy from sunlight.

Plants use six of the nutrients in relatively large amounts: nitrogen, phosphorus, potassium, sulphur, calcium and magnesium. These are called "major nutrients". They are constituents of many plant components such as proteins, nucleic acids and chlorophyll, and are essential for processes, such as energy transfer, maintenance of internal pressure and enzyme function.

The other nutrients are required in small or trace quantities and are referred to as "micronutrients" or "trace elements". They have a variety of essential functions in plant metabolism.

The metals are constituents of enzymes.

Micronutrients are Chlorine (Cl), Iron (Fe), Manganese (Mn), Zinc (Zn), Copper (Cu), Boron (B), Molybdenum (Mo).

When deficiencies or gross imbalances of nutrients occur, plant gross and development suffer.

For optimum plant growth, nutrients must be available for plants: in solution in the soil water, in appropriate and balanced amounts, at the right time.

Plants are supplied with nutrients mainly from: release of nutrients from soil reserves. decomposing plant residues (roots, straw, etc.), organic manures, mineral fertilizers, biological nitrogen fixation, aerial deposition.

Nutrients removed from the soil must be replenished, otherwise the soil becomes exhausted and crops will suffer and eventually fail.

Soil contains reserves of nutrients, e.g., the topsoil content of nitrogen ranges from some 3 to 20 t/ha. However, these reserves are mostly in forms unavailable to plants; only a minor portion in released each year through biological activity or chemical processes. Plants can only take up nutrients as water soluble compounds

When the nutrients supply is insufficient for crop needs, additional nutrients can be supplied in fertilizers to make up the difference. Mineral fertilizers are not substances foreign to nature: they contain normal plant constituents.

Fertilizer application

Most fertilizers are applied by surface spreading. In arable crops sowing and fertilization are combined in one operation, with the fertilizer placed near the seeds. Later application of nitrogen are spread on the surface. Injection of liquid ammonia into the soil using special equipment and the spreading of fertilizers dissolved in water are also used in some regions.

Plants take part most of their nutrients from the soil solution through the roots, but they can also take up some nutrients sprayed on the leaves. This is the usual application method for correcting deficiencies of micronutrients.

Fertilizers should be used according to fertilizer recommendations published by governmental and agricultural agencies and by fertilizer producers.

Increasingly, fertilizer plans are made for each field. Crop requirements, nutrient supply from soils as determined by soil analysis, residues from past cropping, manure application and local soil and climatic conditions are all important in estimating the fertilizer rate.

Application timing is also important. Needs vary with the stage of plant development. Too little fertilizer reduces crop yields, too much is wasteful and result in environmental problems.

6. Sum up the ideas of the above text in some sentences. Use the strategy of classification key and additional information.

Unit 3

Grammar Revision: **Sequence of Tenses**
Text: **Erosion of Soil**

Согласование времен (Sequence of Tenses)

В английском языке употребление времени глагола-сказуемого в придаточном предложении зависит от времени глагола-сказуемого в главном предложении. Это называется правилом согласования времен.

Правило согласования времен заключается в следующем:

Если в главном предложении глагол-сказуемое стоит в одной из форм настоящего или будущего времени, то глагол-сказуемое в придаточном предложении может стоять в любой временной форме, которая требуется по смыслу:

He says that he was busy yesterday. – Он говорит, что был занят вчера.

He says that he will be busy tomorrow. – Он говорит, что будет занят завтра.

He says that he is busy. – Он говорит, что занят.

Если в главном предложении глагол-сказуемое стоит в одной из форм прошедшего времени, то в придаточном предложении глагол-сказуемое нужно употреблять также в одной из форм прошедшего, а именно:

1. Если действие придаточного предложения происходит одновременно с действием главного предложения, то в придаточном предложении употребляется глагол в одной из форм Past Simple or Past Continuous:

He told me that he studied here. – Он сказал мне, что учится здесь.

She said she was preparing for a report. – Она сказала, что готовится к докладу.

2. Если действие придаточного предложения предшествует действию главного предложения, то в придаточном предложении употребляется глагол в одной из форм Past Perfect:

The rector said that the Moscow Higher Women's Courses had been reorganised into the Second Moscow State University. – Ректор сказал, что Московские высшие женские курсы были преобразованы во Второй Московский Государственный Университет.

3. Если действие придаточного предложения относится к будущему времени, а в главном действие относится к прошедшему, то глагол-сказуемое должен стоять в Future-in-the-Past.

Форма Future-in-the-Past образуется от соответствующей формы Future Simple, но вместо вспомогательного глагола *will* употребляется *would:*

I thought I would know the way this time, but I was wrong. – Я думал, что на этот раз я узнаю дорогу, но я ошибся.

В следующих случаях правило согласования времен не соблюдается, т.е. независимо от временной формы глагола-сказуемого в главном предложении в придаточном предложении глагол-сказуемое употребляется в любой временной форме, которая требуется по смыслу:

1. Если в состав сказуемого в придаточном предложении входит один из следующих модальных глаголов: *must, ought, should:*

I knew that he must come to the Academy by 3 o'clock. – Я знал, что он должен прийти в академию к 3 часам.

2. Если в придаточном предложении сообщается об общеизвестном факте или неопровержимой истине:

The teacher told the pupils that Novosibirsk stands on the both banks of the river Ob. – Учитель рассказал ученикам, что Новосибирск расположен на обоих берегах реки Обь.

3. В придаточных определительных предложениях и в предложениях, вводимых союзными словами *as* как, в качестве, *than* чем:

It was not so cold yesterday as it is today. – Вчера не было так холодно, как сегодня.

4. Если действие придаточного предложения предшествует действию главного предложения, и время действия придаточного предложения указано точно:

I knew that she left Moscow in 1945. – Я знала, что она уехала из Москвы в 1945 году.

Но:

I knew that she had left Moscow some years ago. – Я знала, что она уехала из Москвы несколько лет назад.

1. Open the brackets and put the verbs into the correct forms.

1. I knew they (to wait) for me at the metro station and I decided to hurry. 2. I didn't know that you already (to wind) up the clock. 3. I was afraid that the little girl (not to be) able to unlock the front door and (to go) upstairs to help her.

4. He says that he (to know) the laws of the country. 5. Sarie understood why Lanny (not to come) the previous evening. 6. She asked me whether I (to remember) the legend about a faithful lion. 7. He understood that the soldiers (to arrest) him. 8. He could not understand why people (not to want) to take water from that well. 9. I suppose they (to send) a dog after the burglar immediately. 10. He said he (to leave) tomorrow morning. 11. She says she already (to find) the book. 12. He stopped and listened: the clock (to strike) five. 13. She said she (can) not tell me the right time, her watch (to be) wrong. 14. I asked my neighbour if he ever (to travel) by air before. 15. The policeman asked George where he (to run) so early. 16. The delegates were told that the guide just (to go) out and (to be) back in ten minutes.

2. Correct the mistakes.

1. Mike told the policeman that he lost his identity card. 2. Jane said to Dick that Julia doesn't live next to her. 3. She told the detective that she sees the thief in the house. 4. He said that he ate nothing since morning. 5. My girlfriend told me that she was ready in a few minutes. 6. Tom's boss said to him that he hasn't done the work properly. 7. Anna said that she doesn't want to wear her old dress. 8. Her brother told her that they will have plenty of time to do their work.

Text

Active Vocabulary

1) arable – пахотный
2) catch crop – почвозащитная культура
3) catchment – водосборный бассейн, водосбор
4) density – плотность
5) drought – засуха
6) enhance – повысить, усилить
7) estuary – устье
8) evaluate – оценить
9) Fallow – пар, паровое поле
10). flood – паводок, половодье
11). gully – овраг
12). humid – влажный
13). measure – измерять
14). nutrient – питательное вещество
15). particle – частица
16). plough – пашня, вспаханное поле
17). prevention – предотвращение
18). sheet erosion – плоскостная эрозия
19). sloping land – участок земли с уклоном

20). steep hill – крутой холм
21). surface – поверхность
22). sustainable – устойчивый
23). topsoil – верхний слой почвы
24). velocity – скорость

1. Before reading the text "Erosion of soil" decide which of the following statements you agree or disagree with:

1. Erosion of soil gives cause for concern in agriculture.
2. Erosion is of special concern in areas such us the humid tropics and the deserts.
3. Plants play a very important part in conservation and protection of soil.
4. There is no way to reduce erosion of soil.

2. Scan information given in the text and find how the use of fertilizers influence erosion of soil.

Use the strategy of selective reading. To practice it pay attention to the italicized phrases.

EROSION OF SOIL

Soil erosion is the removal of soil from the land through the action of wind or water. It is a *natural process* that occurs even without human intervention. However, most forms of agriculture increase the erosion potential, especially practices that leave the surface of *erodible land* unprotected. Excessive erosion is a matter for serious concern. In a sustainable agriculture, soil erosion should not exceed the slow process of soil formation, and the prevention of soil erosion is a key issue in increasing the sustainability of agriculture.

Excessive erosion occurs with large variations in extent and causes between and within regions. It is difficult to measure and evaluate the gravity of the problem, but erosion is of special concern in areas such as the humid tropics, along the deserts and in parts of North America. In Europe, erosion is most serious in the Mediterranean regions.

Soil erosion by water generally begins where raindrops strike bare soil. Soil aggregates are broken up, the surface compacted, and water infiltration into the soil obstructed. Water with suspended fine soil particles runs off as surface water, giving sheet erosion, where a thin layer of surface soil is removed. The water flowing over the soil surface can form networks of eroding channels that cut into the topsoil. In the worst cases deep gullies are formed. Suspended particles increase the water density and channeling increases the velocity of water flow. Consequently, erosion starts gently and then rapidly accelerates.

The removal of forests has reduced water infiltration into soil in catchment areas and increased flood frequency and destructiveness. *Floods enhance erosion.*

Eroded material eventually settles out, filling up water reservoirs and estuaries. The silt deposit can improve the fertility of the receiving areas, but in general soil erosion degrades agricultural land.

Wind erosion occurs when bare soil is exposed to drought and wind, e.g., the dust bowl in the USA in the thirties and more recently in Russia.

It follows from the mechanism of erosion that:

– sloping land is at greater risk than flat land, sloping land left fallow during the winter is at special risk

– erosion risks vary with soil type and structure

– vegetation reduces erosion, as leaves intercept raindrops and roots prevent channeling.

Overgrazing has damaged fragile grasslands and caused serious erosion, e.g., in Africa.

Ploughed land is at greater risk to erosion than grasslands. Specialized arable cropping generally suffers more erosion than mixed farming because with mixed farming part of the land is under grass and more organic matter is available for return to the arable part of the land. This gives some protection against erosion.

The extent of erosion is greatly influenced by soil management.

Techniques are available for *reducing soil erosion*, e.g., water interception with soil banks, strips of grass or forests, contour ploughing, use of winter or catch crops, intercropping, mulching, no-till practices, drainage, terracing, forming horizontal patches of land on steep hills, a characteristic man-made landscape feature both in South-East Asia and elsewhere.

Proper fertilizer use can help minimize erosion by ensuring an ample supply of roots and plant residues. Where erosion has removed topsoil, liming and fertilization help the reestablishment of a good plant cover.

3. What words/ideas would you associate with the notion Erosion of Soil?

Refer to the texts you have already read looking for cognates. Do you remember that cognates in technical texts are usually expressed by special terms? A beginning has already been made for you:

removal of soil, …

4. Write your own opinion on how to prevent the erosion of soil.

5. Here are some of the greatest threats to the world's environment and their causes. Match them. Sometimes there are two or three effects for one cause.

Threats	Causes
1pollution of rivers/lakes/oceans	a) burning of fossil fuel
2) global warming (greenhouse effect)	b) rapid industrial development
3) damage to the ecological balance	c) overuse of natural resources
4) acid rain pollution	d) too much traffic
5) changes in the local climate	e) use of pesticides
6) extinction of plant and animal life	f) unsatisfactory waste disposal
7) destruction of rainforests	g) motorway construction
8) air pollution	h) intensive tourism
9) energy shortage	i) uncontrolled cutting of forests
10) human and industrial waste	j) uncontrolled hunting and fishing

6. Which in your opinion are the five worst threats? Compare your list with your partner's.

7. PROJECT WORK

Select one or two environmental threats in your own area and make a plan for environmental action. For this evaluate the information from the texts 1 -5. Make notes on the changes and solutions you've suggested. List the steps you can undertake.

Unit 4

Grammar Revision: **Modal verbs**
Text: **Climatic Requirements of Plants**

Модальные глаголы (Modal verbs)

Глаголы *can (could), may (might), must, ought, need* относятся к группе так называемых модальных глаголов (Modal Verbs). Модальные глаголы не употребляются самостоятельно, а только в сочетании с инфинитивом смыслового глагола. Они обозначают возможность, способность, вероятность, необходимость совершения действия, выраженного смысловым глаголом. Модальные глаголы в сочетании с инфинитивом смыслового глагола употребляются в предложении в роли составного глагольного сказуемого:

He can do it himself. Он может это сделать сам. They may come tonight. Они, может быть, придут сегодня вечером.

Модальные глаголы не выражают конкретных процессов (действий), а показывают лишь отношение говорящего к действию, оценку действия, т. е. возможность, необходимость, предположительность, долженствование, разрешение и т. д. Модальные глаголы являются *недостаточными глаголами (Defective Verbs)*, так как они не имеют всех форм, какие есть у других глаголов. Глаголы *can* и *may* имеют формы настоящего и прошедшего времени*: can – could, may – might*, глаголы *must, ought* и *need* – только форму настоящего времени.

Модальные глаголы имеют ряд формальных отличительных особенностей.

Сочетание модального глагола с неперфектным инфинитивом относит действие к настоящему или будущему времени либо свидетельствует о его одновременности с моментом речи, и, напротив, сочетание с перфектным инфинитивом либо относит действие к прошлому, либо выражает предшествование действия относительно момента речи: *I could do it. Я мог бы сделать это* (в настоящем или будущем*). I could have done it. Я мог бы сделать это* (но уже не сделал).

Отрицательная форма образуется при помощи частицы *not*, которая ставится непосредственно после модального глагола, в результате чего значение меняется на противоположное*: must должен – must not не должен*. В настоящем времени *can* пишется слитно с *not: He cannot do it. You may not take it. He must not go there.* В разговорной речи в отрицательной форме обычно употребляются следующие сокращения:

cannot – can't, could not – couldn't, may not – mayn't, might not – mightn't, must not – mustn't, ought not – oughtn't, need not – needn't.

В вопросительных предложениях модальный глагол стоит на первом месте либо сразу после вспомогательного слова: *Who can do it? Кто может сделать это?*

Основные значения модальных глаголов – необходимость (долженствование), возможность и предположение. Некоторые глаголы имеют формы прошедшего времени: *can – could, may – might* (иногда называют и *will – would, shall – should*), тем не менее, все эти формы могут иметь самостоятельные, присущие только им оттенки значения.

Вместо недостающих неличных и аналитических форм модальных глаголов используют их эквиваленты: *to have, to be (=must), to be able (=can), to be allowed, to be permitted (=may).*

Отличительные свойства модальных глаголов

1. Не имеют окончания *-s* в 3-м лице единственного числа настоящего времени. *He can do it. He may take it. He must go there. He ought to help him. Need he do it?*

2. Не имеют неличных форм (инфинитива, герундия и причастия).

3. Не употребляются как отдельный член предложения – простое глагольное сказуемое, но только в сочетании с еще одним, не модальным, глаголом в форме инфинитива без частицы *to* (кроме *ought* и иногда *need*), образуя составное глагольное сказуемое. *I must go there. Я должен пойти туда. You needn't do it. Вам не нужно делать этого.* Но: *You ought to help him. Вам следовало бы помочь ему.*

4. Вопросительная и отрицательная формы модальных глаголов образуются без вспомогательного глагола: в вопросительных предложениях модальный глагол ставится перед подлежащим, в отрицательных 0– после него ставится отрицание *not. Can you do it? May I take it? Must he go there? Ought he to help him? Need he do it? He ought not to help him. He need not do it.*

5. Не имеют формы прошедшего времени (кроме *can – could, may – might*) и аналитических форм (будущего времени, продолженного вида, перфектных форм и форм страдательного залога). В случае необходимости вместо отсутствующих форм используются эквиваленты модальных глаголов.

1. Use the modal verbs must (должен), can (могу, умею), may (можно, разрешено), should (следует /совет/), ought to (следует /упрек/) to complete the sentences. There may be more than one possible answer.

1. It's too far to walk from here to the station.. You ... take a taxi. 2. Sarah got the job because she ... speak five languages. 3. The windows are dirty. I ... clean them. 4. You ... use a dictionary. 5. I like this hotel room. You ... see the lake from the window. 6. It's a good film. You ... see it. 7. He ... take my book. 8. We ... go to the bank today. We have no money. 9. When you are driving, you…wear a seat belt. 10. We…see the lake from our window. 11. If you have time, you ... visit the museum. It's very interesting. 12. I ... come and see you tomorrow. 13. She ... use this "computer program. 14. Your salary is very low. You ... look for another job. 15. Mary is a very interesting person. You ... meet her. 16. Take an umbrella with you when you go out. It ... rain later. 17. Sandra ... drive but she hasn't got a car. 18. Tomorrow the game is very important for us. We ... win. 19. Students ... bring textbooks into the examination room. 20. It's late and you're very tired. You ... go to bed.

2. Translate the sentences paying attention to modal verbs and their equivalents.

1. Man can use plants for food. 2. We must know how a plant grows. 3. The farmers can grow a new corn variety on their farm. 4. All parts of a plant must be developed well. 5. They had to resow this crop because of bad weather. 6. The farmers are to increase wheat yield. 7. Some plants are so small that they can be distinguished only under microscope. 8. There are very large trees growing in California that may be 350 feet high with a diameter of 20 feet at the base. 9. Plants may be used for many different purposes. 10. Farm crops may be classified according to their use.

3. Translate the sentences into Russian. Name the sentences with the verbs «to be» and «to have» as modals.

1. Farmers will have to cultivate this soil when it is dry.
2. The farm is to increase yield of corn. 3. They had to grow some new grain crops this year. 4. The plants have very many uses.
5. These crops are very important for men. 6. Crop plants are to be classified on the basis of their use. 7. The farmer will have to plant corn later this year.

Text

Active Vocabulary

1) adaptability – адаптируемость
2) average – средний, в среднем
3) barley – ячмень
4) corn – кукуруза
5) due to – благодаря, из-за
6) essential – важный, существенный
7) irregularities – нарушения
8) oats – овес
9) property – свойство, качество
10) relationship – отношение
11) requirements – потребности
12) to affect – влиять
13) to compensate – компенсировать
14) to conserve – сохранять
15) to incorporate – включать в состав
16) to influence – оказывать влияние
17) to mature – созревать
18) to prevent – предотвращать
19) to regulate – регулировать
20) wheat – пшеница

1. Guess the meaning of the following international words and word combinations:

climate, progress, to control, practice, to regulate, cultivation, to incorporate, organic, to compensate, irrigation, temperature, effect, erosion, problem, process.

2. Translate the following pairs of words paying attention to prefixes:

regular – irregular, proper – improper, normal – abnormal, successful – unsuccessful, possible – impossible.

3. Read the following sentences and guess the meaning of the underlined words according to the context:

1. Crops should not be harvested before they mature. 2. All crops grow best under favourable soil and climatic conditions. 3. To improve soil fertility proper fertilizers should be incorporated into the soil. 4. The same crops should not be grown for many years on the same area. When different crops are grown one after another on the same land, such system is called crop rotation.

4. Match the words on the left (A) with their definition on the right (B).

A	B
1) progress	a) total quantity
2) moisture	b) forward movement, advance, development
3) amount	c) fully developed; ripe
4) cultivation	d) season for reaping and storing of grain; season's yield
5) mature	e) liquid diffused as vapour or condensed on surface
6) harvest	f) preparation and usage of soil for crops

5. Find the synonyms on the right compatible with the words on the left.

apply	include
due to	most important
amount	use
yield	thanks to
matter	quantity
incorporate	harvest
essential	substance
manufacture	supply
modern	produce
feed	up-to-date

6. Read the text and say how people could assist the creating better conditions for plant growth.

CLIMATIC REQUIREMENTS OF PLANTS

Man cannot influence climatic conditions. However, with new progress in science, crop production can be controlled by applying improved farming practices.

So, the farmer cannot regulate the amount of rainfall, but he can prevent loss of moisture by proper cultivation and by incorporating into the soil large amounts of organic matter which helps conserve moisture. In some areas irregularities in rainfall and lack of moisture are compensated by irrigation.

Proper temperature is also essential for successful plant growth. In addition it helps conserve water in the soil. So, some plants grow best in cool climate not only because of direct effect of temperature, but due to higher supply of water under such conditions.

Wind is another climatic factor influencing crop production. The farmer cannot control the wind, but he can farm his land in such a way as to lose as little soil as possible due to wind erosion. He can plant winter crops in areas where they will mature before dry, hot windy weather becomes a problem the next summer.

Sunlight is highly important for many processes taking place in the growing plant. There exist a relationship between length of the day and the flowering and fruiting of plants. Some plants produce flowers only when days are long and nights are short. They are called long-day plants. Some plants produce flowers and fruit in autumn when days are short and nights are long. They are called short-day plants. Some plants are not likely to be affected by the length of the day.

Crops vary in their climatic requirements. Corn can be grown under a variety of climatic conditions, the most favourable environment being the one where the average summer temperature is between 70 and 80 F. Wheat sown in the fall does best in regions where the climate is cool and moist during the fall, winter and early spring months followed by warm and dry harvest period. Low yields may often result from too low temperatures and abnormally dry weather. Wheat and corn may sometimes be grown in rotation with each other, because wheat is a winter and spring crop, and corn is a summer crop. Like potatoes, oats and barley do best in cool, moist climate. Both quality and yield of potatoes are better in cool regions. Vegetables, because of their high adaptability, are grown under different soil and climatic conditions, soils of good physical properties being especially important.

To obtain high yield of a good quality crop it is necessary to select a proper variety best adapted to the conditions of the region it is to be grown in.

7. Agree or disagree with the following sentences:

1. Man can control the amount of moisture in the soil.
2. All plants are classified into long-day plants and short-day plants.
3. Application of the most progressive agricultural practices may improve crop production.
4. Choosing the proper variety to be grown is one of the important factors in crop production.
5. Wheat and corn have the same climatic requirements.
6. There are two ways of increasing moisture in the soil.
7. Soil moisture is in direct proportion to temperature.
8. There are no ways of controlling wind erosion.

8. Find information in the text to answer the following questions.

1. How can farmers control crop production?
2. What climatic factors are essential for plant growth?
3. What relationship exists between length of the day and the flowering and fruiting of plants?
4. What are climatic requirements of corn; wheat?
5. What else is necessary to obtain high yield of crops?

Unit 5

Grammar Revision: **Infinitive (Part I)**
Text: **Agriculture and Environment**

Инфинитив (Infinitive)

Инфинитив (the Infinitive) – это неличная форма глагола, которая называет действие. Инфинитив является основной (или I) формой глагола и представляет глагол в словаре. Признаком инфинитива является частица *to: to help – помогать, to read – читать*. Инфинитив употребляется без частицы *to* в следующих случаях:

You had better go now. – Лучше уйди / иди сейчас.

I must see you at once. – Мне надо сейчас же встретиться с тобой.

Таблица 4

Формы инфинитива

Forms	Active	Passive
Indefinite	*to write*	*to be written*
Continuous	*to be writing*	–
Perfect	*to have written*	*to have been written*
Perfect Continuous	*to have been writing*	–

Инфинитив в форме действительного залога обозначает действие, произведённое лицом, выраженным в предложении подлежащим, а в страдательном залоге – действие, направленное на это лицо.

I like to help. – Я люблю помогать.

I like to be helped. – Я люблю, когда мне помогают.

Инфинитив в Indefinite Active обозначает действие, не уточняя характер его протекания. Инфинитив в Continuous Active подчеркивает длительность действия.

She likes to write letters. – Она могла писать письмо.

She must be still writing. – Она, должно быть, все еще пишет.

Неперфектный инфинитив выражает действие, одновременное с действием глагола-сказуемого (или следующее за ним).

Перфектный инфинитив выражает действие, предшествующее действию, выраженному глаголом-сказуемым.

I am glad to study at the University. – Я рад, что учусь в университете.

I am glad to have studied at the University. – Я рад, что учился в университете.

1. Read and translate the following sentences paying attention to the different forms of Infinitive and their meaning.

1. I'd like to go home early today. 2. It's nice to be sitting here. 3. I'm glad to have left school. 4. He doesn't like to be interrupted while he's working. 5. I remember to have been asked this question. 6. I'd like to have been sitting there when she walked in. 7. She asked me not to forget to post the letter. 8. I was sorry not to have phoned you. 9. We must make careful plans. 10. I would rather go by myself.

2. Translate the following sentences. Pay attention to difference in the translation of attributes, expressed by Participle constructions and the Infinitive.

1. The soil to be used as a seedbed should be warm, moist mellow. 2. The soil cultivated when it is too wet will not provide conditions for normal plant growth. 3. Seed planted deep enough will have a sufficient supply of moisture and nutrients. 4. Developing a new variety to be cultivated in a given area one should know its soil and climatic requirements. 5. We were given the seed to be used for sowing. 6. The seedbed prepared in spring is to provide the proper environment for seed germination. 7. Fertilizers to be applied must be of highest quality. 8. The yield of root crops produced last year was rather low. 9. The yields to be obtained on our farm greatly depend on soil conditions. 10. The increase in corn yield to be produced greatly depends on the amount and quality of fertilizers added to the soil.

Text

Active Vocabulary

1) amalgamation – слияние, образование целого из частей
2) animal husbandry – животноводство
3) aquatic resources – водные ресурсы
4) beneficial effects – благотворное влияние
5) compaction – уплотнение
6) contamination – заражение
7) deterioration – ухудшение
8) environment – окружающая среда
9) expansion – расширение, увеличение, рост
10) exploiting – эксплуатация, использование
11) feed supplements – подкормки
12) food chain – пищевая цепь
13) fossil fuels – природное топливо
14) nutritional security – пищевая безопасность
15) precipitation – осадки
16) recreation facilities – развлекательные услуги
17) residues – остатки
18) sewage – сточные воды
19) thriving – хорошо развивающийся
20) to accelerate – ускорять
21) to contribute – способствовать
22) to quadruple – увеличивать в четыре раза
23) unseasonable weather – погода, несвойственная времени года
24) urban development – городское развитие
25) water bodies – водоемы
26) well-being – благополучие

Remember!

Critical reading as the process of making judgments in reading is very important in solving different problems. It is useful to evaluate what you have read and make a decision, but not to read passively.

A critical reader seriously thinks about what she/he is reading. This means that she/he:

– does not believe everything she/he reads;
– questions everything that doesn't make sense to him/her;
– analyses arguments;
– discounts arguments based on faulty reasoning;
– has good reasons for believing some things and not believing others.

What words/ideas would you associate with the notion Agriculture and Environment?

Scan information given in the text and find how the use of fertilizers influence erosion of soil.

Use the strategy of selective reading. To practice it pay attention to the italicized phrases

AGRICULTURE AND ENVIRONMENT

Agriculture has had a long positive association with the environment, its production has quadrupled in this century alone, contributing to accelerated urban development, industrial growth and expansion of the **service sector**. But at the same time agricultural pollution has increased and the quality of a number of rural landscapes has declined.

Farming has become much more mechanized and more intensive, with greater regional and on-farm specializatioa and greater **regional concentration**. Exploiting mechanization and technology, replacing man and beast with energy from fossil fuels, strengthening the productivity of the soil and crop yields with fertilizers and pesticides (pesticides are understood to include insecticides, herbicides and fungicides), agriculture has evolved to a state where short term profits can be made without maintaining the traditional harmony and interdependence between agriculture and the environment which has existed for centuries.

While agriculture still makes a significant contribution to the landscape in many areas, because of a failure **to integrate agricultural and environmental policies** the above changes have often brought with them a number of significant problems. These problems, which vary in character and degree from country to country and region to region, include concerns about:

– the human health effects of pesticide and fertilizer residues, heavy metals, feed supplements and contaminants in soil, water bodies, food products and the food chain;

– the decrease of biotopes valued for nature conservation;

– the contamination of ground and surface waters by nitrates and phosphates leading to local health risks, declines in the quality of aquatic resources, losses in recreation values and increased water supply costs;

– agricultural pollution problems associated with the growth of intensive animal husbandry;

– air pollution from **intensive animal production**, manure spreading and crop spraying;

– the salinization of soils which is contaminating water supplies and causing losses in soil productivity and landscape values;

– losses of landscape and wildlife habitat caused by the amalgamation of farms, the growing emergence of monocultures, the removal of hedges, walls and terraces, the draining of wetlands and the deterioration and destruction of traditional farm buildings;

– soil compaction, erosion and pollution which have led to productivity losses, declines in the quality of water resources and reduction in **the capacity of water storages**.

Agriculture's beneficial effects for the environment can only be considered in the light of a clear understanding of what is meant by a desirable environment. In the broadest sense, agriculture's greatest contribution to man's well-being is to provide the food and the "nutritional" security for the release of an increasing proportion of the population into productive activities in other sectors. At the same time, this has enabled man to enjoy increasing leisure time so that we can pause, enjoy and profit from our environment. Agriculture also has a special place in keeping the countryside inhabited, attractive and thriving. The presence of farmers and the maintenance of farm buildings can also improve environmental quality.

The drainage of land farming has undoubtedly been a major cause of the elimination of malaria and probably other diseases in Europe and North America. Drainage and other soil cultivation operations can have diverse beneficial effects on **flood control** and **water purity**. On the other hand, some forms of cultivation on hillsides encourage erosion, while other forms of cultivation can be possibly beneficial effects on the environment.

Many of the phenomena now considered to pose significant long-term threats to agricultural production are only now coming under intense study. Among threats which have only relatively recently been perceived are:

– increasing concentrations of CO_2 which, in addition to being a factor in the "greenhouse effect" of atmospheric heating, may also directly affect plant metabolism;

– increases in ozone concentration at the earth's surface which appear to be causing declines in crop yield;

– diseases in ozone concentration in the upper atmosphere, which allow greater amounts of ultraviolet radiation to reach the earth's surface, with effects on plant growth;

– pollution of the soil by harmful chemical and physical agents which has led to a decline in food quality and increased cancer risks;

– global climate changes, including prolonged periods of unseasonable weather and an apparent trend towards atmosphere warming which could have far-reaching affects on growing seasons and precipitation.

In other cases, the long-term negative impact on agriculture of well-known pollution like water and air pollution from industry and **sewage spreading** on agricultural land are only now being quantified.

Although by definition unpredictable, nuclear and industrial accidents like Chernobyl have brought major pollution of soil and water resources, loss of agricultural output and the need for significant financial compensation by governments.

In several countries, pollution from other sources has led to regional declines in the quality of food production and, the quantity of food produced.

In summary, the nature, intensity, and extent of the acid deposition, photochemical oxidants and sewage in agriculture remain largely unknown. There is need for more research such as cause-effect and, as a second step, limiting needs have still to be clarified at present levels of acid deposition.

Thus, both agriculture and environment today need **human protection**.

QUESTIONS:

1. Why is the traditional harmony and interdependence between agriculture and the environment destroyed?

a) because of the accelerated urban development;

b) because of exploiting mechanization and technology;

c) because of using fertilizers and pesticides;

d) because of replacing man and beast with energy from fossil fuels;

e) because of industrial growth and expansion.

2. What are the environmental problems formed by agriculture?

a) the extinction of scarce plants and animals;

b) the contamination of ground and surface waters;

c) the human health effects of pesticides and fertilizer residues;

d) air pollution from intensive animal production, manure spreading and crop spraying;

e) soil compaction, erosion and pollution;

f) hunger and malnutrition;

g) reduction in natural resources;
h) the salinization of soil;
i) losses in landscape and wildlife habitat;
j) the decrease of biotopes.

3. What is agriculture's greatest contribution to man's wellbeing?
a) access to the countryside for enjoyment and recreation;
b) provision of better wildlife habitat;
c) provision of the food and 'nutritional' security;
d) the elimination of malaria and other diseases.

4. What are the pollution phenomenon from other sources that pose significant long-term threats to agricultural production?
a) increasing concentrations of carbon dioxide;
b) desertification;
c) increases in ozone concentration at the earth's surface;
d) water logging;
e) decreases in ozone concentration in the upper atmosphere;
f) pollution of the soil by harmful chemical and physical agents;
g) global climate changes;
h) soil erosion;
i) the salinization of soil.

5. What are the main sources of nonagricultural air and water pollution?
a) industry;
b) intensive irrigation;
c) sewage;
d) acid precipitation;
e) nuclear and industrial accidents.

To solve any problem it is recommended to represent the corresponding concepts in the memory and link them.

Select one or two environmental threats in your own area and make a plan for environmental action. For this evaluate the information from the text. Make notes on the changes and solutions you've suggested. List the steps you can undertake.

Unit 6

Grammar Revision: **Infinitive (Part II)**
Text: **Weather and Climate: the Greenhouse Effect and Agriculture**

Инфинитив (Infinitive)
В функции подлежащего

Если предложение начинается с инфинитива, за которым следует глагол-сказуемое, то этот инфинитив является подлежащим, и переводится на русский язык глаголом в неопределенной форме или существительным.

В функции обстоятельств цели и следствия

Инфинитив (или инфинитивная группа, т. е. инфинитив с уточняющими его словами), находясь в начале предложения, может выполнять и другую функцию: он может быть не подлежащим, а обстоятельством цели. Такой инфинитив часто вводится союзом *in order (чтобы, для того чтобы).*

Однако союз *in order* часто опускается, и тогда предложение начинается с инфинитива (или инфинитивной группы). При переводе на русский язык перед таким инфинитивом следует добавить союз *чтобы*.

Итак, инфинитив в начале предложения переводится на русский язык либо неопределенной формой глагола (если это инфинитив в функции подлежащего), либо неопределенной формой глагола с союзом *чтобы* (если это инфинитив в функции обстоятельства цели).

Сравните:

1. *To create jobs for young people means to lower juvenile delinquency.*

2. *To create jobs for young people the government allocated additional means.*

Следовательно, обнаружив в начале предложения инфинитив, надо сначала попытаться перевести его, не добавляя союза *чтобы* (в первом примере: «*Создавать рабочие места для молодежи означает снижать уровень преступности среди молодежи*»). Если это не удается (во втором примере), значит, следует добавить союз *чтобы*: «*Чтобы создать рабочие места для молодежи, правительство выделило дополнительные средства*».

Инфинитив в функции обстоятельства цели может находиться не только в начале предложения, но и после дополнения или обстоятельства, причем союз *in order* и в этом случае часто опускается.

Инфинитив в предложении выполняет также функцию обстоятельства следствия и переводится неопределенной формой русского глагола с союзом *чтобы* (*для того чтобы*) после слов *enough (достаточно)* и *too (слишком).*

Например:

The average wage in this industry is high enough to attract workers from other industries.

The wage in this enterprise is too low to attract qualified workers.

Средняя заработная плата в этой отрасли достаточно высока для того, чтобы привлечь рабочих из других отраслей.

Заработная плата на этом предприятии слишком низкая, чтобы привлечь квалифицированных рабочих.

Инфинитивный оборот «for +существительное / местоимение + инфинитив»

Оборот «*for* + существительное (личное местоимение в объектном падеже) + инфинитив» является в предложении подлежащим, если употребляется после слов *it is necessary / important / possible* и т.п. или обстоятельством следствия после слов *too (слишком), enough* (достаточно) или обстоятельством цели. Во всех случаях инфинитивный оборот соответствует русскому придаточному предложению с союзом *чтобы*, а инфинитив в таком придаточном предложении переводится сказуемым. Например:

It is necessary for society to allocate resources sparingly.

The production costs in the enterprise are too high for it to work profitably.

В функции определения

Инфинитив или инфинитивная группа, следующие за существительным, могут являться определением к этому существительному.

Инфинитив в функции определения может переводиться на русский язык различными способами:

1. Инфинитив переводится неопределенной формой русского глагола.

2. Инфинитиву соответствует в русском языке определительное придаточное предложение, начинающееся словами *который будет* или *который должен*. Сказуемое такого придаточного предложения обозначает действие, которое должно произойти в будущем. Инфинитив, переводимый придаточным предложением, чаще всего имеет пассивную форму (*to be used, to be produced* и т. п.).

The Gross National Product per head is an important characteristic to be considered in determining living standards. –Валовой национальный продукт на душу населения – это важная характеристика, которая должна приниматься во внимание при определении уровня жизни.

Инфинитиву соответствует в русском языке определительное придаточное предложение, начинающееся словами который может. Сказуемое

такого придаточного предложения обозначает действие, которое можно произвести с определяемым существительным. Инфинитив имеет, как правило, пассивную форму.

1. Translate the sentences with the Infinitive as a subject.

1. To study botany is necessary for future agronomists. 2. To plow, sow and cultivate the soil is very important for obtaining good yield. 3. To apply organic matter to the soil means to improve soil productivity. 4. To classify farm crops agronomically according to their use is very important. 5. To develop new variety of this crop was very difficult. 6. To increase the yield of the crop was the main problem of plant breeders. 7. To find new uses of plants is very important for scientists. 8. To study the structure of the plant is the first task of any agriculturist.

2. Translate the sentences paying attention to the functions of the Infinitive.

1. To develop good tubers potatoes need sandy or sandy loam soil. 2. Fine soils can store enough moisture for crops to grow normally. 3. To produce high yields crop plants require an adequate supply of plant nutrients and water. 4. Crops also require minerals in order to grow well. 5. The climate of this area is too cold to cultivate corn. 6. To apply fertilizers is the most usual practice in cultivating most crops. 7. For soil to produce good crops, it should be not too acid or too alkaline. 8. In order to improve the structure of this soil we must supply it with organic matter. 9. To get good results the plant grower must know the properties of the soil cultivated. 10. To prepare the proper seedbed is very important for obtaining good results. 11. The soils in our region are too heavy to provide normal development of tubers. 12. Legumes can be grown to improve soil fertility. 13. For soil moisture to be high enough irrigation is often necessary.

Text

Active Vocabulary

1) amount - количество
2) beneficial effects – благотворное влияние
3) Capacity – способность, возможность
4) chemicals – химические вещества
5) contain – содержать, включать
6) decline – снижаться, снижение
7) dependent – зависимый
8) eliminate – устранять
9) emit – излучать, выделять
10). heat balance – тепловой баланс
11). increase – увеличивать, рост

12). improve – улучшать
13). influence – влиять, влияние
14). irrigation – орошение, полив
15). manuring – унавоживание, удобрение
16). nitrate application – применение нитратов
17). reduce – уменшить, снизить
18). tillage – обработка почвы
19). waterlogged – переувлажненный, заболоченный
20). weather forecast – прогноз погоды

1. One of the most pressing problems facing all of us is that of the gradual warming of the earth's atmosphere. Do you know the causes of this problem?

2. Before reading the text "Weather and climate: the greenhouse effect and agriculture" agree or disagree with the following statements:

1. Farmers are greatly dependent on weather changes.
2. The heat balance of the atmosphere is influenced by some of the components of the air that are present in only small amounts.
3. The increasing atmospheric concentration of gases which influence the warming of the air doesn't connected with people's activities.

3. Scan the text to answer the following question:

How does the production of fertilizers influence the global warming?

To answer this question look through the text quickly to find more essential information. Try to avoid looking for details. Get the meaning of unfamiliar words by looking at the context. If it is impossible, consult the dictionary.

WEATHER AND CLIMATE: THE GREENHOUSE EFFECT AND AGRICULTURE

Agricultural yields are very dependent on weather. There are indications that extreme weather conditions now occur more frequently than in the past. If true, this instability will influence agriculture and increase the need for food reserves. Unfortunately, accurate long-term weather forecasts are probably impossible. Some compensation for weather vagaries is possible by irrigation, but apart from this little else can be done with weather.

One aspect of the climate now attracting political attention is the problem increase in the earth's average surface temperature due to the "greenhouse effect".

The heat balance of the atmosphere is influenced by some of the components of the air that are present in only small amounts: carbon dioxide, methane, nitrous oxide and the chlorofluorocarbons. These gases absorb infra-red (heat) radiation from the earth. The concentration of these gases in the air is increasing and thus the capacity of the atmosphere to retain heat. It is feared that this will give a global temperature rise and thus influence climate.

The increasing atmospheric concentration of these gases is due to human, domestic and industrial activities. The increase appears to have started with industrialization and became especially noticeable after the Second World War.

The influence of these gases on global temperature and climate is very complex. Other factors are also involved, such as regional pollutants (e.g., ozone), water vapour and clouds, and changes in the earth surface reflectance due to deforestation and other land use changes.

There is a growing consensus that the increase in the concentration of greenhouse gases gives cause for concern. The observed trends must eventually change the global surface temperature or the atmospheric circulation pattern, or both, but the size and timing of any effects are a matter for current debate.

In principle the emissions of chlorofluorocarbons should be those easiest to reduce or eliminate. These are man-made industrial chemicals. There is now international agreement that their use should be greatly reduced and preferably eliminated.

The main concern is increasing concentration of carbon dioxide. Burning of fossil fuel emits carbon dioxide to air.

Forests contain carbon. When trees are replaced by grassland or crops with less standing biomass, carbon is liberated as carbon dioxide. The present rate of decline in forest area results in a substantial input of carbon dioxide to the atmosphere, though somewhat less in magnitude than the burning of fossil fuels.

Agricultural practices such us tillage, fertilization, manuring, crop residue management and drainage all influence nitrogen transformation processes in the soil and may therefore influence nitrous oxide emissions. Knowledge required to give guidelines on how to minimize such emissions is largely lacking. Nitrate application on excessively wet or waterlogged fields can increase nitrous oxide emissions from the soil, but it is not usual to fertilize under such conditions. Research on the influence of agriculture on nitrous oxide formation is now being undertaken in many institutions, but improved measurement methods for field emissions are needed.

4. Refer to the text once again. Scan it quickly and find out new information about the ways of rejecting the greenhouse effect. Represent them in the diagram. To search for the necessary information make use of the strategy of skimming, ranking information and cohesion.

5. Divide the text into several parts. Find the key sentences in each part. Sum up the content of the text.

Unit 7

Grammar Revision: **Gerund**
Text: **Alternative Agriculture**

Герундий (Gerund)

Герундий – неличная форма глагола, имеет свойства как глагола, так и существительного. Подобной формы в русском языке нет. Герундий может переводиться на русский язык существительным, глаголом в личной форме или неопределенной формой глагола, деепричастием.

Герундий образуется от основы глагола с помощью суффикса *-ing: to translate – translating, to read – reading.*

Формы герундия

	Active	Passive
Indefinite	*writing*	*being written*
Perfect	*having written*	*having been written*

Формы герундия совпадают с формами Participle I и Perfect Participle. Однако это разные формы глагола, отличающиеся и по значению и по синтаксическим функциям.

Формы Indefinite Gerund обозначают действия, одновременные с действием, выраженным глаголом-сказуемым.

He likes inviting friends to his place. – Он любит приглашать друзей к себе.

He likes being invited to his friends. – Он любит, когда его приглашают к себе его друзья.

Перфектные формы герундия (Perfect Gerund) обозначают действия, предшествующие действию, выраженному глаголом-сказуемым.

He is proud of having invited this man to his place. – Он гордится тем, что пригласил этого человека к себе. He was proud of having been invited to the party. – Он гордился тем, что его пригласили на вечер.

Функции герундия в предложении

1. Подлежащее: *Obtaining oil is no simple matter. – Добыча нефти – не легкое дело.*

2. Часть сказуемого: *Large ice masses stopped advancing. – Крупные массы льда прекратили движение.*

3. Дополнение: *These minerals are worth extracting. – Эти минералы стоит добывать.*

4. Определение: *Improved methods of observing atmosphere are developed. – Разрабатываются усовершенствованные методы наблюдения за атмосферой.*

5. Обстоятельство: *After watching the movement of clouds we determined wind direction. – Наблюдая за движением облаков мы определили направление ветра.*

1. Comment on the forms and functions of the Gerund.

1. Glaciers are capable of carrying great loads of rock debris. 2. Plants and animals derive energy by using atmospheric oxygen to convert carbon in their foods to carbon dioxide. 3. Grain size usually gives an indication of the rate of cooling. 4. Today standards of living in Northern Europe are among the highest in the world. 5. Over one half of the people who live in Southern Asia are involved in farming. 6. The polar regions are too cold for farming. 7. However, extracting oil in cold conditions would present extra problems. 8. Many small fishing ports had to stop fishing. 9. To bring oil from northern Alaska involved building through protected areas and national parks. 10. Industry does not just mean making things. 11. Farming has used more machinery and needed a smaller labour force.

2. Analyze the following ing-forms. State whether they are participles or gerunds. Translate the sentences into Russian.

1. Applying fertilizers, we may essentially increase the yield. 2. Farmers applying fertilizers to this crop usually obtain good results. 3. Farmers applying proper fertilizers, the yields are usually much higher. 4. Having applied the soil with organic matter, the collective farm obtained a good yield of small grains. 5. Being adapted to potato growing, these sandy loams will produce tubers of the highest quality. 6. Among the factors influencing crop production climate is the most important one. 7. Preparing the seedbed is one of the important operations in crop growing. 8. Planting the seed, we use farm machines in order to make the work easier.

Text
Active Vocabulary

1) cereals – злаковые культуры
2) crop rotation – севооборот
3) demand – требование, потребность
4) diminish – уменьшать(ся)
5) disquieting – вызывающий беспокойство
6) fodder crop – кормовая культура
7) have in common – объединять, иметь общего
8) intercropping – возделывание промежуточных культур
9) landscape – ландшафт
10) legumes – бобовые
11) loss – потеря, убыток
12) objectionable – нежелательный
13) permit – позволять
14) pesticides – химические вещества
15) pollution – загрязнение
16) reject – отвергать, отклонять
17) resistance – устойчивость, сопротивление
18) soil treatment – обработка почвы
19) soluble mineral fertilizers – растворимые удобрения
20) suit – соответствовать, подходить
21) supply – поставлять, снабжать
22) support – поддерживать
23) value – ценность, оценивать
24) variety – разнообразие
25) wasteful – расточительный, неэкономный
26) wide-spread – широко распространенный

1. Farmers face too many problems in plant growing:

Erosion of Soil
Exhaustion of Soil
Plant Diseases
Pollution of the Atmosphere
Diminished Quality of the Produce
Weed Infestation
The Global Warming
Insect Problems

Read the text "Alternative agriculture" and find out how these problems can be solved in alternative agriculture.

While reading the text bear in mind the problems mentioned above.

ALTERNATIVE AGRICULTURE

Different alternative agricultural systems exist. Various names are in use for such systems, e.g., natural, organic, biological, sustainable or ecological farming.

The alternative agricultural systems differ greatly in their basic ideas and recommended practices, but have in common that they reject the use of soluble mineral fertilizers and pesticides.

Less than 1 per cent of the farms in Western Europe are presently practicing alternative farming. But in the last decade the movement towards alternative agriculture has gained in popularity and received official political recognition and support in the industrialized countries of the West. Today a main driving force is the market's demand for agricultural products made without the use of manmade chemicals.

Many people find aspects of current agricultural practices disquieting and objectionable: pesticide residues in soil water and produce, increasing nitrate concentration in many ground and surface waters, landscape changes with reduced variety, animal husbandry methods that are perceived as unnatural, degrading and wasteful depopulation of the countryside and costly production in excess of domestic needs in developed countries.

Objections to the use of fertilizers are not based solely on the perception of fertilizers as a cause of pollution, soil improverishment and degradation, reduced plant resistance to diseases and diminished quality of the produce. It is also felt that the easy availability of fertilizers and pesticides has made possible practices that are regarded with distrust such us specialized farming and intensive agriculture.

Organic agriculture is now a rapidly expanding sector. Its adherents are concerned about an agriculture dependent on non-renewable resources and about "unwholesome" food with residues of chemicals. They fear degradation of the soil and are dismayed at many of the aspects of animal treatment in intensive husbandry.

Organic and other alternative agricultural farms are of various types depending on local conditions. Some are located in areas not readily suited to arable crops, have most of their land as grass-clover meadows and produce mainly milk and some meat. Some small farms are specialized vegetable producers. But more typically, an alternative farm will practice mixed animal arable farming with some 40 per cent of the land kept as grass-clover lays. Some of this is permanent grass;

the rest is ploughed every 2–3 years as part of the rotation. Part or all of the cereals, roots and legumes may be used as feed for the animals. The stocking rate should match the feed produced on the farm, e.g., in Sweden about 0,6 cows or equivalent per ha used for feed production. All animals are free range, none are permanently confined.

The organic agricultural movement comprises groups that differ in their views on inputs of manure from other farms. Some restrict such inputs to manure from farms also practicing alternative agriculture. Others permit substantial purchases of animal manure from current farming enterprises provided these follow recognized standards for animal welfare. The latter group support their own production by fertilizer use on these other farms.

So in alternative agriculture nutrient losses are compensated through: growing legumes for their nitrogen fixation; application of ground mineral rocks (e.g., stone, phosphate rock, limestone) to supply phosphorus, potassium and other elements.

Soluble mineral fertilizers are not allowed, especially not nitrogen. Rock phosphate and other nutrient minerals with a low solubility can be used. Weed are removed or damaged by mechanical soil treatment or the use of fire. Extensive crop rotation and intercropping are adopted while monocultures are avoided.

Soluble fertilizers are regarded as detrimental to soil life and proper crop development, as they give "unnatural" soil conditions through enhanced nutrient concentrations. This is said to disturb the soil's processes and ecology and to give an unbalanced uptake of nutrients by the plants. Soil nutrient inputs should instead enhance soil nutrient reserves; the farmer should "feed the soil and no the plant". The supply of plant nutrients should derive from mineralization as a natural process.

But cropping patterns in alternative agriculture differ from those in specialized current agriculture. Grass-clover lays and fodder crops are necessary and extensive rotations are more common. Farms in alternative agriculture tend to have markedly less grain and meat production than those in current agriculture, and produce a relatively larger proportion of dairy products, potatoes, pulses and some vegetables.

There is a wide-spread impression that the quality of produce from alternative farm is higher than that from current agriculture. Evaluation principally concerns nutritional value, absence of noxious compounds and taste.

Statements have been made that animals on alternative farms or given feed from such farms have fewer fertility problems, remain productive longer and in general have fewer health problems than animals in current agriculture.

2. Many people find the usage of fertilizers objectionable. Look back at the texts you've already read and write down your pros and cons of using fertilizers in modern agriculture. Begin with the strategies of scanning and selecting information. What other strategies are of great help in this case?

AGAINST	FOR
– cause of pollution	– the exhaustion of soil
– pesticide residues in soil water and produce	– to minimize erosion of soil
– reduced plant resistance to diseases	– effective means of controlling weeds, crop diseases and other pests
– diminished quality of the produce	
– increasing nitrate concentration in ground and surface waters	
– the production of fertilizers aggravates the global warming	

3. There are several points of view on the problem of using fertilizers in agriculture. What is your attitude to this problem? Are your views closer to A, to B or to C? Skim the texts again and find arguments to support your view.

A We have to use various fertilizers and chemicals for different purposes in agriculture because it is an effective means of improving soil fertility, controlling plants against weeds, crop diseases, other pests etc.

B Chemicals have to be combined with other methods because if too high doses of pesticide are applied it may produce undesirable effect.

C The use of fertilizers and chemicals should not be allowed because the production of fertilizers and chemicals impinges on the locality and its environment. Besides, today the market's demand for agricultural products made without the use of chemicals.

ADDITIONAL MATERIAL

LAND ECONOMICS

Land economics deals with the efficiency of the use of land, soil conservation and irrigation practices. Crop production greatly depends on land and its productivity.

The cropland varies greatly both from one region to another and within each region. Soils are the most important natural resources. Farming destroys them

to some extent, removing the essential plant-food elements and exposing soil to the effects of erosion. The latter is the result of the action of wind and water. Erosion lowers productive value through the loss of the soil itself and removal of nutrients and organic material. The net effects are: higher cost of tillage and lower income.

Better land use means first of all soil conservation. It includes measures for controlling erosion, proper rotations to increase the organic matter, the application of fertilizers and manure, proper tillage methods as well as drainage and irrigation practices.

The better the soil, the higher the yield. But yields are known to be affected by many other factors as well. Among them there are: high-quality seeds of the crops adapted to the climatic and soil conditions of the region, application of fertilizers, good preparation of the land, proper rotations, drainage and irrigation where needed, timely planting, cultivating and harvesting.

Crop being well adapted to the region, better and more economical yields are obtained. Crops should be produced where physical conditions are most favourable for their growth. Thus, it is necessary to study the main physical needs of the crops to be grown.

Proper varieties should be chosen to get high yields. The proper selection of high-producing, good-quality varieties is an important part of high production efficiency.

Of all agricultural practices affecting yields seedbed preparation has been found to be the most important. Plowing is the first step in seedbed preparation. Due to this operation the soil is loosened, better conditions for the crop being provided. The right kind of preparing a seedbed is to get a fine, moist and mellow soil.

Good crop rotation is known to keep up the productivity of the soil. A rotation usually includes: a grass-farming crop, especially one that includes legumes to add nitrogen and increase the organic matter of the soil; a cereal and a cultivated crop, at which time manure and fertilizers can be applied. Well-planned rotation increase yields because of their conserving and improving the soil. They increase the supply of organic matter, which has such a good effect on the physical condition of the soil. Crop rotation proved to be highly effective in controlling weeds and diseases.

AGRICULTURAL ENGINEERING

1. Agricultural engineering means the application of engineering knowledge to agriculture. The agricultural engineer must understand that there are basic differences between agriculture and other industries. The biological factor

is an important one in engineering application, and the engineer must know well the basic principles and practices of agriculture.

2. Changes in agricultural practices often need to make a machine adaptable or to increase its effectiveness. Processing equipment may also need changes to harvest crops mechanically, for the quality of yield of a crop may sometimes be reduced by the use of an improper machine.

3. Most field operations are seasonable in nature often with only a short period of time in which to do the job. Therefore field machinery in many cases has a low annual duty (i. e. very few hours of operation per year).

4. The field of farm machinery design gives greater opportunity to an engineer than any other field of engineering. Farm machines must work where the temperature may be above 100 F or where it is below freezing. They must be able to work in rain and in snow as well. Instead of resting on the floor of a factory, they must operate over any kind of land. They must also be designed to handle wide variations in crop and soil conditions.

5. Not only agricultural engineers in the field of mechanization are in demand on the farm today. Electricians, i. e. agricultural engineers capable of designing, operating, controlling and adapting any form of electric energy to farm needs are wanted by modem agriculture.

6. As is known, electric power has become the main source of energy in agricultural production and its sphere of application is ever increasing.

7. For example, it is a most reasonable source of mechanical power for some kinds of equipment such as electric motors which are very suited for farm jobs because of their automatic control, long life, compact construction, ability to run in cold or hot weather, etc.

8. All kinds of equipment for handling milk, such as milking machines, milk coolers, water heaters and others are also operated by electricity.

9. The great effects of various types of radiation on seeds, plants, insects, and animals have been studied and are well known today. Those are but a few examples of electric power application on the farm which a modern agricultural engineer must work with.

ENVIRONMENTAL AND HEALTH IMPACT OF FERTILIZER PRODUCTION

Fertilizer production, like all industrial activities impinges on the locality and its environment:

- directly through emission
- indirectly through heavy traffic, contribution to employment, etc.

The emissions from fertilizer production depend on a number of factors: the raw materials, the processes, effluent treatment, standard of control, operation

and maintenance, factory history: old facilities were designed with less emphasis on pollution control than comparable new factories.

Only general indications of emission levels can be provided because of this complexity. Individual cases must be evaluated on their merits and local conditions.

Fertilizer factories emit Ammonia, Nitrogen oxides, Nitrous oxide, Fluoride to the air and Ammonia and nitrate, Phosphate, Fluoride to the water.

The upper part of the range can be found in old plants, while modern facilities show lower losses. Fertilizer factories also emit dust and industrial noise. All compounds are not relevant for all installations, e.g., phosphate and fluoride come only from the production of phosphate fertilizers.

Some 2–3 per cent of the world's fossil fuel consumption is used for fertilizer production; this generates a corresponding amount of carbon dioxide.

Solid waste

Gypsum (calcium sulphate) is a mineral which also occurs in nature. Some 10 tonnes gypsum/t phosphorus is formed as solid waste in phosphate fertilizer plants which use sulphuric acid for acidulation.

This gypsum also contains part of the other elements present in phosphate rock. It has been common practice in the industry to pump gypsum into the sea, where it gradually dissolves. Gypsum is a natural constituent of sea water. In some places, restrictions on the disposal of gypsum into the sea have been introduced. In other areas, disposal into the sea is permitted subject to restrictions on the cadmium content of the gypsum. Disposal on land is also used. Processes for cadmium removal in phosphate fertilizer production will eventually produce a waste that must be given appropriate attention.

Production, transport and storage of ammonia and ammonia nitrate are subject to regulations designed to ensure safe operations and prevent fires and explosions. Nitrate fertilizers can decompose in fire, e.g., in burning storage buildings, and release toxic nitrogen oxide gases. Storage of such fertilizers is a subject to regulations. The risk of decomposition depends on the fertilizer composition. Some mixtures of fertilizer compounds can self-sustain decompositions on heating. The need for avoiding these compositions limits the range of possible formulations.

Dust exposure is the main occupational health problem in fertilizer manufacture. It is not an industry associated with unusual levels of cancer incidence. But use of asbestos for heat insulation was previously a common practice in industry. This was also the case in fertilizer production, and some tragic cases of lung cancer due to asbestos occurred.

FERTILIZATION: ITS EFFECT

The intensive use of inorganic fertilizers, particularly those that contain nitrogen and phosphorus, is a key factor in the high yields obtained per hectare in modem intensive agriculture. In the United States, increases in yield per hectare, due in the part to the use of such materials, led to a decline in the area of cultivated land by 27 million hectares between 1944 and 1969. During this period, fertilizer use climbed from about 10.9 million tons per year. This increase was necessary partly because of the depletion of nature fertility that had occurred since American farmlands were first put into cultivation. However it was permitted some agricultural land to return temporarily to grass and woodlands, which protected it from erosion and allowed fertility to build up again.

It is easy to demonstrate that the addition of inorganic fertilizers makes rapid and significant improvement in crop yields. In general, about 20 per cent of total crop and forage production is due to fertilizer use although the specific affect varies with crop and location. In other words, if present use of fertilizer were stopped, the next season's yield would be expected to drop by that amount (all other factors being equal). On the other hand, a number of basic crop species, such as soy-beans and wheat neither receive much fertilizer nor show strong responses to it.

It is clear that fertilization is essential to permanent agriculture and just as clear that the fertilizing techniques in mechanized agriculture are highly successful. Nevertheless, there are negative side effects, moreover, the increasing energy costs and the important considerations of raw material availability make it essential to examine present fertilizers use critically.

More nitrogen fertilizers are used than any other. Now, however, a serious problem has developed in the form of increasing cost of nitrogen fertilizer. Hydrocarbon fuels are required in quantity both as raw material and as fuel to create the high temperature and pressure conditions needed for ammonia synthesis. As a result nitrogen fertilizer costs sharply reflect changes in petroleum prices. Alternative techniques of obtaining hydrogen such as the electrolytic breakdown of water molecules, at present used only in a few plants, also have high energy costs.

Much of the nitrogen fertilizer produced is applied as anhydrous ammonia a liquified gas. It is also converted to a number of other ammonium salts, nitrates, and other compounds for use as fertilizer. These materials applied to the soil ecosystem create major changes in ecosystem dynamics.

The recent comprehensive estimates of the transfer occurring in the nitrogen cycle at the global level show that industrial fixation of nitrogen (about 30 tons per year) is still well below the rate of biological fixation (175 million tons).

A second intervention by man is the increased rate at which nitrogen oxides are introduced into the atmosphere by combustion. Most of these oxides are returned to the land surface by precipitation.

Intensive cultivation and livestock production have significantly increased the outflow of nitrogen from agroecosystems. We know that food harvests and accelerated erosion deplete the original soil nitrogen pools; two other factors also contribute to this depletion: the application of large quantities of inorganic fertilizers and the development of feedlots; poultry factories, and other sources of concentrated animal wastes.

Because of their toxicity, however, high concentrations of particular nitrogen compounds in crops and in water supplies can be a direct concern to health (when nitrate in the blood combines with hemoglobin and thus reduces its oxygen carrying capacity).

The growing use of nitrogen fertilizers has recently become a matter of concern in relation to the ozone layer of the stratosphere. Some scientists believe that the ozone layer might be reduced by roughly 20 per cent during the first quarter of the twenty-first century as a result of current and future use of nitrogen fertilizers.

The ozone layer of the stratosphere acts as a shield to absorb incoming ultraviolet radiation. Among other effects, increased ultraviolet radiation raises the incidence of skin cancer. A significant harm to health could thus be created, and close attention must be given to the movement of nitrogen compounds through the atmosphere as well as other parts of the biosphere.

IRRIGATION: ITS EFFECT

Of the total 157 million hectares of cultivated cropland in the United States, approximately 16 million, or roughly 10 per cent, are irrigated. Most of this area, 14 million hectares, lies in the western states. Crop production on much of this area, including central and southern Arizona and southeastern California, depends entirely on irrigation. Total use of water in the United States now equals about 46.9 million hectare-meters per year. About 35 per cent of this, or 16.4 million hectare-meters, is used for irrigation.

In a number of other countries, irrigation is even more important to crop production. For example, about one-third of the cultivated land of mainland China is irrigated. Worldwide, about 160 million hectares which is about 1 per cent of the earth's total land surface, are now under irrigation.

The demand for freshwater resources is continually growing. By 2005 A.D., total withdrawals are projected to be about 21 percent of total precipitation, or nearly three-fourths of stream flow. In all probability, the fraction of this withdrawal that is consumed during use will be greater, because more of this amount

will go for irrigation, power plant cooling, and other uses that involve considerable evaporation

It is also obvious that the importance of water quality will grow. With population and industrial growth, and with an increasing part of total streams flow being diverted for human use, the contamination of streams and rivers will almost inevitably increase because of urban and industrial waste discharges, drainage from irrigated cropland, runoff from urban and rural land surface and increases in solutes in rainfall caused by air pollution.

Increased water losses by evaporation from reservoirs and canal also create higher solute concentrations.

Higher solute concentrations in irrigation water create more problems of soil salinity within agroecosystems. Total solute concentrations can reach levels that interfere with crop growth through their influence on soil water potential, and particularly, ions can have toxic effects on crop species and can damage soil structure.

Disregarding toxicity, solute problems exist in three major kinds of soils, saline soils, saline-sodic soils, and sodic soils.

Water used to leach saline-sodic soils must be naturally high in calcium salts or used along with application of calcium sulfur (gypsum). Substances such as ferrous sulfate that acidify the soil and dissolve calcium carbonate can also be used to reclaim sodic soils.

The direct effects of soil solutes on crop species are of two types: osmotic effects, caused by overall concentration of solute, materials; and specific ion effects, caused by the toxicity of particular ions.

Plant species vary widely in their sensitivity to soil salinity. It should be clear that irrigation cannot be carried out except under conditions in which adequate natural or artificial drainage permit excess salts to be drained out of the productive portion of the soil system.

The natural consequence of water use involving appreciable quantities of solute is that the water leaving the soil system has a higher concentration of salts than the water applied, and so the systems that receive the outflows, either groundwater or surface water systems, are salinated.

Intensive irrigation has the potential to create secondary effects outside the agricultural lands to which water is applied; it can, for example, salinate ground and surface waters, cause land from which water is pumped to subside, and generally modify regional climate.

Основные положения теории перевода. Способы перевода

Перевод – это преобразование сообщения на исходном языке в сообщение на языке перевода. Точный перевод по определению невозможен

уже в силу того, что разные языки отличаются как по грамматическому строю, так и по простому количеству слов, не говоря уже о различии культур, что тоже может иметь влияние на способ и результаты перевода.

Выполняя перевод, переводчик прежде всего определяет способ перевода, то есть меру информационной упорядоченности для переводного текста. Первая ступень в выборе способа перевода заключается в определении того, в каком виде должен быть представлен исходный текст в переводящей культуре: полностью или частично. В зависимости от коммуникативного задания на этом этапе выбирается либо полный, либо сокращенный перевод (в некоторых источниках именуемый также реферативным, хотя эти термины не вполне адекватны).

Полный перевод

Полный перевод направлен на тщательное воспроизведение всех компонентов информационной упорядоченности исходного текста в единицах переводящего языка. Полный перевод может осуществляться различными способами, но наиболее распространенными можно считать следующие: буквальный, или пословный перевод, семантический перевод и коммуникативный перевод.

Буквальный перевод заключается в пословном воспроизведении исходного текста в единицах переводящего языка по возможности с сохранением даже порядка следования элементов. По существу, буквальный перевод сравнительно редко применяется для коммуникативных целей и обычно имеет исключительно научную область распространения. Так, в целях лингвистического анализа буквальный перевод является предпочтительнее других способов.

Семантический перевод заключается в возможно более полной передаче контекстуального значения элементов исходного текста в единицах переводящего языка. Процесс семантического перевода представляет собой естественное взаимодействие двух стратегий: 1) стратегии, ориентированной на способ выражения, принятый в переводящем языке; 2) стратегии, ориентированной на сохранение особенностей исходной формы выражения.

Первая стратегия применяется к общеупотребительным лексикограмматическим элементам исходного текста, таким как стандартные синтаксические структуры, пунктуация, длина предложений, типичные метафоры, союзы, синтаксические обороты, морфологические структуры, широко распространенные общекультурные и научно-популярные термины и выражения и т. п. Вторая стратегия оказывается уместной при переводе нестандартных, авторских оборотов, оригинальных стилистических приемов, необычной лексики и т. п. – в таких случаях семантический перевод чаще всего ориентируется на специфику исходного знака и сохраняет в пе-

реводе как можно больше его особенностей, вплоть до буквального перевода.

Коммуникативный перевод заключается в выборе такого пути передачи исходной информации, который приводит к переводному тексту с адекватным исходному воздействием на получателя. Главным объектом при таком способе перевода оказывается не столько языковой состав исходного текста, сколько его содержательное и эмоционально-эстетическое значение. Причем в отличие от функционального перевода, коммуникативный перевод не допускает ни сокращений, ни упрощений исходного материала. В сущности, то, что в обиходе часто называется литературным и, в частности, художественным переводом, на самом деле представляет собой именно коммуникативный перевод, учитывающий – или программирующий – прагматику получателя. Этот способ является оптимальным для большей части художественной литературы, публицистики, части научнотеоретических и научнопопулярных текстов и т.п.

Сокращенный перевод

Сокращенному переводу могут подлежать практически все типы текстов: от простого делового письма до романа. Результатом применения сокращенного перевода являются такие тексты, как тезисы, конспекты, рефераты, аннотации, переложения, дайджесты и т. п.

В сущности, сокращенный перевод выполняется одним из двух фундаментальных способов перевода: выборочный перевод или функциональный перевод.

Выборочный перевод как способ сокращенного перевода состоит в выборе ключевых, с точки зрения переводчика, единиц исходного текста и их полном переводе. Все остальные компоненты исходного текста при таком способе отбрасываются как второстепенные с точки зрения достижения результата и не подлежат переводу вообще. Такой способ довольно часто применяется для пересказа в тезисно-реферативном виде деловых писем, газетных материалов, научных статей и сообщений, докладов и т. п. Достоверность такого перевода основывается на точности выбора ключевых единиц, чтобы в переводе не пропала какая-либо важная часть информации.

Функциональный перевод как способ сокращенной передачи исходного текста на другом языке заключается в компоновании переводного текста из функционально преобразованных единиц исходного текста. Функциональное преобразование может основываться на лексикосемантических, грамматических и стилистических трансформациях исходного текста, примененных в целях его общего сокращения или упрощения. Типичным

примером такого способа перевода является так называемый литературный пересказ, когда целое крупное произведение пересказывается в упрощенном варианте. Помимо трансформации-упрощения исходного текста функциональный перевод допускает также общие купюры наиболее сложных частей исходного текста, но это не обязательно, так как они могут быть также упрощены.

Top Tips
Рекомендуемые правила для выбора способа перевода

Частичный перевод применяется для передачи на переводящем языке исходных текстов в целях общего ознакомления с их содержанием, когда подробности не являются коммуникативно существенными.

Выборочный частичный перевод используется при переводе содержания докладов, деловых писем, стандартных сообщений, газетных материалов и других аналогичных текстов или высказываний, когда нужно получить представление о ключевых содержательных моментах исходного текста, но подробное ознакомление со всем контентом не является первоочередной задачей.

Функциональный частичный перевод применяется для сокращения или упрощения исходных текстов, когда они предназначены либо для массового читателя, либо для получателей менее высокого уровня готовности к восприятию такого типа исходных текстов. К таковым относятся различного рода пересказы, адаптации, версии и т. п. Полный перевод применяется для передачи исходных текстов, содержание которых имеет настолько высокую значимость, что должно быть представлено получателю переводного текста в подробном виде. Буквальный полный перевод применяется в сравнительно редких случаях, например, в учебных или научных целях, для академических изданий уникальных текстов, в частности эпоса, и т. п. Семантический полный перевод выполняется для передачи исходных текстов, имеющих высокую научную или социально-культурную значимость, подробное содержание которых предназначено для широкого круга специалистов. Коммуникативно-прагматический полный перевод используется для передачи исходных текстов, имеющих высокую социально-культурную значимость, подробное содержание которых предназначено для массового получателя.

Роль словаря при переводе

Словарь, несомненно, является неоценимым пособием и помощником при овладении иностранным языком. Переводчик, как бы он хорошо ни владел языком, вынужден постоянно обращаться к словарю,

так как в процессе перевода перед ним раскрывается все богатство иностранного языка: его краски, явные и скрытые возможности слов, нетрадиционные словосочетания, фразеология, в значительной мере отражающая национальный характер, и многое другое. Зачастую словарь не дает готового перевода слова, лишь подсказывая его значение, а порой и просто указывает, в каком направлении нужно искать обусловленное контекстом значение. Поэтому глубоко заблуждается тот переводчик, который считает, что словарь отвечает на все вопросы, разрешает все недоумения и загадки. Умение правильно пользоваться словарем, извлекать максимум информации из лаконичной словарной статьи и правильно, творчески применять данные словаря в конкретных условиях контекста – непременные качества переводчика.

Для начинающего переводчика наилучшим англо-русским словарем является словарь профессора В. К. Мюллера, бумажная или электронная версия (www.twirpx.com/file/1214745/).

Данный словарь достаточно удобен для переводческой работы. В нем тщательно продуман состав словарных единиц, он богат типичными моделями, словосочетаниями и конструкциями современного английского языка.

Содержание словарной статьи

Какую информацию получает переводчик в словарной статье? Словарная статья включает следующее:

– заглавное слово;

– транскрипцию;

– указание на принадлежность слова к определенной части речи;

– стилистические пометы;

– перечисление основных значений, присущих данному слову;

– переводы примеров-иллюстраций;

– толкования и пояснения заглавного слова и его значений (если в русском языке нет прямого соответствия, т. е. словарного эквивалента);

– сочетаемость слова;

– фразеологические единицы.

Существует определенная традиция в расположении информации внутри словарной статьи.

Многозначные слова представлены во всем многообразии их значений. Значения распределяются в зависимости от их употребительности. В конце словарной статьи даются термины, общеспециальные и узкоспециальные, характерные для отдельно взятой области.

Стилистические пометы

Начинающий переводчик, который только вырабатывает навыки

общения с англо-русским словарем, не вправе игнорировать такой важнейший элемент словарной статьи, каким является стилистическая помета-сокращение.

Стилистическая помета, стоящая перед определенным значением слова, дает не только стилистическую характеристику слова, но и указывает на ограниченные возможности словоупотребления, кроме того, она более глубоко раскрывает смысловую структуру слова.

Стилистическая помета соотносит слово либо с литературно-книжной лексикой (термины науки и техники, архаизмы, поэтизмы, историзмы, библеизмы, редко употребляемые слова и т.д.), либо с разговорной лексикой (вульгаризмы, жаргонизмы, сленг, просторечие).

Типы словарных соответствий

Для того чтобы переводчик смог трезво оценить возможности англо-русского словаря и умело им пользоваться в своей практической работе, он должен представлять себе, какого рода смысловые соотношения существуют между единицами словарного состава английского и русского языков.

Русское слово, более или менее близкое по значению определенному английскому слову, является его лексическим или словарным соответствием.

Сравнивая единицы словарного состава английского и русского языков, можно выявить два основных типа словарных соответствий – эквиваленты и вариантные соответствия.

Когда значению английского слова соответствует значение одного русского слова, мы имеем дело с эквивалентом.

Слов-эквивалентов сравнительно немного. Эквиваленты есть в основном у терминов, географических названий и имен собственных. Эти слова наиболее устойчивы и в наименьшей мере зависимы от контекста.

Второй тип соответствий, наиболее распространенный, – вариантное соответствие.

Когда одно английское слово имеет в русском языке несколько словарных соответствий, можно говорить о вариативном соответствии.

Переводчик имеет возможность выбирать из нескольких вариантов именно то соответствие, которое наилучшим образом вписывается в имеющийся контекст. При этом решающую роль играет контекст. Следует помнить, что термин «вариантное соответствие» предполагает несколько 320 словарных соответствий английскому слову внутри одного значения, но отнюдь не многозначность.

Например:

intention – намерение, стремление, цель, замысел

nice – хороший, приятный, милый, славный

retired – удалившийся от дел; отставной, в отставке; ушедший на пенсию

Контекстуальное значение

Далеко не всегда словарь может предложить переводчику то единственное нужное слово, которое требуется по контексту. Как правило, семантическая структура слова, то есть объем всех его значений, не исчерпывает всех смысловых возможностей, заложенных в слове. Иногда некоторые значения и оттенки значений реализуются только в определенном контексте. Контекстуальное значение не входит в смысловую структуру слова и в словарях не фиксируется. Так, среди словарных значений прилагательного brave – 1) храбрый, смелый; 2) превосходный, прекрасный; 3) уст. книжн. нарядный – нет ни одного, которым можно было бы воспользоваться при переводе сочетания, a coat of brave lipstick. По всей вероятности, здесь речь идет об интенсивном цвете губной помады – слой ярко-красной губной помады.

Таким образом, особенности контекста могут заставить переводчика отказаться от словарных соответствий, искать и находить контекстуальные значения слов, что является наиболее творческим приёмом в процессе перевода.

Контекст и виды контекста

Под контекстом принято понимать языковое окружение, в котором употребляется та или иная языковая единица.

Значение слова, особенно многозначного, реализуется в словосочетании, в грамматической конструкции, в совокупности слов. Попробуйте произнести вне контекста такие русские слова, как класс, передача, сторона, и вы поймете, что употребленные в изолированном виде они вряд ли несут какую-либо информацию и не могут вызвать у слушателя определенные ассоциации. Для того чтобы они обрели значение, им нужен «указательный минимум».

Принято различать несколько видов контекста — узкий, широкий и экстралингвистический (внелингвистический).

Под узким контекстом подразумевается контекст словосочетания или предложения.

В отличие от узкого контекста широкий контекст выходит за рамки предложения. Это может быть абзац, глава и все произведение в целом.

Рекомендуемая литература

1. Англо-русский словарь синонимов. – М. : Иностранный язык. Оникс, 2005. – 411 с.

2. Дроздова Т. Ю. New Student's Grammar Guide : учеб. пособие для студентов неязыковых вузов и учащихся школ и гимназий / Т. Ю. Дроздова, В. Г. Маилова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Антология, 2007. – 189 с.

3. Мюллер В. К. Новый англо-русский словарь / В. К. Мюллер. – М. : Дрофа. Русский язык медиа, 2008. – 945 с.

4. Новый англо-русский биологический словарь / под ред. О. И. Чибисовой. – М. : ABBYY Press, 2009. – 872 с.

5. Цебаковский С. Я. Кто боится английской грамматики?: Учеб. пособие / С. Я. Цебаковский. – Обнинск : Титул, 2008. – 208 с.

6. Hornby A. S. Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English / A. S. Hornby. – Oxford University Press, 2005. – 509 с.

7. Man and environment [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.environmentalpollution.in/essay/man-and-environment-essay-on-man-and environment/216.

8. Казакова Т.А. Практические основы перевода: учеб. пособие. – СПб.: Союз, 2008. – 320 с.

9. Романова С.П. Пособие по переводу с английского на русский / С.П. Романова, А.Л. Коралова. – М.: Университет, 2008. – 176 с.

Оглавление

Предисловие 3
Unit 1. What is Agriculture 4
Unit 2. Food and Fertilizers 11
Unit 3. Erosion and Soil 16
Unit 4. Climatic Requirements of Plants 21
Unit 5. Agriculture and Environment 27
Unit 6. Weather and Climate: the Greenhouse Effect and Agriculture 34
Unit 7. Alternative Agriculture 39
Additional Material 45
Основные положения теории перевода. Способы перевода 51
Роль словаря при переводе 53
Рекомендуемая литература 57

Учебное издание

Бухвалова Елена Геннадьевна
Сырескина Светлана Валентиновна
Болдырева Светлана Павловна
Чигина Нелли Владимировна

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК ДЛЯ АГРОНОМОВ
Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 26.09.2023. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,3, печ. л. 3,6.
Тираж 50. Заказ № 230.

Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Л. Н. Жичкина

Подготовка выпускной квалификационной работы

Методические указания
для обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия

Кинель 2024

УДК 631(07)
ББК 40р
Ж75

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Жичкина, Л. Н.
Ж75 Подготовка выпускной квалификационной работы: методические указания / Л. Н. Жичкина. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 49 с.

Методические указания содержат общие положения, порядок и этапы выполнения выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации). Методические указания включают в себя тематику, требования к структуре и объему выпускной квалификационной работы, состав, порядок выполнения требований к оформлению и порядок защиты, а также ответственность автора и критерии оценки результатов защиты выпускной квалификационной работы.

В методические указания включены образцы оформления заявлений на выбор темы ВКР и самостоятельности ее выполнения, титульного листа, листа задания, списка использованной литературы и источников, реферата, отзыва руководителя, рецензии, акта внедрения.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль – Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов, а также для их руководителей.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2024
© Жичкина Л. Н., 2024

Предисловие

Методические указания являются методическим обеспечением, определяющим порядок выполнения выпускных квалификационных работ, обучающихся очной и заочной форм обучения.

Методические указания по написанию и оформлению выпускной квалификационной работы разработаны на основании:

- Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказа Министерства образования и науки РФ от 29 июня 2015 г. № 636 «Об утверждении Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры»;
- Приказа Министерства науки и высшего образования РФ от 6 апреля 2021 г. № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по основным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры»;
- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 26 мая 2017 г. № 708;
- Устава федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет»;
- СМК 02-09-2013 Документированная процедура системы менеджмента качества. Общие требования к содержанию и оформлению положений о деятельности;
- СМК 04-46-2023 Положение о выпускной квалификационной работе обучающихся по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры (утвержденное 25 мая 2023 г., протокол № 9);
- СМК 04-89-2023 Положение о государственной итоговой аттестации по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры (утвержденное 25 мая 2023 г., протокол № 9);
- СМК 04-59-2023 Положение о проверке на заимствования и контроля самостоятельности выполнения выпускных квалификационных работ (утвержденное 27 апреля 2023 г., протокол № 8).

В соответствии с основной профессиональной образовательной программой высшего образования по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль – Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов выпускающая кафедра «Агрохимия, почвоведение и агроэкология» проводит подготовку магистрантов по данному профилю.

1. Общие положения

Государственная итоговая аттестация обучающихся является неотъемлемой составной частью учебного процесса в вузе и выступает средством преобразования приобретенных теоретических знаний в систему профессиональных знаний, умений и навыков магистра в области профессиональной деятельности.

Государственная итоговая аттестация выпускников проводится с обязательной защитой выпускной квалификационной работы.

По результатам государственной итоговой аттестации государственная экзаменационная комиссия принимает решение о присвоении выпускнику квалификации «магистр» и выдаче документа об образовании и квалификации.

Выпускная квалификационная работа (ВКР) выполняется в форме магистерской диссертации и представляет собой законченную работу содержащую совокупность результатов и научных положений, выдвигаемых автором для публичной защиты, имеющую внутреннее единство, свидетельствующую о личном вкладе и способности автора проводить обобщение имеющихся результатов научных исследований, используя теоретические знания и практические навыки.

Магистерская диссертация должна показать умение автора кратко, логично и аргументировано излагать материал. Результаты работы должны свидетельствовать о наличии у автора соответствующих компетенций в избранной области профессиональной деятельности.

Область профессиональной деятельности магистров включает разработки, направленные на решение комплексных задач по организации производства, хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции растениеводства.

Объектами профессиональной деятельности являются: полевые, овощные, плодовые культуры и их сорта; генетические коллекции растений; селекционный процесс; агрономические ландшафты; природные кормовые угодья; почва и ее плодородие; вредные организмы и средства защиты растений от них; технологии производства продукции растениеводства.

Выпускник должен решать следующие профессиональные задачи:

- научно-исследовательская деятельность:

- разработка программ и рабочих планов научных исследований;

- сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта;

- разработка методик проведения экспериментов, освоение новых методов исследования;

- организация, проведение и анализ результатов экспериментов;

- создание оптимизационных моделей технологий возделывания сельскохозяйственных культур, систем защиты растений, сортов;

- подготовка научно-технических отчетов, обзоров и научных публикаций по результатам выполненных исследований.

- производственно-технологическая деятельность:

- программирование урожаев сельскохозяйственных культур для различных уровней агротехнологий;

- разработка и реализация проектов экологически безопасных приемов и технологий производства высококачественной продукции растениеводства с учетом свойств агроландшафтов и экономической эффективности;

- проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия для различных организационных форм агропромышленного комплекса и их освоение;

- проведение консультаций по инновационным технологиям в агрономии.

- организационно-управленческая деятельность:

- разработка стратегий развития растениеводства в организации;

- разработка экологически безопасных адаптивно-ландшафтных систем земледелия для сельскохозяйственных предприятий;

- организация фитосанитарного и агроэкологического мониторинга с целью получения качественной и экологически безопасной продукции растениеводства.

Затраты времени на подготовку ВКР определяются учебным планом и календарным учебным графиком в соответствии с основной профессиональной образовательной программой высшего образования. Общая трудоемкость государственной итоговой аттестации составляет 9 зачетных единиц (324 часа).

Цель выпускной квалификационной работы заключается в достижении обучающимся необходимого уровня знаний, компетенций, умений и навыков, позволяющих ему, как будущему специалисту, успешно воздействовать на объекты управленческой деятельности и добиваться высоких технико-экономических показателей их развития в долгосрочной перспективе.

Для достижения поставленных целей обучающийся должен решить следующие *задачи:*

- выбрать тему выпускной квалификационной работы;

- обосновать актуальность выбранной темы выпускной квалификационной работы, сформировать цель и задачи работы, определить предмет и объект исследований;

- изучить и проанализировать теоретические и методологические положения, нормативно-техническую документацию, статистические (фактографические) материалы, справочную литературу и законодательные акты в соответствии с выбранной темой выпускной квалификационной работы; определить целесообразность их использования в ходе выполнения работы;

- выявить и сформировать проблемы развития объекта исследований, его подразделений, определить причины их возникновения и факторы, способствующие и препятствующие их разрешению, дать прогноз возможного развития событий и учесть возможные риски управленческой деятельности;

- обосновать направления решения проблем развития объекта исследования, учитывать факторы внутренней и внешней среды;

- разработать конкретный план мероприятий по повышению эффективности управленческой деятельности объекта исследования;

- обосновать и рассчитать экономическую эффективность разработанных мероприятий;

- уметь логично и научно-обоснованно формировать теоретические и практические рекомендации, обобщать выводы и результаты из проведенного анализа, разрабатывать новые управленческие инструменты и методики, а также профессионально планировать конкретные мероприятия по их внедрению.

- оформить результаты выпускной квалификационной работы в соответствии с действующими стандартами и требованиями.

Выпускник должен обладать следующими предусмотренными образовательным стандартом универсальными компетенциями:

- способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

- способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;

- способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели;

- способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (ых) языке (ах), для академического и профессионального взаимодействия;

- способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия;

- способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.

Выпускник должен обладать следующими предусмотренными образовательным стандартом общепрофессиональными компетенциями:

- способен решать задачи развития области профессиональной деятельности и (или) организации на основе анализа достижений науки и производства;

- способен передавать профессиональные знания с учетом педагогических методик;

- способен использовать современные методы решения задач при разработке новых технологий в профессиональной деятельности;

- способен проводить научные исследования, анализировать результаты и готовить отчетные документы;

- способен осуществлять технико-экономическое обоснование проектов в профессиональной деятельности;

- способен управлять коллективами и организовывать процессы производства.

Выпускник, освоивший программу магистратуры, должен обладать профессиональными компетенциями, соответствующими видам профессиональной деятельности, на которые ориентирована программа магистратуры:

научно-исследовательская деятельность:

- готов использовать достижения мировой науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах и составлять практические рекомендации по их применению;

производственно-технологическая деятельность:

- готов применять разнообразные классические и инновационные подходы к моделированию и проектированию систем защиты растений, приемов и технологий производства продукции растениеводства, воспроизводству плодородия почв;

организационно-управленческая деятельность:

- разработка стратегии развития растениеводства в организации;

- способность разработать экологически безопасные адаптивно-ландшафтные системы земледелия для сельскохозяйственных предприятий.

2. Общие требования

2.1. Тематика выпускных квалификационных работ (магистерских диссертаций) и порядок их утверждения

При выборе темы ВКР следует руководствоваться следующими принципами:

- тема должна быть актуальной, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки, техники и технологии;

- связана с решением задач того вида или вида деятельности, к которым готовится магистр (научно-исследовательская, производственно-технологическая, организационно-управленческая);

- основываться на проведенной научно-исследовательской работе в процессе обучения в магистратуре;

- принимать во внимание изученность и освещенность ее в литературе;

- содержать новые теоретические и (или) экспериментальные результаты.

Примерная тематика выпускных квалификационных работ по направлению 35.04.04 Агрономия, профиль – Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов определяется тематикой научных исследований выпускающей кафедры «Агрохимия, почвоведение и агроэкология» и доводится до обучающихся в виде списка тем (прил. 1).

Перечень тем ВКР предлагаемых обучающимся утверждается деканом агрономического факультета по представлению руководителя основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) и доводится до сведения обучающихся не позднее чем за 6 месяцев до даты начала государственной итоговой аттестации (ГИА).

Перечень тем ВКР подлежит ежегодному обновлению, должен соответствовать современному уровню развития науки и потребностям профессиональной практики, формироваться с учетом предложений работодателей по направлению подготовки.

В процессе подготовки ВКР обучающийся должен быть сориентирован на один из предложенных видов исследований:

- исследование научного характера содержит анализ и систематизацию научных источников, фактического материала, аргументированные обобщения и выводы по выбранной теме; в ВКР должно проявиться знание автором основных методов исследования, умение их применять, владение научным стилем изложения результатов работы;

- исследование прикладного характера представляет собой разработку в одной из прикладных областей знания по направлению подготовки.

Обучающий имеет право:

- выбрать тему из предложенной выпускающей кафедрой тематики ВКР на основании письменного личного заявления (прил. 2);

- выбрать тему, предложенную организацией-работодателем в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки. В этом случае, работодатель на официальном бланке оформляет заявку на имя ректора или проректора, курирующее данное направление с предложением конкретной темы исследований (прил. 3);

- предложить свою тему ВКР с обоснованием целесообразности

ее разработки для практического применения в соответствующей области профессиональной деятельности или на конкретном объекте профессиональной деятельности на основании письменного личного заявления (прил. 4);

После выбора темы обучающийся подает заявление на имя заведующего кафедрой «Агрохимия, почвоведение и агроэкология» с просьбой закрепить за ним тему, которая впоследствии утверждается на Ученом совете агрономического факультета.

При положительном решении вопроса по представлению заведующего выпускающей кафедры приказом ректора по университету производится закрепление выбранной темы исследования и его научного руководителя из числа преподавателей выпускающей кафедры, и при необходимости, консультант (консультанты).

Руководитель ВКР:

- составляет задание на выпускную квалификационную работу, знакомит обучающегося с календарным планом-графиком выполнения ВКР, осуществляет контроль его выполнения (прил. 5);
- дает рекомендации по подбору и использованию источников и литературы по теме ВКР;
- оказывает помощь в разработке оглавления ВКР;
- консультирует обучающегося по вопросам выполнения ВКР согласно установленному графику консультаций;
- дает рекомендации по доработке текста ВКР;
- контролирует соответствие содержания и оформления ВКР;
- анализирует соответствие полученных результатов цели и задачам ВКР;
- информирует о порядке и содержании процедуры защиты ВКР (в том числе предварительной);
- консультирует в подготовке выступления и подборе иллюстративных материалов к защите;
- контролирует проверку ВКР на заимствование до предзащиты;
- содействует в подготовке ВКР на внутривузовский или иной конкурс студенческих работ (при соответствии ВКР конкурсным требованиям);
- составляет письменный отзыв о работе над ВКР (прил. 6).

В отзыве руководителя ВКР, как правило, оцениваются такие показатели, как:

- актуальность темы ВКР;
- степень достижения поставленных в ВКР целей;
- преимущества представленных материалов, современность используемых методов научных исследований, оригинальность поставленных задач

и полученных решений, уровень исследовательской части;

- соответствие содержания теме;
- владение методами сбора, анализа и обработки информации по теме ВКР;
- наличие в ВКР элементов научной и практической новизны;
- наличие и значимость практических предложений и рекомендаций, сформулированных в ВКР;
- владение применяемыми в сфере избранной профессиональной деятельности компьютерными средствами и программным обеспечением;
- полученные при решении задач ВКР результаты, умение их анализировать и интерпретировать, делать на этой основе правильные выводы;
- степень владения автором работы профессиональными знаниями, умениями и навыками;
- подготовленность выпускника, инициативность, ответственность и самостоятельность при решении научных и практических задач;
- способность обучающегося ясно и четко излагать суть и содержание вопроса;
- правильность оформления ВКР, структура, стиль, язык изложения, библиографический аппарат, а также использование табличных и графических средств представления информации;
- обоснованность данных, приведенных в отчете проверки на заимствование;
- умение применять полученные знания на практике;
- рекомендация ВКР к защите.

Тема, руководитель, консультант (консультанты) и рецензент (рецензенты) (при необходимости) выпускной квалификационной работы утверждаются приказом ректора.

2.2. Требования к выпускной квалификационной работе (магистерской диссертации) и порядок представления ее к защите

Выпускная квалификационная работа должна быть основана на результатах собственных экспериментов, проведенных в полевых или лабораторно-полевых опытах в течение 2 лет или выполнена по результатам анализа инновационных технологических процессов, бизнес-планов предпринимательской деятельности в растениеводстве, проектирования основных звеньев адаптивно-ландшафтных систем земледелия в хозяйствах различных форм собственности.

Магистерская диссертация должна соответствовать следующим требованиям:

- быть актуальной;

- содержать элементы научной новизны;

- отвечать четкому построению и логической последовательности изложения материала;

- выполняться с использованием современных методов, специализированных пакетов компьютерных программ;

- содержать убедительную аргументацию с использованием графического материала в виде таблиц, рисунков, графиков и пр.;

- иметь прикладное или научно-методическое значение;

- полученные результаты и выводы должны быть апробированы в виде докладов на научных конференциях и подготовленных публикаций и научных журналах и сборниках.

Выпускная квалификационная работа является результатом самостоятельной работы обучающегося. Качество ее выполнения позволяет дать дифференцированную оценку квалификации выпускника по выполнению своих будущих обязанностей на предприятии.

К защите выпускной квалификационной работы допускается лицо, завершившее полный курс обучения, по основной профессиональной образовательной программе и успешно прошедшее все предшествующие аттестационные испытания, предусмотренные учебным планом.

Все выпускные квалификационные работы, выполненные обучающимися университета выпускного курса подлежат проверке на объем заимствования в системе поиска заимствований согласно Положению о проверке на заимствоваание и контроля самостоятельности выполнения ВКР. ВКР предоставляется на проверку не позднее, чем за 10 календарных дней до защиты.

Обучающийся сдает руководителю ВКР в электронном виде и письменное заявление (прил. 7), в котором подтверждается его ознакомление с фактом проверки представленной им работы на самостоятельность ее выполнения, отсутствие заимствований из печатных и электронных источников, не подкрепленных соответствующими ссылками, и информативность о возможных санкциях в случае обнаружения плагиата. Отсутствие заявления или электронного варианта письменной работы автоматически влечет за собой отказ на право допуска ВКР к защите.

После успешного прохождения проверки ВКР на объем заимствования, работа допускается руководителем к предварительной защите на кафедре.

К предвварительной защите обучающий представляет:

- задание на ВКР;

- полный непереплетенный (несброшюрованный) вариант ВКР;

- доклад о результатах ВКР;

- презентацию и/или иной иллюстративный материал;
- акт проверки ВКР на заимствования;
- отзыв руководителя ВКР.

ВКР по программам магистратуры подлежат рецензированию. Для проведения рецензирования ВКР направляется одному или нескольким рецензентам из числе лиц не являющихся сотрудниками кафедры или факультета, на которой выполнена ВКР.

Рецензент проводит анализ ВКР и представляет письменную рецензию на указанную работу. Если ВКР имеет междисциплинарный характер, она направляется нескольким рецензентам. В ином случае число рецензентов устанавливается университетом.

В рецензии дается характеристика ВКР в целом и ее отдельных разделов, оценивается актуальность темы, теоретическая и практическая значимость работы, использование новейших достижений в данном направлении науки, соответствие содержания поставленным цели и задачам.

Рецензент оценивает теоретическую подготовку обучающегося, его умение самостоятельно использовать полученные компетенции для решения конкретных задач. В рецензии указываются разделы, где имеются недостатки.

Рецензент дает общую оценку работы и может выразить мнение о присвоении обучающемуся соответствующей квадификации (степени). Рецензия на ВКР оформляется согласно приложению 8.

Университет обеспечивает ознакомление обучающегося с отзывом и рецензией (рецензиями) не позднее, чем за 5 календарных дней до дня защиты ВКР.

Порядок проведения предварительной защиты ВКР устанавливается решением выпускающей кафедры. На основании результатов предварительной защиты кафедра принимает решение:

- о допуске к защите без изменений и направлении работы на рецензирование;
- о допуске к защите с доработками;
- о недопуске работы к защите.

Обучающиеся, не представившие ВКР на кафедру в установленный срок к защите не допускаются.

По желанию обучающегося в ГЭК могут быть также направлены следующие материалы, характеризующие научную и практическую ценность выполненной работы:

- справки, указывающие на практическое использование, частичное или полное внедрение материалов работы;
- печатные статьи по теме работы;

- документы, подтверждающие участие в конференциях с докладами по теме ВКР.

ВКР, отзыв и рецензия передаются в ГЭК не позднее, чем за 2 календарных дня до защиты ВКР.

2.3. Порядок защиты выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации) и критерии выставления оценок

Для проведения защиты ВКР формируется государственная экзаменационная комиссия (ГЭК) по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, состав которой утверждается в соответствии с Положением о порядке проведения государственной итоговой аттестации по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры.

Защита ВКР проводится на открытом заседании ГЭК.

Обязательные элементы процедуры защиты:

- выступление автора ВКР;
- ответы обучающегося на вопросы членов ГЭК;
- оглашение отзыва руководителя;
- оглашение рецензии и ответы обучающегося на замечания рецензента.

Для сообщения по содержанию ВКР обучающемуся отводится, как правило, не более 10 минут. Презентация, как форма представления доклада, разрабатывается в редакторе *Power Point* и представляется на защите с помощью электронной проекционной системы. Рекомендуемое количество демонстрационного наглядного материала 8-10 слайдов. Каждый слайд должен иметь заголовок и содержательный материал.

Вопросы членов ГЭК автору ВКР должны находиться в рамках темы. На открытой защите ВКР могут присутствовать все желающие, которые вправе задавать обучающемуся вопросы по теме защищаемой работы. Общая продолжительность защиты одной ВКР не должна превышать 0,5 часа.

После окончания защиты ВКР с целью оценки ее результатов проводится закрытое заседание ГЭК. Оценка защиты ВКР определяется открытым голосованием с учетом:

- научного и практического уровня ВКР;
- актуальности темы и задач ВКР;
- обоснованности результатов и выводов;
- самостоятельности выполнения и личного вклада обучающегося;
- возможности практического использования полученных результатов;
- качества выполнения ВКР;

- полноты представления иллюстративных материалов для выступления;

- качества доклада и ответов на вопросы;

- грамотности построения речи, степени владения профессиональной терминологией;

- текущей работы обучающегося в ходе выполнения ВКР;

- успеваемости обучающегося в процессе обучения.

Решения ГЭК принимаются простым большинством голосов от числа лиц, входящих в состав комиссии и участвующих в заседании. При равном числе голосов председатель обладает правом решающего голоса.

Итоги защиты ВКР объявляются в день проведения и ежегодно обсуждаются на заседаниях кафедры «Агрохимия, почвоведение и агроэкология» и заседаниях Ученого совета агрономического факультета.

Результаты защиты ВКР определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания.

Успешное прохождение ГИА является основанием для выдачи обучающемуся документа о высшем образовании по квалификации образца, установленного Министерством науки и образования Российской Федерации.

Итоговая оценка *«отлично»* ставится обучающемуся за реализацию всех необходимых компетенций в ходе доклада по теме ВКР и ответах на вопросы в дискуссии (повышенный уровень сформированности компетенций):

- обучающийся знает основные методы сбора и анализа информации, способы формализации цели и методы ее достижения, основные нормативные правовые документы; правила письма и устной речи; источники информации и принципы работы с ними; методы сбора, анализа и обработки исходной информации;

- умеет анализировать, обобщать достижения; ориентироваться в системе законодательства и нормативных правовых актов, регламентирующих сферу профессиональной деятельности; грамотно и аргументировано выражать свою точку зрения;

- владеет: культурой мышления; навыками литературной и деловой письменной речи; навыками публичной речи, аргументацией, ведения дискуссии; навыками публичной и научной речи; современными методиками;

- обучающийся свободно оперирует данными исследования, во время доклада использует наглядные пособия (таблицы, схемы, графики, раздаточный материал и т.п.) легко отвечает на поставленные вопросы;

- выпускная квалификационная работа имеет положительный отзыв руководителя и рецензента;

- обучающийся получает рекомендации ГЭК к продолжению заявленных научных исследований, публикации в периодической печати результатов исследования.

Итоговая оценка *«хорошо»* ставится обучающемуся за частичную реализацию всех необходимых компетенций в ходе доклада по теме ВКР и ответах на вопросы в дискуссии (уровень освоения компетенций достаточный):

- обучающийся показывает хорошее знание вопросов темы, оперирует данными исследования, вносит предложения по теме исследования, во время доклада использует наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.) или раздаточный материал, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы, но не на все из них дает исчерпывающие и аргументированные ответы;

- имеются отдельные мелкие недочеты по тем или иным аспектам выпускной квалификационной работы.

- выпускная работа имеет положительный отзыв руководителя.

Итоговая оценка *«удовлетворительно»* ставится в том случае, если обучающийся демонстрирует частичную сформированность компетенций (пороговый уровень), предусмотренных ФГОС ВО;

- слабо ориентируется в том, о чем докладывает;

- выступление на защите выпускной квалификационной работы не иллюстрируется наглядными материалами;

- выступление на защите плохо структурировано;

- есть ошибки в ответах на вопросы председателя и членов ГЭК.

- выпускная работа имеет положительный отзыв руководителя.

Итоговая оценка *«неудовлетворительно»* выставляется, если обучающимся демонстрируется несформированность (ниже порогового уровня сформированности) соответствующих компетенций, предусмотренных ФГОС ВО:

- тема работы не раскрыта;

- выводы и рекомендации носят декларативный характер;

- в отзыве руководителя есть много замечаний;

- при защите обучающийся затрудняется ответить на поставленные вопросы по теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки, к защите не подготовлен раздаточный материал.

Обучающиеся, не прошедшие государственную итоговую аттестацию в связи с неявкой на государственное аттестационное испытание по уважительной причине (временная нетрудоспособность, исполнение

общественных или государственных обязанностей, вызов в суд, транспортные проблемы (отмена рейса, отсутствие билетов), погодные условия или в других случаях, перечень которых устанавливается университетом самостоятельно), вправе пройти ее в течение 6 месяцев после завершения государственной итоговой аттестации.

Обучающийся должен предоставить в университет документ, подтверждающий причину его отсутствия.

Обучающиеся не прошедшие государственное аттестационное испытание в связи с неявкой на государственное аттестационное испытание по неуважительной причине или в связи с получением оценки «неудовлетворительно» отчисляются из университета с выдачей справки об обучении как не выполнившие обязанностей по добросовестному освоению основной образовательной программы и выполнению учебного плана.

Лицо, не прошедшее государственную итоговую аттестацию, может повторно пройти государственную итоговую аттестацию не ранее, чем через 10 месяцев и не позднее, чем через пять лет после срока проведения государственной итоговой аттестации, которая не пройдена обучающимся. Указанное лицо может повторно пройти государственную итоговую аттестацию не более двух раз.

Для повторного прохождения государственной итоговой аттестации указанное лицо по его заявлению восстанавливается в университет на период времени установленный университетом, но не менее периода времени, предусмотренного календарным учебным графиком для государственной итоговой аттестации по соответствующей ОПОП ВО.

При повторном прохождении государственной итоговой аттестации по желанию обучающегося решением университета ему может быть установлена иная тема ВКР.

По результатам государственных аттестационных испытаний обучающийся имеет право на апелляцию.

Обучающийся имеет право подать в апелляционную комиссию письменную апелляцию о нарушении, по его мнению, установленной процедуры проведения государственного аттестационного испытания.

Апелляция подается лично обучающимся в апелляционную комиссию не позднее следующего рабочего дня после объявления результатов государственного аттестационного испытания.

Апелляция не позднее 2 рабочих дней со дня ее подачи рассматривается на заседании апелляционной комиссии, на которое приглашается председатель ГЭК и обучающийся, подавший апелляцию. Заседание апелляционной комиссии может проводиться в отсутствии обучающегося, подавшего апелляцию, в случае его неявки на апелляционную комиссию.

Решение апелляционной комиссии доводится до сведения обучающегося, подавшего апелляцию в течение 3 рабочих дней со дня заседания апелляционной комиссии. Факт ознакомления обучающегося, подавшего апелляцию, с решением апелляционной комиссии удостоверяется подписью обучающегося. Решение апелляционной комиссии не позднее следующего рабочего дня передается в ГЭК. Решение апелляционной комиссии является окончательным и пересмотру не подлежит.

Если выпускная квалификационная работа выполнена на высоком теоретическом и практическом уровне, она может быть представлена руководству предприятия, на материалах которого выполнялась выпускная квалификационная работа, для принятия решения о возможности внедрения результатов выпускной квалификационной работы.

Акт о внедрении ВКР должен быть подписан представителем организации, в которой внедрена работа, и заверен печатью данной организации (прил. 9).

Защищенные ВКР на бумажном носителе хранятся на кафедре «Агрохимия, почвоведение и агроэкология» в течение срока, установленного перечнем записей о качестве.

Тексты ВКР за исключением текстов выпускных квалификационных работ, содержащих сведения, составляющие государственную тайну, размещаются в электронно-библиотечной системе университета.

Доступ лиц к текстам ВКР должен быть обеспечен в соответствии с законодательством Российской Федерации, с учетом изъятия по решению правообладателя производственных, технических, экономических, организационных и других сведений, в том числе о результатах интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, о способах осуществления профессиональной деятельности, которые имеют действительную или потенциальную коммерческую ценности в силу неизвестности их третьим лицам.

3. Структура и объем выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации)

Содержание выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации) включает в себя:

- обоснование выбора предмета и объекта исследования, определение цели и задач, выполненные на основе обзора литературы, в том числе с учетом периодических научных изданий;
- теоретическую и (или) экспериментальную части, включающие научные методы исследований;
- получение результатов, имеющих научную новизну и теоретическое,

прикладное или научно-методическое значение;

- формулирование выводов и предложений на основе анализа полученных результатов;

- апробацию полученных результатов и выводов в виде докладов на научных конференциях, подготовленных публикаций в научных журналах и сборниках;

- список использованной литературы и источников;

- приложения (при необходимости).

Объем ВКР должен составлять 50-60 страниц (без приложений).

Структура выпускной квалификационной работы содержит следующие обязательные элементы:

- титульный лист;

- задание на выпускную квалификационную работу;

- реферат;

- оглавление;

- введение;

- основная часть;

- экономическая эффективность изучаемых приемов;

- эколого-экономическая эффективность изучаемых приемов;

- выводы и предложения;

- список использованной литературы и источников;

- приложения.

Содержание разделов выпускной квалификационной работы зависит от темы исследований.

Титульный лист является первой страницей и оформляется в соответствии с приложением 10. Переносы слов в надписях титульного листа не допускаются.

Задание разрабатывает руководитель ВКР и утверждает у заведующего кафедры «Агрохимия, почвоведение и агроэкология», после чего обучающийся расписывается в его получении с согласованием сроков исполнения (прил. 5). Задание печатается на одном листе формата А4 с двух сторон.

Реферат содержит краткое, точное изложение содержания работы, включающее в себя основные сведения об объеме текстового материала, количество иллюстраций, таблиц, формул, приложений, использованных источников, а также сокращения, встречающиеся в выпускной квалификационной работе (прил. 11). Реферат является третьей страницей ВКР.

Оглавление содержит заголовки всех глав (разделов) и подразделов, выводы и предложения, список использованной литературы и источников, перечень приложений с указанием их наименований и номеров страниц с которых они начинаются (прил. 12).

Во *введении* необходимо обосновать актуальность исследуемой темы ВКР, представить цель и задачи проводимого исследования, изучаемый объект и предмет, практическую значимость и новизну исследований, личное участие в выполнении исследовательской работы, постановке опытов, обработке экспериментального материала, обобщении литературных источников.

Основная часть выпускной квалификационной работы состоит не менее чем из 4 глав.

Обзор литературы включает анализ изученности проблемы на основании изучения отечественной и зарубежной литературы. Приводятся мнения авторов по различным аспектам выполняемой работы.

В этом разделе должно быть сформулировано четкое представление о том, что по описываемому направлению исследований требует дополнительной проверки или остается не выявленным. При этом особое значение приобретают данные полевых экспериментов, проведенных в сходных агроэкологических и производственных условиях.

Данную главу можно разбить на подразделы, озаглавив каждый из них. Обзор литературы свидетельствует о степени изученности вопроса обучающимся и его эрудиции.

Раздел должен заканчиваться выводом об актуальности проводимых исследований, характером изученности проблемы исследований.

Условия и методика исследований. В этой главе дается краткая характеристика почвенно-климатических условий области, зоны и места проведения исследований. При необходимости главу можно разбить на подразделы, озаглавив каждый из них.

Здесь приводится характеристика почвы опытного участка (тип, подтип, род, вид, разновидность, содержание гумуса, азота, фосфора, калия и др.), особенности рельефа, делается вывод о типичности почвы опытного участка зональным условиям региона, на который будут распространяться полученные в результате исследований выводы.

При характеристике климатических условий основными показателями являются среднемноголетние данные по годовому и среднемесячному количеству осадков и их распределение по сезонам года, число дней с относительной влажностью воздуха менее 30%, абсолютная амплитуда температур и температурные условия по месяцам, сумма температур выше 10°С, а также гидротермический коэффициент.

По данным ближайшей метеостанции приводятся подробные погодные условия в годы исследований, количество осадков и значения средней температуры воздуха даются по декадам в течение всего периода вегетации и сравниваются со среднемноголетними значениями.

В методике исследований приводятся схемы опытов и методика их проведения (площадь делянок, количество повторностей, схемы размещения вариантов, метод учета урожая, метод статистического анализа полученных результатов и др.). Дается характеристика изучаемых сортов, видов и форм удобрений, способов обработки почвы, применяемых сельскохозяйственных орудий.

При разработке схемы опыта должны быть соблюдены основные методические требования к проведению научно-исследовательских работ: место закладки опыта должно быть типичным для почвенно-климатической зоны; в основу сравниваемых вариантов должен быть положен принцип единственного различия, а агротехнические условия во всех вариантах должны быть одинаковыми, кроме изучаемых приемов; число повторений должно быть не менее 3-4, что необходимо для проведения достоверной статистической обработки данных и равномерного пространственного размещения изучаемых вариантов на всей площади опытного участка.

Агротехника в опытах в целом должна соответствовать рекомендуемой в зоне исследований, а изучаемые приемы технологии могут носить особенный характер, в соответствии с целью работы.

Результаты исследований. При необходимости главу можно разбить на подразделы, озаглавив каждый из них.

В данной главе приводят результаты сопутствующих наблюдений и учетов по влиянию изучаемых приемов на накопление и расходование влаги; агрофизические свойства почвы; площадь листьев; динамику накопления сухой биомассы; полевую всхожесть семян; густоту стояния; сохранность и общую выживаемость растений; засоренность; пораженность болезнями; поврежденность вредителями; количество пожнивных и корневых остатков; структуру урожая, его величину и качество по вариантам и т. д. по каждому показателю дается сравнительный анализ по вариантам с целью доказательства объективности полученных данных, по отдельным из них рассчитывают коэффициенты корреляции, детерминации, показатели точности и наименьшая существенная разность, являющаяся показателем существенности различий между вариантами.

Данные урожайности по вариантам и повторениям опыта подвергаются дисперсионному анализу, результаты которого приводятся в приложении.

Представляемая информация для повышения наглядности оформляется в виде таблиц, рисунков, диаграмм, графиков, фотографий и т. д. После каждой таблицы дается пояснительный текст. Описание каждого наблюдения завершается выводами.

Для расчета *экономической эффективности* изучаемых приемов составляют технологические карты.

Урожайность, полученную в результате опытов и рассчитанные на основании технологических карт производственные затраты заносят в таблицу 1.

Таблица 1

Экономическая эффективность изучаемых приемов

Показатели	Варианты опыта		
Урожайность, ц/га			
Производственные затраты, руб./га			
Цена реализации, руб./ц			
Стоимость произведенной продукции, руб./га			
Себестоимость, руб./ц			
Прибыль, руб./га			
Рентабельность, %			

Экономическая эффективность определяется путем сопоставления полученного эффекта (результата) с использованием для его получения ресурсами или затратами.

Показатели экономической эффективности (стоимость произведенной продукции, себестоимость, прибыль, рентабельность, окупаемость) рассчитывают по общепринятой методике.

Стоимость произведенной продукции с одного гектара рассчитывается путем умножения величины урожайности на среднюю цену реализации.

Себестоимость определяется путем деления величины производственных затрат на величину урожайности.

Прибыль находится как разность между стоимостью произведенной продукции и производственными затратами на получение этой продукции.

Рентабельности рассчитывается как отношение прибыли к производственным затратам, выраженное в процентах.

Окупаемость агротехнического приема – это отношение стоимости дополнительной продукции к дополнительным затратам, обусловивших эту прибавку.

Для кормовых культур, кроме натурального показателя урожайности рассчитывается величина содержания кормопротеиновых единиц (КПЕ). Для этого фактическая урожайность умножается на среднее содержание КПЕ в единице продукции (на основании справочных данных или результатов анализа).

Стоимость не товарной продукции рассчитывается по выходу кормопротеиновых единиц (КПЕ). Стоимость кормо-протеиновой единицы (КПЕ) определяется исходя из овсяного эквивалента. Одна тонна овса содержит 0,925 тонн КПЕ.

Полученные данные заносятся в таблицу и анализируются, затем на основании анализа данных таблицы делаются соответствующие выводы.

Человек в результате производственной деятельности оказывает значительное влияние на состояние агроэкосистем.

При этом такие экономические показатели, как себестоимость, прибыль, рентабельность не рассматривают процесс функционирования агроценозов с экологических позиций.

Определение *эколого-экономической эффективности* позволяет установить влияние естественных природных факторов и антропогенного фактора на агроэкосистемы.

При возделывании сельскохозяйственных культур важно рассчитывать баланс гумуса (табл. 2).

Таблица 2

Баланс гумуса и дозы органических удобрений

Показатели	Варианты опыта		
Вынос азота с урожаем, кг/га			
Поступление азота в почву, кг/га			
Баланс содержания азота в почве, кг/га			
Потери гумуса, т/га			
Масса растительных и корневых остатков, т/га			
Поступление гумуса с растительными и корневыми остатками, т/га			
Баланс гумуса в почве, т/га			
Доза органических удобрений, компенсирующая потери гумуса, т/га			

Если полученный результат отрицательный, то необходимо восполнить потери гумуса за счет применения органических удобрений (табл. 3).

Таблица 3

Эколого-экономическая эффективность изучаемых приемов

Показатели	Варианты опыта		
Урожайность, ц/га			
Стоимость произведенной продукции, руб./га			
Стоимость восстановления почвенного плодородия, руб./га			
Производственные затраты, руб./га			
Производственные затраты с четом восстановления почвенного плодородия, руб./га			
Условно-чистый доход, руб./.га			
Уровень совокупной рентабельности, %			

В конце каждой главы следует обобщить материал в соответствии с целью и задачами, сформулировать выводы и достигнутые результаты.

Выводы и предложения формируются по результатам исследований, после анализа полученных данных в виде кратких предложений производственного назначения.

Выводы и предложения производству должны быть четкими, лаконичными и заканчиваться экономической эффективностью разработанных мероприятий.

На последней странице выводов и предложений ставится дата (число, месяц, год) окончания работы и подпись автора.

Список использованной литературы и источников должен включать все проработанные источники, на которые есть ссылка в тексте работы. Он характеризует степень изученности автором конкретной проблемы.

Ссылаться следует на актуальные издания не старше 5-7 лет. Общее количество источников в списке должно быть не менее 30 наименований.

Источники литературы указываются в следующей последовательности: Федеральные законы, Указы Президента, Постановления Правительства, Положения (стандарты), ведомственные инструкции, указания, рекомендации, остальные литературные источники в алфавитном порядке по фамилиям авторов книг и статей.

Приложения включают вспомогательные материалы к основному содержанию ВКР, которые необходимы для повышения наглядности изучаемых вопросов и подтверждения выводов и предложений (таблицы вспомогательных цифровых данных, статистическая обработка экспериментальных данных, технологические карты возделывания культуры и др.). По форме могут представлять собой текст, таблицы, графики.

Приложение является дополнением к выпускной квалификационной работе и не входит в ее объем.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху справа страницы слова «Приложение» и его обозначения (цифрами или буквами) обозначающими его последовательность. Приложение должно иметь заголовок.

4. Требования к оформлению выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации)

Заключительный этап выполнения ВКР – ее оформление. Оформление магистерской диссертации должно быть на высоком уровне и соответствовать технико-орфографическим требованиям, предъявляемым к рукописям.

Требования к оформлению ВКР основываются на ГОСТ 7.0.11 – 2011.

ВКР оформляется на русском языке. Текст ВКР должен быть переплетен (сброшюрован).

ВКР должна быть выполнена печатным способом с использованием компьютера и принтера на одной стороне белой бумаги формата А4 (210х297 мм) без рамки, с соблюдением следующих размеров полей: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм.

Тип шрифта: *Times New Roman.* Шрифт текста: обычный, размер 14 пт. Межстрочный интервал – полуторный. Отступ красной строки – 1,25. Выравнивание текста по ширине.

Страницы текста нумеруются арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Номер страницы проставляют по центру в нижней части листа без точки. Первой страницей считается титульный лист, номер страницы на нем не проставляется. Также не проставляются номера страниц на задании, реферате и оглавлении, в то же время они входят в общую нумерацию. Нумерацию начинают проставлять с раздела «Введение».

Текст основной части разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего текста, обозначенные арабскими цифрами. Каждый раздел рекомендуется начинать с нового листа.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Подраздел допускается разбивать на пункты, нумерация которых выполняется аналогично.

Пример: 1.2.3 – обозначает раздел 1, подраздел 2, пункт 3.

Наименования разделов и подразделов должны быть краткими. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Изложение текста должно быть от третьего лица. При изложении обязательных требований в тексте должны применять слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «разрешается только», «не допускается», «запрещается», «не следует». При изложении других положений следует применять слова – «могут быть», «как правило», «при необходимости», «может быть», «в случае» и т.д.

В работе необходимо четко и логично излагать свои мысли, следует избегать повторений и отступлений от основной темы. Не следует загромождать текст длинными описательными материалами.

В тексте должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами или общепринятые в научно-технической литературе.

Знаки препинания (точка, запятая, двоеточие, точка с запятой, многоточие, восклицательный и вопросительный знаки) от предшествующих слов

пробелом не отделяют, а от последующих отделяют одним пробелом. Дефис от предшествующих и последующих элементов не отделяют. Тире от предшествующих и последующих элементов отделяют обязательно. Кавычки и скобки не отделяют от заключенных в них элементов. Знак № применяют только с относящимися к нему числами, между ними ставят пробел.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать требованиям, принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. При необходимости применения условных буквенных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии и соответствующими ГОСТами;
- сокращать обозначения единиц величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц величин в таблицах и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

Не допускается применять в тексте (за исключением формул, таблиц, рисунков):

- математический знак «-» перед отрицательным числом, следует писать слово «минус»;
- знак «Ø» для обозначения диаметра, следует писать слово «диаметр». При указании размера отдельных отклонений диаметра на чертежах, помещённых в тексте, перед размерным числом следует писать знак «Ø»;
- применять без числовых значений математические знаки, например: $<$, $>$, $=$, $\leq$, $\geq$, $\neq$, $\approx$, а также знаки №, %;
- применять индексы стандартов, технических условий и других нормативных документов без их регистрационного номера.

Если в документе принята особая система сокращений слов или наименований, то в нем может быть приведен перечень принятых сокращений (в реферате).

В пояснительной записке следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417 или ГОСТ 8.430. В качестве обозначений предусмотрены

буквенные обозначения и специальные знаки, например: 20,5 кг, 438 Дж/(кг/К). При написании сложных единиц комбинировать буквенные обозначения и наименования не допускается. Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению.

Формулы в тексте должны быть оформлены в редакторе формул *Microsoft Equation* и вставлены как объект. Размеры шрифта для формул: обычный – 14 пт; крупный индекс – 10 пт; мелкий индекс – 8 пт; крупный символ – 20 пт; мелкий символ – 14 пт.

Значения указанных символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой, причем каждый символ и его размерность пишутся с новой строки и в той последовательности, в которой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример:

$$ДВУ = \frac{W}{K_B}, \qquad (1.1)$$

где $ДВУ$ – действительно возможный урожай по влагообеспеченности основной продукции при стандартной влажности, т/га;

K_B – коэффициент водопотребления полевых культур, $м^3$/ц;

W – запасы продуктивной влаги, $м^3$/га.

Все формулы нумеруются арабскими цифрами, номер ставят с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках. Номер формулы состоит из 2-х частей, разделенный точкой, например (1.1), первая часть выделена под номер раздела, вторая часть – номер формулы. При переносе формулы номер ставят напротив последней строки в край текста. Группа формул, объединенных фигурной скобкой, имеет один номер, помещаемый точно против острия скобки. При ссылке на формулу в тексте ее номер ставят в круглых скобках (из формулы (1.1) следует…

В конце формулы и в тексте перед ней знаки препинания ставят в соответствии с правилами пунктуации. Формулы, следующие одна за другой, отделяют запятой или точкой с запятой, которые ставят за формулами до их номера.

Переносы формул со строки на строку осуществляются в первую очередь на знаках отношения (=; ≠; ≥, ≤ и т.п.), во вторую – на знаках сложения и вычитания, третью – на знаке умножения в виде косого креста. Знак следует повторить в начале второй строки. Все расчеты представляются в системе СИ.

Иллюстрации могут быть выполнены в виде диаграмм, номограмм, графиков, чертежей, карт, фотоснимков и др. Указанный материал выполняется на формате А4, т.е. размеры иллюстраций не должны превышать формата страницы с учетом полей. Если ширина рисунка больше 8 см, то его располагают симметрично посередине. Если его ширина менее 8 см, то рисунок, как правило, располагают с краю, в обрамлении текста. Допускается размещение нескольких иллюстраций на одном листе. Иллюстрации могут быть расположены по тексту, а также даны в приложении.

На все иллюстрации в тексте должны быть ссылки. Иллюстрации (чертежи, схемы, графики, рисунки, диаграммы и др.) обозначаются словом «Рисунок» и должны размещаться сразу после ссылки на них в тексте ВКР. Допускается размещение иллюстраций через определенный промежуток текста в том случае, если размещение иллюстрации непосредственно после ссылки на нее приведет к разрыву и переносу ее на следующую страницу.

Все иллюстрации нумеруются в пределах текста арабскими буквами (если их более одной). Нумерация рисунков может быть как сквозной (рис. 1), так и индексационной (рис. 1.1). Иллюстрации могут иметь, при необходимости, наименование и экспликацию (поясняющий текст или данные). Наименование помещают под иллюстрацией, а экспликацию под наименованием.

Ссылку на иллюстрации помещают в тексте либо в виде заключенного в круглые скобки выражения (рис. 1.1), либо в виде оборота типа «…как показано на рисунке 1.1».

При оформлении графиков оси (абсцисс и ординат) вычерчиваются сплошными линиями. На концах координатных осей стрелок не ставят. Числовые значения масштаба шкал осей координат пишут за пределами графика (левее оси ординат и ниже оси абсцисс). По осям координат должны быть указаны условные обозначения и размерности отложенных величин в принятых сокращениях.

На графике следует писать только принятые в тексте условные буквенные обозначения. Надписи, относящиеся к кривым и точкам, оставляют только в тех случаях, когда их немного, и они являются краткими. Многословные надписи заменяют цифрами, а расшифровку приводят в подрисуночной подписи.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба и пространственного расположения.

Иллюстрации должны быть вставлены в текст одним из следующих способов:

- либо командами ВСТАВКА-РИСУНОК (используемые для вставки рисунков из коллекции, из других программ и файлов, со сканера, созданные кнопками на панели рисования, автофигуры, объекты *Word Art*, а также

диаграммы). При этом все иллюстрации, вставляемые как рисунок, должны быть преобразованы в формат графических файлов, поддерживаемых *Word*;

- либо командами ВСТАВКА-ОБЪЕКТ. При этом необходимо, чтобы объект, в котором создана вставляемая иллюстрация, поддерживался редактором *Word* стандартной конфигурации.

Цифровой материал принято помещать в таблицы. Таблицы должны быть расположены непосредственно после абзацев, содержащих ссылку на них, а если места недостаточно, то в начале следующей страницы. Все таблицы нумеруются в пределах раздела арабскими цифрами. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера, разделенного точкой (пример: таблица 3.3). Допускается сквозная нумерация таблиц.

Таблицы снабжают тематическими заголовками, которые располагаются посередине страницы и пишут прописным шрифтом без точки на конце. Заголовок и слова таблица начинают писать с прописной буквы.

Если в таблице встречается повторяющийся текст, то при первом же повторении допускается писать слово «то же». Если цифровые или текстовые данные не приводятся в какой-либо строке таблицы, то на ней ставят прочерк (–). Цифры в графах таблиц располагают так, чтобы они следовали одни под другими.

Пример.

Таблица 1

Плотность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2021 г. – числитель, в 2022 г. – знаменатель, г/см^3

Глубина, см	Вариант опыта		
	«отвальная» обработка почвы	«мелкая безотвальная» обработка почвы	«без механической» обработки почвы
0-10	0,92 0,93	0,92 0,94	0,98 0,99
10-20	0,97 1,01	1,24 1,26	1,25 1,25
20-30	1,25 1,26	1,24 1,26	1,24 1,25
0-30	1,05 1,07	1,13 1,16	1,16 1,17

Таблицы, имеющие количество строк больше, чем может поместиться на странице, переносятся на другую (другие) страницу, при этом в таблицу вводится дополнительная служебная строка с нумерацией граф, начиная с первой. На каждой следующей странице вместо шапки таблицы печатается строка с нумерацией граф, а перед ней в правом верхнем углу делается

указание *Продолжение таблицы* или *Окончание таблицы (*если она заканчивается).

Единственная таблица не нумеруется.

Заголовки столбцов и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки столбцов – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков столбцов и строк точки не ставят.

Разделять заголовки и подзаголовки боковых столбцов диагональными линиями не допускается. Заголовки столбцов, как правило, записывают параллельно строкам таблицы, но при необходимости допускается их перпендикулярное расположение.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Но заголовок столбцов и строк таблицы должны быть отделены линией от остальной части таблицы.

Таблицы с данными урожайности должны сопровождаться статистическими показателями ($НСР_{05}$, коэффициент корреляции и т. п.).

Графическая часть выполняется на одной стороне белой чертежной бумаги в соответствии с требованиями ГОСТ 2.301-68. В обоснованных случаях для отдельных листов допускается применение других форматов.

Требования к оформлению графической части изложены в стандартах ЕСКД: ГОСТ 2.302-68* «Масштабы»; ГОСТ 2.303-68* «Линии»; ГОСТ 2.304-81* «Шрифты», ГОСТ 2.305-68** «Изображения – виды, разрезы, сечения» и т. д. Основная надпись на чертежах выполняется по ГОСТ 2.104-68*. Оформления основной надписи графической части выполняется в соответствии с ГОСТ Р 21.1101-2013 СПДС.

Чертежи ВКР выполняются в карандаше, туши или с применением ПК. Чертежи должны быть оформлены в полном соответствии с государственными стандартами: «Единой системы конструкторской документации» (ЕСКД); «Системы проектной документации для строительства» (СПДС (ГОСТ 21)) и других нормативных документов. На каждом листе тонкими линиями отмечается внешняя рамка по размеру формата листа, причем вдоль короткой стороны слева оставляется поле шириной 25 мм для подшивки листа. В правом нижнем углу располагается основная подпись установленной формы.

Список литературы и источников должен включать изученную и использованную при написании ВКР литературу.

Список использованной литературы и источников является обязательным элементом. Каждый документ, включенный в список, должен быть описан в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003. СИБИД.

Библиографические записи. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления; ГОСТ 7.80-2000 СИБИД. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления. ГОСТ Р 7.0.5-2008 СИБИД. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления, ГОСТ Р 7.0.12-2011 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке, ГОСТ 7.11-2004 (ИСО 832:1994) СИБИД. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на иностранных европейских языках.

Список использованной литературы и источников помещается на отдельном нумерованном листе (листах), источники записываются и нумеруются в алфавитном порядке. Они должны иметь последовательные номера, отделяемые от текста точкой и пробелом.

Сведения о книгах (монографии, учебники, справочники и т. п.) должны включать: фамилию и инициалы автора (авторов), название книги, город, издательство, год издания, количество страниц (прил. 13).

При наличии трех и более авторов допускается указывать фамилию и инициалы только первого из них и слова «и др.». Наименование места издания необходимо приводить полностью в именительном падеже, допускается сокращение названия только двух городов – Москва (М) и Санкт-Петербург (СПб).

Сведения о статье из периодического издания должны включать: фамилию и инициалы автора, заглавие статьи, наименование издания (журнала), наименование серии, год выпуска, том, номер издания (журнала), страницы, на которых помещена статья.

Сведения об отчете по НИР должны включать: заглавие отчета (после заглавия в скобках приводят слово «отчет»), его шифр, инвентарный номер, наименование организации, выпустившей отчет, фамилию и инициалы руководителя НИР, город и год выпуска, количество страниц отчета.

Сведения о стандарте должны включать: обозначение и наименование стандарта

Библиографическая ссылка – это совокупность библиографических сведений о цитируемом, рассматриваемом или упоминаемом документе, необходимых для его идентификации и поиска; указание источника заимствования в соответствии с правилами библиографического описания.

Ссылки на литературные источники приводятся в тексте. При ссылке на литературные источники указывается порядковый номер источника по списку. Номер источников указывается в квадратных скобках.

Если возникает необходимость сослаться на мнение, разделяемое рядом авторов, либо аргументируемое в нескольких работах одного и того же

автора, то следует отметить все порядковые номера источников, которые разделяются точкой с запятой, например: исследованиями ряда авторов [25; 38; 51] установлено, что…

Приложения оформляют как продолжение ВКР на последующих его страницах или в виде отдельной части (папки), располагая их в порядке ссылок в тексте.

Каждое приложение должно располагаться с новой страницы с указанием слова «Приложение» и иметь содержательный заголовок. Если приложение занимает более одной страницы, то вверху второй и далее страниц указывается *Продолжение приложения* или *Окончание приложения*.

Если в работе больше одного приложения их нумеруют последовательно.

Пример.

Приложение 1, Приложение 2 и т.д.

На все приложения дают ссылки в основном тексте работы.

Рекомендуемая литература

1. Васин, В. Г. Растениеводство : учебное пособие / В. Г. Васин, А. В. Васин, Н. Н. Ельчанинова – Самара : РИЦ СГСХА, 2009. – 528 с.

2. Жичкина, Л. Н. Экономика отраслей растениеводства : учебное пособие / Л. Н. Жичкина, К. А. Жичкин. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2018. – 149 с.

3. Казаков, Г. И. Системы земледелия и агротехнологии возделывания полевых культур в Среднем Поволжье : монография / Г.И. Казаков, В. А. Милюткин. – Самара: РИЦ СГСХА, 2010. – 261 с.

4. Казаков, Г. И. Экологизация и энергосбережение в земледелии Среднего Поволжья : монография / Г. И. Казаков, В. А. Милюткин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – 245 с.

5. Кирюшин, В. И. Агротехнологии : учебник / В. И Кирюшин, С. В. Кирюшин. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 464 с.

6. Кирюшин, В. И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов : учебник. – СПб. : ООО «Квадро», 2021. – 576 с.

7. Корчагин В. А. Севообороты в земледелии Среднего Поволжья : учебное пособие / В. А. Корчагин, С. Н. Зудилин, С. Н. Шевченко. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 130 с.

8. Корчагин, В. А. Инновационные технологии возделывания полевых культур в АПК Самарской области : учебное пособие / В. А. Корчагин, С. Н. Шевченко, С. Н. Зудилин, О. И. Горянин. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 192 с.

9. Милюткин, В. А. Повышение продуктивности сельхозугодий внутрипочвенным внесением удобрений при точном (координатном) земледелии : монография / В. А. Милюткин, Г. И. Казаков, А. П. Цирулев [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2013. – 269 с.

10. Положение о выпускной квалификационной работе обучающихся по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры : СМК 04-46-2023. – 17 с.

11. Положение о порядке проведения государственной итоговой аттестации по программам бакалавриата, специалитета и магиструтуры : СМК-04-89-2023. – 22 с.

12. Положение о проверке на заимствование и контроля самостоятельности выполнения выпускных квалификационных работ : СМК 04-59-2023. – 7 с.

13. Рабочев, Г. И. Биоэнергетическая оценка технологических процессов в растениеводстве : учебное пособие / Г. И. Рабочев, В. Г. Кутилкин, А. Л. Рабочев. – Самара: РИЦ СГСХА, 2006.– 112 с.

Приложения

Приложение 1

Примерная тематика выпускных квалификационных работ
(магистерских диссертаций)
по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия,
профиль – Агроэкологическая оценка земель
и проектирование агроландшафтов

1. Влияние предшественников и подкормок азотными удобрениями на урожайность яровой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья.
2. Влияние приемов основной обработки почвы на урожайность озимой пшеницы в Самарской области.
3. Влияние предшественников и регуляторов роста на продуктивность сои в лесостепи Среднего Поволжья.
4. Влияние видов паров и основной обработки почвы на продуктивность озимой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья.
5. Влияние приемов основной обработки почвы на урожайность и качество зерна яровой твердой пшеницы.
6. Влияние приемов основной обработки почвы на водно-физические свойства и урожайность сои.
7. Влияние предшественников на продуктивность зернобобовых культур в севообороте.
8. Влияние приемов основной обработки почвы на численность сорных растений в севообороте.
9. Влияние предшественников и приемов основной обработки почвы на продуктивность кукурузы.
10. Влияние сроков сева и гербицидов на засоренность посевов и урожайность ячменя.
11. Влияние органических удобрений на агрофизические показатели и продуктивность озимой пшеницы.
12. Агроэкологическая оценка основной обработки почвы при возделывании зерновых культур.
13. Организация, устройство и эффективность севооборотов.
14. Проектирование севооборотов на агроэкологической основе.
15. Оптимизация технологий возделывания зерновых, технических, плодовых, овощных и ягодных культур на агроэкологической основе.

Приложение 2

Форма заявления выпускника

Заведующему кафедрой

_____

(наименование /факультета / кафедры)

от обучающегося

_____

(Фамилия Имя Отчество)

курса, группы _____

_____ формы обучения

(очной, заочной)

по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия,
профиль – Агроэкологическая оценка земель
и проектирование агроландшафтов

Заявление

Прошу разрешить мне подготовку выпускной квалификационной работы / магистерской диссертации по теме _____

_____ «____» _____20__ г.

(подпись обучающегося)

Руководитель _____

(подпись)

Приложение 3

Форма заявки организации

Ректору Университета,
(Декану факультета/
Директору института)

Заявка

_____
(наименование организации, учреждения, предприятия)
предлагает для подготовки выпускной квалификационной работы обучающегося (магистерской диссертации), _____
_____
(наименование факультета, института)
обучающегося по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия следующее направление исследований (тема ВКР) _____
_____

Руководитель организации _____/_____/
(подпись) (расшифровка подписи)
МП

Ответственный
исполнитель:

_____
(Ф.И.О., должность)
тел/факс:_____

Приложение 4

Форма заявления выпускника с предложением темы ВКР

Заведующему кафедрой
(наименование факультета/кафедры)
от обучающегося
_____
(Фамилия Имя Отчество)
курса, группы _____
_____ формы обучения
(очной, заочной)
по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия,
профиль – Агроэкологическая оценка земель
и проектирование агроландшафтов

Заявление

Прошу утвердить тему моей выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации) _____
_____

Данная тема является актуальной и выполняется в рамках задания _____
_____
(описывается обоснование темы)
тема соответствует профилю направления подготовки 35.04.04 Агрономия.

_____
(подпись обучающегося)

Руководитель _____

Зав. кафедрой _____
_____ / _____ /
(подпись) *(расшифровка подписи)*

Приложение 5

Образец формы задания с план-графиком выполнения ВКР

Министерство сельского хозяйства РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Факультет	Агрономический
Кафедра	Агрохимия, почвоведение и агроэкология
Направление	35.04.04 Агрономия
Профиль	Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов

Утверждаю
Зав. кафедрой
«_____» _____20__ г.

ЗАДАНИЕ

на ВКР обучающемуся _____
1. Тема ВКР _____

Утверждена приказом по университету от «_____» _____20__ г. № ___

Срок сдачи обучающимся законченной работы _____

2. Исходные данные к работе_____

3. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) _____

4. Перечень графического материала:_____

_____

_____

5. Консультации с указанием к ним разделов:

Раздел	Консультант, Ф.И.О	Подпись, дата

Дата выдачи задания _____

Руководитель _____ Принял к исполнению _____

6. Календарный план-график выполнения ВКР:

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения этапов	Примечание
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Обучающийся _____

Руководитель _____

Приложение 6

Образец отзыва

Министерство сельского хозяйства РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Факультет	Агрономический
Кафедра	Землеустройство, почвоведение и агрохимия
Направление	35.04.04 Агрономия
Профиль	Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов

ОТЗЫВ
руководителя выпускной квалификационной работы
обучающегося _____, выполненный на тему:
(Ф.И.О. обучающегося)

1. Актуальность работы: _____
_____

2. Научно-техническая новизна: _____
_____

3. Оценка содержания: _____
_____

4. Положительные стороны: _____
_____

5. Рекомендации по внедрению ВКР: _____
_____

6. Оценка работы: _____
_____

7. Дополнительная информация для ГЭК: _____
_____

Заключение:
ВКР обучающегося _____
(Ф.И.О. обучающегося)
соответствует требованиям ФГОС ВО к профессиональной подготовке обучающегося по данному направлению и может быть допущена к защите.

Руководитель_____ «____»_____20__ г.
(подпись)

Приложение 7

Форма заявления о самостоятельности выполнения письменной работы

Заведующему кафедрой
(наименование факультета/кафедры)
от обучающегося

_____
(Фамилия Имя Отчество)
курса, группы _____
_____ формы обучения
(очной, заочной)
по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия,
профиль – Агроэкологическая оценка земель
и проектирование агроландшафтов

Я заявляю, что в моей выпускной квалификационной работе на тему «_____», *(название работы)* представленной в Государственную экзаменационную комиссию для публичной защиты, не содержится элементов плагиата. Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее письменных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

Я ознакомлен(а) с действующим в Университете положением (Положение о проверке на заимствования и контроля самостоятельности выполнения выпускных квалификационных работ), согласно которому обнаружение превышающего уровня заимствований является основанием для отказа на право допуска ВКР к защите.

Дата Подпись и расшифровка подписи обучающегося

Приложение 8

Образец рецензии

РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу

обучающегося _____, выполненную на тему:

(Ф.И.О. обучающегося)

Состав ВКР: _____

1. Актуальность, новизна: _____

_____

2. Глубина, полнота и обоснованность решения задач: _____

_____

3. Качество оформления работы: _____

_____

4. Положительные стороны работы: _____

_____

_____

_____

5. Замечания по ВКР:

1. _____
2. _____
3. _____

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рецензируемая работа отвечает предъявляемым требованиям ФГОС ВО, может быть допущена к защите перед ГЭК, заслуживает оценки «_____», а её автор _____

(Ф.И.О. обучающегося)

достоин присвоения квалификации «магистр».

Рецензент

_____ _____/_____/

(ученая степень, звание) *(подпись* *(расшифровка)*

Приложение 9

Образец акта внедрения

АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Данным актом подтверждается, что результаты магистерской диссертации _____
_____
(название)
выполненной _____,
(ФИО)
выпускником по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль – Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» под руководством _____
(ФИО руководителя, ученая степень, ученое звание)
внедрены в _____
(название организации, где производится внедрение)
срок внедрения _____
(год, месяц)
форма внедренных результатов _____
_____
(программы, приборы, системы, технологические процессы и др.)
новизна внедренных результатов _____
_____

Руководитель организации _____/_____/
(подпись) *(расшифровка подписи)*
Ответственный за внедрение _____/_____/
(руководитель отдела) *(подпись)* *(расшифровка подписи)*

МП организации

Приложение 10

Образец титульного листа

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Агрономический факультет

Кафедра «Агрохимия, почвоведение и агроэкология»

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
магистерская диссертация

обучающегося: _____
на тему: _____
_____

Руководитель работы _____
(ученая степень, звание Фамилия И.О.)

Консультанты 1. _____
2. _____
3. _____

К защите допускается

Зав. кафедрой _____

Кинель 20__

Приложение 11

Образец оформления реферата

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 4 глав, 13 таблиц, выводов и предложений, списка использованной литературы и источников состоящего из 47 источников, изложена на 64 страницах машинного текста.

ОСНОВНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ, ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ, СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ, УРОЖАЙНОСТЬ.

Наличие достаточных количеств запасов зерна в объемах, обеспечивающих потребности населения в продовольствии, животноводства в кормах, промышленности в сырье, определяют независимость любого государства.

Среди зерновых культур, возделываемых в Российской Федерации, озимая пшеница является ценной и высокоурожайной. Площади ее возделывания составляют 33% от общей посевной площади.

Обработка почвы выступает важной составляющей технологии возделывания культуры и оказывает влияние на плотность, пористость и структурное состояние почвы, ее физико-механические, водно-физические и биологические свойства почвы.

Агроэкологическая оценка основной обработки почвы под озимую пшеницу включает оценку соответствия свойств почвы биологическим требованиям культуры.

В данной выпускной квалификационной работе проведена агроэкологическая оценка систем основной обработки почвы при возделывании озимой мягкой пшеницы сорта Светоч в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Приложение 12

Образец оформления оглавления

Оглавление

Введение	5
1. Обзор литературы	7
1.1 Народнохозяйственное значение культуры, посевные площади и урожайность в стране, зоне, области, хозяйстве	7
1.2 Биологические особенности культуры	10
1.3 Технология возделывания культуры	15
1.4 Обзор литературы по изучаемому вопросу	17
2. Условия и методика исследований	20
2.1 Почвенно-климатические условия Самарской области, зоны и места проведения исследований	20
2.2 Методика исследований	23
2.3 Агротехника в опытах	25
3 Результаты исследований	27
3.1 Полнота всходов и сохранность растений	27
3.2 Фенологические наблюдения и продолжительность межфазных периодов	33
3.3 Влияние изучаемых агроприемов на динамику роста растений, прирост сухого вещества, увеличение листовой поверхности и чистой продуктивности фотосинтеза	45
3.4 Урожай и его структура	50
3.5 Качественный анализ урожая	59
4. Экономическая эффективность изучаемых приемов	61
5. Эколого-экономическая эффективность изучаемых приемов	63
Выводы и предложения	65
Список использованной литературы и источников	66
Приложения	72

Приложение 13

Образец оформления использованной литературы и источников

Книга (1 автор)

Кирюшин, В. И. Классификация почв и агроэкологическая типология земель : учебное пособие / В. И. Кирюшин. – СПб. : Лань, 2021. – 284 с.

Книга (до 4 авторов)

Нечаев, В. И. Экономика предприятий АПК : учебное пособие / В. И. Нечаев, П. Ф. Парамонов, И. Е. Халявка. – СПб. : Лань», 2022. – 464 с.

Книга (4 автора)

Коновалов Ю. Б. Общая селекция растений / Ю. Б. Коновалов, В. В. Пыльнев, Т. И. Хупацария, В. С Рубец. – СПб. : Лань, 2018. – 496 с.

Книга (более 4 авторов)

Степанова, Л. П. Организация и особенности проектирования экологически безопасных агроландшафтов / Л. П. Степанова, Е. В. Яковлева, Е. А. Коренькова [и др.]. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 268 с.

Статья в журнале (1 автор)

Чурсин А. И. Агроэкологическая оценка земель сельскохозяйственного назначения Пензенской области в комплексе ландшафтно-экологических мероприятий / А. И. Чурсин // Образование и наука в современном мире. Инновации – 2017. – №5(12). – С. 67-74.

Статья в журнале (до 4 авторов)

Шабалкин, А. В. Влияние обработки почвы в комплексе с применением удобрений и гербицидов на урожайность, качество семян сои и экономическую эффективность / А. В. Шабалкин, В. А. Воронцов, Ю. П. Скорочкин // Масличные культуры. – 2019. – № 1 (177). – С. 55-59.

Статья в журнале (4 автора)

Дубовик, Д. В. Влияние минимализации основной обработки почвы на плодородие чернозема типичного / Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик, А. В. Шумаков, Б. С. Ильин // Агрохимия. – 2021 – № 3. – С. 22-27.

Статья в журнале (более 4 авторов)

Лебедева Т. Н. Действие биологических способов оптимизации плодородия типичного чернозема на качество почвенного органического вещества / Т. Н. Лебедева, Н. П. Масютенко, В. М. Семенов [и др.] // Агрохимия. – 2018. – №6. – С. 12-21.

Статья в сборнике трудов (1 автор)

Горянин, О. И. Влияние способов основной обработки чернозема обыкновенного на урожайность яровой пшеницы в Среднем Заволжье / О. И. Горянин // Биологическая интенсификация систем земледелия: опыт и перспективы освоения в современных условиях развития: матер. Всерос. Науч.-практ. конф. – 2016. – С. 3-10.

Статья в сборнике трудов (до 4 авторов)

Писарева А. В. Техногеохимические аномалии в урбаноземах в результате антропогенных воздействий / А. В. Писарева, Л. П. Степанова, Е. В. Яковлева // XII Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии»: сб. стат. Межд. науч. конф. – Владимир-Суздаль, 2016. – С. 323-327.

Статья в сборнике трудов (4 автора)

Маркелова, Т. С. Фитопатогенный комплекс пшеницы в Нижнем Поволжье в условиях биотических и климатических стрессов / Т. С. Маркелова, О. В. Иванова, Е. А. Нарышкина, Э. А. Баукенова // Вавиловские чтения 2013 : сб. стат. Межд. Конф. – Саратов, 2013. – С. 164-165.

Статья в сборнике трудов (более 4 авторов)

Аленькина, С. А. Оценка индуктивного воздействия различных по антигенным свойствам лектинов азоспирилл на сигнальные системы корней проростков пшеницы / С. А. Аленькина, Л. П. Петрова, К. А. Трутнева [и др.] // Вавиловские чтения 2013 : сб. стат. Межд. Конф. – Саратов, 2013. – С. 143-144.

Официальные документы

Конституция Российской Федерации : принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года. – М. : Эксмо, 2013 . – 63 с.

Стандарты

ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – М. : Изд-во стандартов, 1993.– 8 с.

Электронные ресурсы

Официальный сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://msh-samara.ru/. – Загл. с экрана.

Оглавление

Предисловие…… 3
1. Общие положения…….. 4
2. Общие требования…….. 7
2.1 Тематика выпускных квалификационных работ (магистерских диссертаций) и порядок их утверждения……. 7
2.2 Требования к выпускной квалификационной работе (магистерской диссертации) и порядок представления ее к защите….. 10
2.3 Порядок защиты выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации) и критерии выставления оценок…… 13
3. Структура и объем выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации)…….. 17
4. Требования к оформлению выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации)……..... 23
Рекомендуемая литература..…….... 32
Приложения..…… 33

Учебное издание

Жичкина Людмила Николаевна

ПОДГОТОВКА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ
Методические указания

Подписано в печать 24.01.2024. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 2,9; печ. л.3,06. Тираж 50. Заказ № 9.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Н. П. Бакаева

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ В ХЕЛАТНОЙ ФОРМЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

Монография

Кинель 2024

УДК 633.1:631.8
ББК 42.112:40.45
Б19

Рекомендовано научно-техническим советом Самарского ГАУ

Рецензенты:

В. В. Иванищев, д-р биол. наук, профессор кафедры биологии и технологий живых систем ТГПТУ им. Л. Н. Толстого;

О. А. Захарова, д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии общественного питания и переработки сельскохозяйственной продукции РГАУ имени П. А. Костычева;

Н. М. Троц, д-р с.-х. наук, профессор, декан агрономического факультета Самарского ГАУ.

Бакаева, Н. П.

Б19 Эффективность применения микроудобрений в хелатной форме при возделывании пшеницы в лесостепи Поволжья : монография / Н. П. Бакаева. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 243 с.
ISBN 978-5-88575-769-0

В монографии представлены результаты многолетних научных исследований применеия микроудобрений в хелатной форме, азотных минеральных удобрений, способов обработки почвы на структуру урожая, урожайность и качественные показатели зерна озимой и яровой пшеницы.

Предназначено для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, агрономов и других специалистов АПК, а также для студентов аграрных вузов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия, селекция и семеноводство», возможно применение материалов издания и для других направлений и специальностей.

УДК 633.1:631.8
ББК 42.112:40.45

ISBN 978-5-88575-769-0

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2024
© Бакаева Н. П., 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 6

Глава 1. Микроэлементы и минеральное питание озимой и яровой пшеницы

1.1. Особенности питания и развития озимой и яровой пшеницы, требования к агротехнике возделывания ... 10
1.2. Общая характеристика макро- и микроэлементных удобрений и их влияние на растения пшеницы 28
1.3. Характеристика микроудобрений в хелатной форме, содержащие элементы Cu, B, Mo и Zn и их влияние на растения пшеницы 37
1.4. Применение микроэлементов в хелатной форме при возделывании сельскохозяйственных культур 42
1.5. Биохимические показатели качества зерна пшеницы в зависимости от применяемых удобрений 53

Глава 2. Условия, материалы и методы исследований

2.1. Почвенно-климатические условия в годы проведения исследований 64
2.2. Объекты и методы исследования 80
2.3. Характеристика сортов 89

Глава 3. Содержание нитратного азота и изменение физических свойств почвы на фоне применения удобрений

3.1. Содержание нитратного азота в почве 98
3.2. Влажность и плотность сложения почвы 100

Глава 4. Урожайность озимой пшеницы на фоне применения предпосевной обработки семян хелатнымимикроудобрениями и подкормки азотными удобрениями

4.1. Фенологические наблюдения за посевами озимой пшеницы 105

4.2 Аттрагирующая способность колоса озимой пшеницы... 108
4.3. Физико-химические показатели качества зерна озимой пшеницы 111
4.4. Урожайность озимой пшеницы и ее структура 118
4.5. Содержание азота в зерне и его вынос с урожаем 124

Глава 5. Содержание белка и активность протеолитических ферментов в зерне озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян хелатными микроудобрениями и подкормки азотными удобрениями

5.1. Содержание белка в листьях озимой пшеницы по фазам развития 129
5.2. Изменение общего содержание белка в зерне в процессе созревания 131
5.3. Фракционный состав белка в стадии полной спелости зерна 134
5.4. Суммарное содержание белка в зерне озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки зерна препаратом Стимулайф 140
5.5. Активность протеолитических ферментов в зерне озимой пшеницы 142

Глава 6. Содержание крахмала и активность амилолитических ферментов в зерне озимой пшеницы в зависимости от применяемых удобрений

6.1. Количественное содержание моно-, дисахаридов и редуцирующих сахаров в зерне озимой пшеницы..... 148
6.2. Содержание крахмала в зерне озимой пшеницы..... 151
6.3. Активность амилолитических ферментов в зерне озимой пшеницы 154
6.4 Азотно-углеводное соотношение на фоне применяемых удобрений 162
6.5. Корреляционный анализ урожайности с изученными показателями 164

Глава 7. Влияние микроудобрений в хелатной форме на урожайность яровой пшеницы

7.1. Урожайность пшеницы яровой при применении цинковых и медных хелатных форм удобрений 171
7.2. Предпосевная оработка семян яровой пшеницы сорта Тулайковская 10 органо-минеральными препаратами Стимулайф и Зеленит 175

Глава 8. Распределение показателей качества зерна сортов яровой пшеницы

8.1. Влияние крупности зерна на распределение показателей качества зерна сортов яровой пшеницы 178
8.2. Урожайность и оценка качественных показателей зерна яровой пшеницы в агротехнологии 180
8.3. Качественные показатели белково-углеводного комплекса зерна яровых зерновых культур при биологизации земледелия 183
8.4. Эффективные технологии возделывания яровой пшеницы в условиях среднего Поволжья 185
8.5. Эффективность азотных удобрений по окупаемости прибавкой урожая в агротехнологии возделывания яровой пшеницы 188
8.6. Влияние количественных признаков продукционного процесса на урожайность зерна яровой пшеницы 191

Глава 9. Экономическая, эколого-экономическая и энергетическая оценка возделывания пшеницы в зависимости применяемых удобрений

9.1. Экономическая, эколого-экономическая оценка возделывания озимой пшеницы 201
9.2. Энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы 205
Заключение 208
Литература 214
Алфавитно-предметный указатель 241

ВВЕДЕНИЕ

Важным условием устойчивого развития агропромышленного комплекса страны выступает сохранение, воспроизводство и рациональное использование сельскохозяйственных земель. Воспроизводство плодородия и получение высоких урожаев зерна невозможно без применения удобрений (Носатовский, 1965; Коданев, 1970; Павлов, 1974; Дубовик и др., 2012; Зверева и др., 2013).

Применение удобрений – фактор, легкоуправляемый человеком и оказывающий сильное влияние на баланс питательных элементов в системе почва-удобрение-растение. Удобрения обеспечивают оптимальное питание растений, позволяя реализовывать потенциальную продуктивность сельскохозяйственных культур по количеству и качеству урожая (Минеев, 1981; Бугаевский, 2005; Гайсин, 2010, 2014; Костин, 2012; Сорока, 2012; Лебедовский, 2012; Исайчев, 2012, 2013; Мельник, 2012, 2014; Железова, 2014).

Формирование высокого урожая и накопления в нем белка и крахмала является конечным результатом ряда сложных физиолого-биохимических процессов, вследствие которых складываются биохимические показатели качества зерна. Направленность этих процессов, прежде всего, определяется генетическими особенностями сорта, на интенсивность проявления которых большое влияние оказывают погодные условия и технология выращивания (Созинов, 1976; Гайсин, 2007; Баранова, 2009; Титков, 2009; Халгаева, 2011). Регулирование урожайности и биохимических показателей качества растительной продукции возможно за счет применения разработанной для конкретных условий системы удобрения, включающей в себя как классические NPK-удобрения, так и новые, содержащие основные макро- и микроэлементы в легкодоступной для растений форме (Каталымов, 1960; Deverall, 1977; Кабата-Пендиас, 1989; Панасин, 2000; Кузьминых, 2010; Исайчев, 2012; Сорока, 2012; Шеуджен, 2014; Pigorev, 2014). Разработка системы агротехнических приемов возделывания озимой и яровой пшеницы предполагает не только получение высоких урожаев с требуемыми показателями качества зерна и минимальными затратами, но также оптимизацию внесения минеральных удобрений, за счет предпосевной обработки семян. В связи с чем, исследование эффективности предпосевной обработки семян микроудобрениями в хелатной форме, содержащими элементы Cu, B, Mo и Zn, а также подкормки

азотными удобрениями при возделывании озимой и яровой пшеницы на свойства почвы, урожайность, биохимические показатели качества зерна озимой пшеницы белка, крахмала, протео- и амилолитических ферментов является актуальным.

По аналитическим данным положительное действие микроэлементных удобрений в хелатной форме на растения отмечают многие авторы (Генкель, 1971; Боженко, 1976; Гулянов, 2006; Бобренко и др., 2012), а также доказана эффективность азотных удобрений в повышении урожайности и качества зерна пшеницы, действие которых тесно связано с погодными условиями, сортовыми особенностями, плодородием почвы, агротехническими приемами (Мосолов, 1968; Коданев, 1970; Панников, Минеев, 1987; Жемела и др., 1988; Зотиков и др., 2007; Кучеров, 2007; Зеленский, Текиева, 2012; Мельник, Мартынов, 2012; Никитин, 2014).

В настоящее время применение микроудобрений в хелатной форме, содержащих элементы Cu, B, Mo и Zn для предпосевной обработки семян, а также их сочетание с азотными удобрениями при различных климатических условиях и приемах агротехники на посевах озимой и яровой пшеницы изучено недостаточно.

Цель исследований. Изучить эффективность системы удобрения при возделывании озимой и яровой пшеницы на свойства почвы, урожайность и качество зерна.

Задачи исследования:

1. оценить влияние применяемых микроэлементных удобрений в хелатной форме, азотных удобрений, и их сочетания на свойства почвы;

2. изучить эффективность изучаемых удобрений на урожайность, структуру урожая, аттрагирующую способность колоса, физико-химические показатели качества зерна;

3. определить содержание азота в зерне и его вынос с урожаем;

4. определить действие удобрений на содержание белка, его фракций и активность протеолитических ферментов в зерне пшеницы;

5. установить влияние удобрений на содержание моно-, дисахаридов и редуцирующих сахаров, крахмала и активность амилолитических ферментов в зерне пшеницы;

6. дать экономическую, эколого-экономическую и энергетическую эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от применяемых удобрений; рассчитать эффективность затрат энергии на формирование белка в зерне озимой пшеницы;

7. на основании полученных экспериментальных данных представить схему, выявляющую получение максимально возможное количество урожая, белка и крахмала в зерне озимой пшеницы в зависимости от применяемых удобрений.

Впервые в условиях Среднего Поволжья проведены комплексные исследования по изучению эффективности применения предпосевной обработки семян микроэлементных удобрений в хелатной форме, как отдельно, так и в сочетании с подкормкой азотными удобрениями в технологии возделывания озимой и яровой пшеницы.

В результате исследований установлено, что применение предпосевной обработки семян микроэлементными удобрениями в хелатной форме в сочетании с подкормкой азотными удобрениями положительно влияли на растения озимой и яровой пшеницы с начала вегетации, а также на динамику азота в почве, что способствовало увеличению урожайности, количества белка и его фракций, протеолитических ферментов зерна.

Показано высокое содержание крахмала и сахаров, а также амилолитических ферментов, в зависимости от применения удобрений.

Выявлены варианты опыта максимально возможного получения урожая, содержания белка и крахмала.

Экономически и энергетически обоснована эффективность применения изучаемых удобрений в технологии возделывания озимой пшеницы.

Результаты проведенных нами экспериментальных исследований могут быть использованы при решении ряда теоретических и практических задач агрохимии по применению систем удобрений и приемов агротехники с целью получения высокопродуктивных урожаев высококачественного зерна.

Результаты многолетних исследований выявили положительные изменения содержания азота в почве, урожайности и биохимических показателей качества белка, его фракционного состава и активности протеолитических ферментов, крахмала, сахаров и активности амилолитических ферментов зерна озимой и яровой пшеницы в зависимости от применяемых удобрений.

Представленные результаты фенологических наблюдений на протяжении вегетации, показывали за счет каких удобрений (или их сочетания) изменялась урожайность и биохимические показатели качества зерна, а также за счет чего происходило увеличение или снижение значений на конкретном этапе развития растения.

Многолетние исследования по выявлению эффективности предпосевной обработки семян микроэлементными удобрениями в хелатной форме и подкормки различными азотными удобрениями на динамику азота в почве, урожайность и биохимические показатели качества зерна озимой пшеницы в среднем Поволжье позволят, при меняющихся почвенно-климатических условиях, получать высокие урожаи зерна с повышенным содержание белка и крахмала.

На основании полученных нами экспериментальных данных предложены схемы получения максимально возможного урожая, содержания белка и крахмала в зависимости от применяемых удобрений.

Исследования проводились с использованием полевых методов с 2010-2019 гг. и современных лабораторных методик агрохимического анализа почв, растений и зерна. Проводились определения нитратного и аммонийного азота почвы, урожайности и структуры урожая, биохимических показателей качества зерна пшеницы (Плешков, 1976; Беркутова, 1978; Бакаева, Коржавина, 2015).

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (2011) для двухфакторного опыта с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007.

Глава 1. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ПШЕНИЦЫ

1.1. Особенности питания и развития озимой и яровой пшеницы, требования к агротехнике возделывания

Урожайность озимой и яровой пшеницы и качество зерна в значительной мере зависят от обеспеченности растений элементами минерального питания на протяжении всей вегетации. Согласно Пруцкову Ф. М. (1976) при соблюдении правил агротехники пшеница может давать высокие и устойчивые урожаи в разных почвенно-климатических зонах нашей страны.

Потребление пшеницей питательных веществ зависит от наличия их в почве, условий выращивания, возраста и развитости растений, сортовых особенностей, приемов возделывания и других факторов (Губанов Я.В., 1988; Исайчев В.А., 2013; Железова С.В., 2014; Жданов В.М., 2015; Fitzpatrick, B., 2012)

Озимая пшеница может произрастать на разных по окультуренности почвах, однако хорошо окупаемые урожаи возможны лишь на плодородных почвах. Благодаря развитой корневой системе она в степных районах продуктивно использует весеннюю влагу и успевает сформировать хорошо развитое растение до наступления летней засухи. Более продолжительный период вегетации озимой пшеницы, по сравнению с яровой, позволяет ей лучше используют элементы питания из почвы, минеральных и органических удобрений.

Озимая пшеница очень требовательна к плодородию почв, она не переносит высокой кислотности. Оптимальное значение pH_{KCl} 6-7. Азот и калий пшеница усваивает до цветения, а фосфор – до молочной спелости зерна, а в условиях повышенной влажности до молочно-восковой спелости. Основное количество азота, фосфора и калия пшеница потребляет до колошения.

Лучшими для ее возделывания в Нечерноземной зоне являются хорошо окультуренные легко- и среднесуглинистые почвы с нейтральной реакцией среды, в степных районах – средне- и тяжелосуглинистые почвы. Менее пригодны для возделывания озимой пшеницы песчаные почвы, которые из-за низкой влагоемкости не в состоянии обеспечить растения влагой в засушливые периоды.

В зависимости от условий произрастания озимая пшеница на формирование 10 ц зерна и соответствующего количества побочной продукции использует 25-30 кг N, 10-14 P_2O_5 и 20-25 кг K_2O.

Кущение озимой пшеницы протекает осенью и продолжается весной после возобновления вегетации. Ключевыми периодами в жизни и питании озимой пшеницы является осеннее кущение до ухода в зиму и ранневесеннее возобновление вегетации. Осенью она нуждается в усиленном фосфорном и калийном и умеренном азотном питании.

Фосфор в этот период стимулирует развитие корневой системы и повышает устойчивость к неблагоприятным условиям. При достаточной обеспеченности растений фосфором и калием в осенний период они хорошо развиваются и накапливают больше сахаров, что способствует лучшей их перезимовке. Внесение до посева 25-35 т/га органических удобрений значительно повышает зимостойкость растений и интенсивность отрастания в ранневесенний период.

Динамика потребления элементов питания пшеницей довольно тесно коррелирует с ростом фитомассы. В период осенней вегетации озимая пшеница потребляет относительно небольшое количество элементов питания (20-25 кг/га N, 6-8 P_2O_5 и 15-20 кг/га K_2O) однако в молодом возрасте она очень чувствительна к их недостатку. Наиболее интенсивно озимая пшеница потребляет элементы питания в период от фазы весеннего кущения до колошения, в период быстрого нарастания вегетативной массы. Кроме того, оптимальная обеспеченность растений азотом в этот период способствует формированию высокобелкового зерна.

Озимая пшеница, отличающаяся от яровых зерновых длительным периодом вегетации (280-320 дней), хорошо отзывается на органические удобрения. Оптимальная доза внесения навоза для Нечерноземной зоны 30-35 т/га, степных районах – 20-25 т/га.

Действие минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы обусловливается многими факторами, среди которых определяющее значение имеют уровень плодородия почвы, удобренность предшественника, сроки и способы внесения удобрений. С повышением плодородия почвы значительно уменьшается зависимость продуктивности пшеницы от неблагоприятных погодных условий. В Нечерноземной зоне на хорошо окультуренных почвах урожайность озимой пшеницы без удобрений составляет примерно 25-30 ц/га, и для получения урожая 40-45 ц/га требуются гораздо меньше удобрений, чем на почвах с низким плодородием.

Удобрение азотом. Необходимость допосевного (осеннего) внесения азотных удобрений зависит от содержания минерального

азота в пахотном слое почвы перед посевом, предшественника и гумусированности почвы. Поскольку до прекращения осенней вегетации (ухода в зиму) озимая пшеница потребляет около 20-25 кг/га азота, то для удовлетворения потребности растений в азоте, с учетом коэффициента использования минерального азота почвы (40-50%), требуется, чтобы содержание минерального азота в корнеобитаемом слое (0-35 см) было не менее 40-45 кг/га. Таким количеством азота, с учетом текущей минерализации азотсодержащих органических веществ почвы, растения, как правило, обеспечены после бобовых предшественников, при внесении органических удобрений и при высоком содержании гумуса в почве. Осенью азотные удобрения в дозе 25-35 кг/га следует вносить если озимые высевают после не бобовых предшественников, а также на дерново-подзолистых почвах с содержанием гумуса меньше 2%. На хорошо окультуренных дерново-подзолистых и серых лесных почвах, черноземах и на всех почвах после рано убранных бобовых культур, а также при внесении органических удобрений, под озимые азотные удобрения осенью вносить не следует, поскольку избыточное азотное питание снижает зимостойкость растений. Для рационального применения азота важное значение имеет почвенная диагностика азотного питания, которая позволяет более точно регламентировать дозы азотных удобрений.

Высокие урожаи озимой пшеницы хорошего качества могут быть получены лишь при полном удовлетворении растений элементами минерального питания, и, прежде всего, азотом. В то же время избыток азота в осенний период приводит к плохой перезимовке растений, а усиленное азотное питание в летний период в районах с влажным климатом, а также при дождливой погоде вызывает полегание пшеницы в период налива зерна. Полегание хлебов приводит к истеканию зерна, в результате интенсивного дыхания колоса и низком фотосинтезе, недобору урожая и затрудняет его уборку. Поэтому при возделывании пшеницы большое значение имеет регулирование с помощью удобрений азотного питания с учетом плодородия почвы, предшественника и погодных условий.

Важным условием повышения урожайности пшеницы и эффективности азотных удобрений является дробное их внесение. Первую подкормку озимых проводят ранней весной при возобновлении вегетации растений, как только можно приступить к полевым работам. Дозу азотных удобрений корректируют с учетом состояния посевов.

При плотности стеблестоя ранней весной более 1000 шт/м^2 доза азота не должна превышать 45 кг/га, остальную часть азотных удобрений лучше ввести в фазу выхода в трубку, при густоте стеблестоя 800-1000 шт. на 1 м2 оптимальная доза азота 50-60 кг/га, при разреженном стеблестое (<600 шт/м2) дозу азота можно увеличить на 25-30%.

Лучшим азотным удобрением для ранневесенней подкормки озимых является аммонийная селитра и КАС, так как нитраты быстро проникают в зону активных корней, а адсорбированный на поверхности почвы аммоний постепенно нитрифицируется по мере повышения температуры и тем самым пролонгирует азотное питание растений.

Поскольку величина будущего урожая зерновых культур (число колосков и зерен в колосе) закладывается в начале фазы выхода в трубку, важное значение в этот период имеет полное удовлетворение потребностей растений в азоте. Для оптимизации азотного питания в начале трубкования проводят растительную диагностику, на основании которой определяется необходимость подкормки в этот период. Подкормки в этот период можно проводить твердыми (аммонийной селитрой, мочевиной) или жидкими (10-15% раствором КАС или мочены) азотными удобрениями.

Наибольшее влияние на действие азотных удобрений оказывает плодородие почвы. С повышением почвенного плодородия эффективность азотных удобрений, как правило, снижается. При достаточной влагообеспеченности растений наибольшие прибавки урожая от внесения удобрений наблюдаются на легких почвах с низким содержанием доступных элементов питания. Однако, поскольку большая надземная масса растений на полях удобренных азотом, потребляет много воды и сильно иссушает почву, то эффективность применения удобрений на песчаных и супесчаных почвах без орошения в среднем ниже, чем на суглинистых. Кроме того, при высоких дозах удобрений на легких почвах приходится вносить дробно не только азотные, но и фосфорно-калийные удобрения.

Благодаря дифференцированному применению азотных удобрений почти всегда удается нивелировать влияние предшественников на урожайность озимой пшеницы.

Получение высоких урожаев зерновых (>60 ц/га) в Нечерноземной зоне путем внесения удобрений лимитируется полеганием,

что существенно ограничивает реализацию потенциальных возможностей сорта. Значительно уменьшить полегание зерновых можно путем дробного применения азотных удобрений. Для уменьшения полегания озимой пшеницы при планировании урожаев выше 50 ц/га во многих европейских странах всю дозу азота удобрений распределяют на 2-4 срока: до посева, подкормку ранней весной, дополнительную и позднюю подкормку, при этом, чем выше урожайность, а, следовательно, и доза азота, тем большая часть азота переносится в подкормки. Дозы азота удобрений для допосевного внесения определяются исходя из плодородия почвы ее гранулометрического состава и предшественника. При ранневесенних подкормках, как отмечалось ранее, дозу корректируют с учетом густоты стояния посевов и количества потребляемого азота растениями до очередного срока внесения азота (обычно до середины выхода растении в трубку). Внесение азота до посева и ранней весной служит в основном для повышения урожайности зерновых; азот, вносимый в середине фазы выхода растений в трубку, оказывает влияние на урожайность и содержание белка в пшенице; поздние подкормки в фазу цветения – начала молочной спелости существенно повышают качество (содержание белка) зерна и не оказывают влияния на урожайность.

Большое негативное влияние на продуктивность зерновых оказывает их полегание. Повышение дозы фосфорных и калийных удобрений на фоне высоких доз азота не оказывает существенного влияния на устойчивость пшеницы к полеганию. Полегание зерновых зависит в основном от длины и диаметра стебля (соломины) и массы колоса. Усиление азотного питания растений в районах с влажным климатом почти всегда вызывает удлинение соломины и уменьшение ее диаметра, поскольку значительная часть сахаров используется на синтез белков и меньше расходуется на образование механических тканей в соломине. Более того, обильное азотное питание значительно увеличивает размер листьев, что в свою очередь вызывает недостаток освещения, снижению интенсивности фотосинтеза и образованию непрочных этиолированных стеблей.

Дробное внесение всей дозы азота в 2-3 срока предотвращает избыточное азотное питание и усиленное кущение растений, что способствует формированию более прочной соломины.

В зависимости от содержания минерального азота в почве перед посевом и предшественника оптимальная доза допосевного внесения

азота под озимую пшеницу составляет 20-40 кг/га, а доза ранневесенней подкормки не должна превышать 60 кг/га. На черноземных и каштановых почвах допосевное внесение азотных удобрений после хороших предшественников не оказывает существенного влияния на осеннее развитие озимых, поэтому всю дозу азота (30-60 кг/га) вносят в подкормку ранней весной, а дополнительное, предназначенное для повышения белковости зерна количество азота вносят после цветения путем опрыскивания посевов мочевиной в дозе 30-40 кг/га.

Многолетние бобовые и бобово-злаковые травы с преобладанием бобового компонента оставляют после себя большое количество (80-160 кг/га) органического азота в составе пожнивных и корневых остатков, что позволяет при размещении после них озимой пшеницы значительно (на 30-40 кг/га) уменьшить дозу азотных удобрений.

Для получения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах 45-50 ц/га зерна озимой пшеницы, высеваемой после клевера, необходимо вносить 80-90 кг/га азота удобрений, а после небобовых предшественников – 110-120 кг/га. Высокая эффективность применения азотных удобрений может быть достигнута только при достаточной обеспеченности растений другими элементами питания и первую очередь, фосфором и калием. При низком содержании подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве высокие дозы азота ($N_{120-150}$), внесенные на фоне $P_{60}K_{60}$, не повышали урожайность пшеницы из-за дефицита фосфора, в то время как при более высоком содержании подвижного фосфора в почве (100-150 мг/ кг), внесение $N_{120-150}$ и $P_{60}K_{60}$ обеспечивало прибавки урожая 18,9 и 20,6 ц/га.

По данным И. С. Шатилова и А. Г. Замараева (2005) в зоне достаточного увлажнения и при орошении дробное внесение азота удобрений весной и в середине выхода в трубку при планировании высоких урожаев значительно снижает полегание пшеницы и благодаря хорошему усвоению азота развитой к этому времени корневой системой значительно повышает урожайность и белковость зерна. Повышение урожая от внесения азота в фазу трубкования обусловлено, прежде всего, увеличением числа колосков в колосе, озерненности колоса и веса отдельных зерен, тогда как азот удобрений, внесенный весной, в большей мере увеличивает густоту стояния растений и рост надземных органов. Более ранние азотные дополнительные подкормки (в начале выхода в трубку) значительно увеличивают опасность полегания. Однако дробное внесение азота

под зерновые целесообразно лишь в том случае, когда предусмотрены большие дозы. Так как зерновые для раннего развития обязательно требуют достаточного обеспечения азотом, то дробление небольших доз приводит лишь к снижению урожаев.

При дефиците средств на удобрения в сложившихся в настоящее время экономических условиях, наиболее эффективны ранневесенние азотные подкормки аммонийной селитрой в дозе 20-40 кг/га, поскольку для осеннего азотного питания озимых в почве не содержится минеральных азот.

Большие дозы азотных удобрений (>120 кг/га) в районах с влажным климатом и орошаемых условиях целесообразно вносить в 2-3 приема в следующие сроки: перед севом или ранней весной, в середине трубкования и для повышения качества зерна в фазу колошения-цветения. Более дробное внесение, даже высоких доз азотных удобрений, неэффективно. Поскольку не востребованный растениями минеральный азот удобрений не может длительное время оставаться в почве, а подвергается биологическим и химическим процессам внутрипочвенной трансформации, то значительная его часть теряется в результате денитрификации в газообразной форме и вымывания нитратов. Поэтому сроки внесения и дозы азота должны быть приведены в соответствие с потребностью в нем растений за определенный период вегетации.

Поздние некорневые подкормки азотом лучше проводить с помощью авиации, однако в силу больших затрат на авиаподкормки, экономичнее проводить подкормки наземной техникой. В сухую погоду легкий колесный трактор может двигаться по посевам высотой до 30-35 см без большого ущерба для растений и снижения урожая. Можно также при высеве семян оставлять незасеянными колеи от колес трактора (технологические колеи), которые используются для прохода трактора во всех последующих мероприятиях по уходу, борьбе с сорняками и поздней подкормке азотом.

Наиболее ценным удобрением при некорневых азотных подкормках является мочевина, которая даже при высокой концентрации раствора не вызывает ожоги листьев. Дополнительную позднюю подкормку лучше проводить раствором мочевины (N_{30-40}) в утренние или вечерние часы, пользуясь штанговыми опрыскивателями.

Влияние азотных удобрений на качество зерна. Наряду с повышением урожайности азотные удобрения оказывают большое

влияние на содержание белка в зерне. Низкие и умеренные дозы азота (30-60 кг/га) в зоне достаточного увлажнения не оказывают какого-либо существенного влияния на содержание белка. Азотные удобрения, вносимые ранней весной, в зоне достаточного увлажнения в дозе менее 60 кг/га используется растениями главным образом на повышение урожая. Более высокие дозы азота (80-120 кг/га) увеличивают урожай и содержание белка в зерне. Содержание белка в зерне при дробном применении азота возрастает больше, чем при однократном внесении.

В сухостепных районах, где продуктивность озимых лимитируется недостатком воды, внесение 30-60 кг/га азота повышает урожайность и белковость зерна. Повышение содержания белка в зерне чрезвычайно важно для пищевой промышленности. Так как одновременное повышение урожайности и содержания белка (клейковины) в зерне достигнуть селекционным путем практически невозможно, то азотные удобрения позволяют быстро и существенно улучшить качество пшеницы.

Следует отметить, что повышенное содержания белка в зерне пшеницы при внесении возрастающих доз азотных удобрений происходит в основном за счет нерастворимых клейковинообразующих белков, в то время как содержание биологически более ценных растворимых белков азота (альбумина и глобулина) практически не увеличивается. Из этого следует, что усиление азотного питания значительно улучшает хлебопекарные качества (белка и клейковины) зерна, однако вызывает некоторое снижение содержания незаменимых аминокислот (в том числе лизина), доля которых в растворимых белках выше, чем в нерастворимых, поэтому биологическая ценность белка, при поздних некорневых азотных подкормках и внесении высоких доз азота несколько ухудшается.

Лучшими предшественниками озимой пшеницы в Нечерноземной зоне являются многолетние и однолетние бобовые или бобово-злаковые травы и однолетние зернобобовые.

Фосфорные и калийные удобрения. Независимо от почвенно-климатических условий, под озимую пшеницу фосфорные и калийные удобрения следует применять до посева под основную обработку почвы, оставляя небольшую часть растворимых фосфорсодержащих удобрений (10-15 кг/га P_2O_5) для внесения при посеве. Поверхностное их внесение в период вегетации на суглинистых почвах малоэффективно, поскольку фосфат-ионы и K^+ сорбируются

в зоне внесения на поверхности почвы и недоступны для корневой системы. Весенние и летние подкормки озимых калием и в меньшей мере фосфором могут быть оправданы лишь на песчаных и супесчаных почвах, в случае если возникает опасность их вымывания при осеннем внесении, в то время как на суглинистых почвах подкормки фосфорными и калийными удобрениями в течение вегетации во всех климатических зонах неэффективны. При низком и среднем содержании фосфора и калия в почве более эффективно локальное внесение растворимых фосфорных и калийных удобрений по сравнению с разбросным внесением и заделкой плугом с предплужником, а при повышенном и высоком содержании в почве доступного фосфора и калия, способы внесения фосфорных и калийных удобрений не играют какого-либо значения. Дозы фосфорных и калийных удобрений зависят от планируемой урожайности, содержания их почве и обеспеченности растений другими элементами питания.

При среднем уровне содержания в почве подвижного фосфора и обменного калия вполне достаточно вносить для получения 45-55 ц/га зерна озимой пшеницы 90-120 кг/га P_2O_5 и K_2O, при высоком содержании фосфора и калия в почве дозы фосфорных и калийных удобрений могут быть уменьшены до 60 кг/га, а при очень высоком следует ограничиться внесением 10-15 кг/га P_2O_5 при посеве. Внесение более высоких доз фосфорных и особенно калийных удобрений под зерновые для зерновых экономически не оправдано. При очень низком содержании подвижных форм фосфора и калия в почве (40-70 мг/кг) получение высоких урожаев без внесения органических удобрений или предварительного окультуривания почвы маловероятно, даже при внесении больших доз минеральных удобрений.

Что касается формы фосфорных и калийных удобрений, то для зерновых культур они не имеют какого-либо существенного значения.

На суглинистых и глинистых почвах, благодаря их хорошей химической и физико-химической поглотительной способности фосфор и калий можно вносить непосредственно под зерновые ежегодно или в запас на 2-3 года в соответственно больших количествах. Установлено, что запасное внесение фосфорнокалийных удобрений под предшественники не снижает урожайность зерновых культур по сравнению с ежегодным их внесением. Однако на

песчаных почвах минеральные удобрения под озимые следует вносить ежегодно из-за возможных потерь в результате вымывания.

Яровая пшеница. Особенности питания и развития яровой пшеницы, обусловливающие специфические требования к агротехнике возделывания и применению удобрений. Яровая пшеница обладает высокой потенциальной продуктивностью. Совершенствование технологии возделывания позволяет реализовать потенциальную продуктивность пшеницы и получить высококачественное зерно, что имеет определяющее значение в условиях рыночной экономики. Возделываемые новые сорта яровой пшеницы интенсивного типа характеризуются повышенными требованиями к условиям минерального питания. Только при высоком уровне сбалансированного минерального питания новые сорта в состоянии формировать высокие урожаи. При высоком уровне минерального питания и оптимальных условиях возделывания урожайность зерна современных сортов пшеницы достигает 80-90 ц/га и более. В реальных хозяйственных условиях, когда высокие цены на минеральные удобрения ограничивают их применение, урожайность зерна яровой пшеницы в России составляет 14-16 ц/га.

Яровая пшеница наиболее требовательна к условиям минерального питания и произрастания, чем другие яровые зерновые культуры. Высокие урожаи ее можно получать только на хорошо окультуренных суглинистых почвах с нейтральной (pH 6,0-7,0) реакцией среды. Менее пригодны для яровой пшеницы слабоокультуренные тяжелые, заплывающие почвы, а также песчаные и супесчаные почвы. Поскольку большая часть элементов питания в почве находится в труднодоступной форме, то без внесения минеральных удобрений нельзя рассчитывать на высокую продуктивность посевов. Для рационального применения удобрений необходим систематический контроль за питательным режимом почвы и динамикой потребления элементов питания растениями.

Урожайность яровой пшеницы в значительной мере зависит от погодных условий в период от посева до появления всходов. В годы с холодной весной появление всходов задерживается и растягивается на 12-15 дней. В степных районах главным фактором, лимитирующим продуктивность посевов пшеницы и эффективность удобрений, является недостаток влаги в почве. В Нечерноземной зоне, где в течение вегетации выпадает большое количество осадков требуется особое внимание к фитосанитарному состоянию посевного

материала и почвы, поскольку в этих условиях возможны поражения ржавчиной, мучнистой росой и корневыми гнилями. При повторных посевах пшеницы на одних и тех же полях, а также после других зерновых злаковых культур значительно увеличивается поражение пшеницы болезнями и вредителями, ухудшаются рост растений и использование ими питательных веществ почвы и удобрений.

В отличие от ячменя и овса, яровая пшеница медленнее развивается после всходов, поэтому сильнее зарастает сорняками и поражается вредителями. Она имеет более короткий период вегетации по сравнению с озимой пшеницей, поэтому в период интенсивного роста яровой пшеницы суточное потребление элементов питания в 1,5-2 раза больше, чем у озимой пшеницы.

В начале роста и развития потребление элементов питания пшеницей невысокое. Однако, поскольку в этот период в конусе нарастания растений формируется меристема будущих вегетативных, а в начале выхода в трубку и репродуктивных органов, пшеница в это время очень требовательна к содержанию элементов питания в почве. При сильном недостатке элементов питания, особенно фосфора, в фазе кущения растений, в конусе нарастания пшеницы закладывается меньшее количество вегетативных и репродуктивных органов, что не позволяет ей реализовать в дальнейшем свои потенциальные возможности продуктивности. Негативное действие недостатка фосфора в первый период развития не устраняется последующим его внесением и вызывает снижение урожайности.

Начиная с фазы выхода в трубку интенсивность роста растений и потребление питательных веществ из почвы существенно увеличивается. В целом потребность в элементах питания яровой пшеницы постепенно повышается от всходов к кущению и значительно возрастает в фазы выхода в трубку и колошения. В этот период яровая пшеница потребляет около 60-70% всего количества элементов питания.

Среди зерновых культур потребность яровой пшеницы в азотном питании более высокая. Для формирования 1 т зерна яровая пшеница при ее возделывании в степных засушливых районах использует в среднем 34-38 кг N, 12 кг P_2O_5 и 28 кг K_2O, в зоне достаточного и избыточного увлажнения – 28-30 кг N, 11-12 кг P_2O_5 и 22-25 кг K_2O.

С урожаем зерна 30 ц/га и соответствующего количества соломы яровая пшеница в зависимости от зоны выносит 90-110 кг азота, 35-40 кг P_2O_5 и 66-75 кг K_2O. Потребление яровой пшеницей азота из почвы прекращается в основном в фазе цветения или начале формирования зерна, а в отдельных случаях, при затяжном его созревании в условиях повышенной влажности, использует азот до фазы молочной спелости зерна. Поглощение пшеницей фосфора из почвы часто продолжается до начала молочной спелости, и значительно реже до молочно-восковой спелости зерна.

Потребление яровой пшеницей калия из почвы прекращается в фазе колошения-цветения. В этот период наблюдается максимум его накопления в растениях. После цветения начинается отток калия из вегетативных органов через корни и выщелачивание из листьев осадками. К моменту уборки из растений оттекает и/или вымывается из листьев осадками 20-40% калия и более.

При благоприятных погодных условиях, но недостаточном уровне предшествующего азотного и фосфорного питания поступление этих элементов из почвы продолжается до молочной спелости зерна. В то время как при высоком уровне обеспеченности растений азотом и фосфором в течение вегетации, потребление их через корни прекращается еще в фазе цветения, и накопление азота и фосфора в зерне происходит в основном в результате оттока элементов питания из листьев и стебля.

В целом, поступление элементов питания у злаковых культур чрез корни существенно снижается при пожелтении и отмирании нижних листьев, поскольку большая часть, содержащиеся в них питательных веществ реутилизируется молодыми органами и поступление энергетического материала в корни прекращается. Резкое снижение потребления корневой системой элементов питания из почвы после цветения обусловлено перераспределением потока ассимилятов из вегетативных органов на формирование репродуктивных. Вследствие чего приток углеводов в корни ограничен и их функциональная деятельность ослабевает и прекращается. Однако вегетирующие растения в этот период не утрачивают способности усваивать элементы питания через листья и стебли. Поздние некорневые подкормки азотом растений в фазе цветения - молочной спелости нашли широкое применение в сельскохозяйственной практике для повышения белка и клейковины в зерне пшеницы. В перераспределении потоков ассимилятов в растении большая роль принадлежит калию.

Участие калия в передвижении углеводов из ассимилирующих органов в репродуктивные подтверждается тем, что повышение уровня калийного питания способствует увеличению массы зерна.

Яровая пшеница дает высокие урожаи при хорошей обеспеченности азотом и фосфором в период от начала кущения до выхода в трубку, когда образуются придаточные корни, а в конусе нарастания формируются стебли, будущие колоски и цветки в зачаточном колосе. От всходов до кущения яровая пшеница потребляет около 15-20 кг/га N, 6-8 кг/га P_2O_5 и 15-20 кг/га K_2O. Поэтому еще до посева пшеницы почва должна содержать необходимое количество элементов питания. Если пшеница была хорошо обеспечена азотом и фосфором до начала колошения, то урожайность ее практически не снижается даже в том случае, когда в более поздние фазы их содержание в почве ограничено. Недостаток азота в первый период приводит к снижению урожая пшеницы, во второй – к заметному ухудшению качества зерна, меньшему накоплению в нем белка.

При размещении яровой пшеницы в севообороте следует учитывать влияние предшественника. В степной зоне худшими предшественниками яровой пшеницы являются подсолнечник, люцерна и суданская трава, которые сильно истощают воду и элементы питания в пахотном и подпахотном горизонтах почвы. В Нечерноземной зоне большее внимание следует обращать на уровень засоренности посевов пшеницы после различных предшественников. Короткий период после уборки предшественника осенью и ранней весной до посева пшеницы ограничивают время мобилизации элементов питания микрофлорой в осенний и ранний весенний периоды. Поэтому яровая пшеница в Нечерноземной зоне весьма отзывчива на удобрения, и, прежде всего, азотные. На черноземных почвах лесостепной зоны (выщелоченном, мощном и обыкновенном черноземах) азотные удобрения в богарных условиях (без орошения) действуют слабее, что обусловлено более высокими запасами минерального азота в этих почвах и часто наблюдаемым дефицитом влаги в почве. Корректировку доз азотных удобрений проводят по содержанию минерального азота и запасам продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы.

Хорошими предшественниками яровой пшеницы в этой зоне являются картофель, корнеплоды и кукуруза на силос, под которых вносились довольно высокие дозы органических и минеральных

удобрений, а также уничтожаются сорные растения при междурядной обработке посевов.

В западном и северо-западном регионах страны яровую пшеницу часто возделывают после клевера или льна, идущего по клеверному пару, в Предуралье и Западной Сибири – после многолетних трав и пропашных культур. Следовательно, во всех зонах возделывания яровой пшеницы большинство культур севооборота не ограничивают ее продуктивность. Однако во всех зонах следует воздерживаться от повторных посевов пшеницы и размещении ее в севообороте после зерновых колосовых культур.

Система удобрения для получения планируемой урожайности яровой пшеницы, как и других культур, должна базироваться на данных агрохимического обследования почвы, оперативной почвенной диагностики содержания минерального азота перед посевом и учете последействия удобрений, внесенных под предшествующие культуры (Ермохин Ю. И., 2010).

В Нечерноземной зоне яровая пшеница сильнее всего отзывается на азотные удобрения. На типичных и выщелоченных черноземах, где в осенний и весенний периоды создаются благоприятные условия для накопления достаточного запаса минерального азота в почве, эффективность азотных удобрений значительно ниже, чем на дерново-подзолистых и серых лесных почвах.

На обыкновенных черноземах и каштановых почвах степных районов юга и юго-востока страны урожайность яровой пшеницы зависит в большей мере от уровня применения фосфорных, нежели азотных удобрений. Оптимальные дозы азота удобрений под яровую пшеницу на этих почвах 30-40 кг/га. Более высокие дозы азотных удобрений в этих районах и редко оказывают положительное действие, а калийные в целом неэффективны.

В Нечерноземной зоне на дерново-подзолистых и серых лесных почвах урожайность яровой пшеницы также в большей мере зависит от обеспечения растений азотом. Прибавки от азотных удобрений на фоне РК, составляют в зависимости от дозы азота и условий произрастания 5-10 ц/га, а общий прирост зерна от NPK колеблется в пределах от 10 до 20 ц/га и более. Действие фосфорных и калийных удобрений в этой зоне на бедных и среднеокультуренных почвах достаточно высокое (5-10 ц/га), на почвах с высоким содержанием подвижных фосфатов и обменного калия часто выражается невысокими и неустойчивыми прибавками урожая зерна.

В Западной и Восточной Сибири на выщелоченных черноземах прибавка урожая яровой пшеницы при внесении N_{30-60} составляет 5-9 ц/га. Действие удобрений на яровую пшеницу в значительной мере зависит от погодных условий, содержания доступных форм фосфора и калия в почве и сортовых особенностей.

В районах достаточного увлажнения, где преобладают дерново-подзолистые и серые лесные почвы, эффективность азотных удобрений наиболее высокая; в степных засушливых районах действие удобрений значительно снижается. Однако в орошаемых условиях на черноземах обыкновенных и каштановых почвах эффективность азотных удобрений сопоставима, а во многих случаях выше, чем в Нечерноземной зоне. Прибавка урожая зерна яровой пшеницы от NPK в условиях орошения достигает 15-30 ц/га и выше. Так, в зависимости от зоны и условий произрастания оптимальные дозы азота под яровую пшеницу варьируют в пределах от 40 до 120 кг/га.

Наряду с почвенно-климатическими условиями оптимальные дозы азотных удобрений в значительно степени зависят от предшественника. При размещении яровой пшеницы по пласту и обороту пласта многолетних бобовых и бобово-злаковых трав дозы азота составляют 40-70 кг/га, а после зерновых предшественников – 80-110 кг/га.

Таким образом, действия удобрений на урожай яровой пшеницы в отдельных почвенно-климатических зонах и в пределах отдельных полей проявляется по-разному. Для выявления наиболее значимых факторов повышения продуктивности посевов требуется детальное изучение характеристики поля особенностей и условий возделывания культур. Однако во всех климатических зонах прибавки урожая, получаемые от применения удобрений в наибольшей степени обусловливаются плодородием почв, водным и температурным режимами, а также реализуемой продуктивностью сорта.

На эффективность азотных удобрений особенно сильно влияют условия увлажнения и теплообеспеченность. В европейской части РФ от районов распространения дерново-подзолистых почв к лесостепной, степной и сухостепной зонам возрастает теплообеспеченность, ухудшаются условия увлажнения, что приводит к снижению действия азотных удобрений.

Существенное влияние на эффективность азотных удобрений оказывает интенсивность минерализации азотсодержащих органи-

ческих веществ в почве – аммонификации. Оптимальные температурные условия и высокая гумусированность почв способствует накоплению в корнеобитаемом слое почвы относительно большого количества нитратного азота, что существенно снижает эффективность азотных удобрений. Повышенная отзывчивость яровой пшеницы на азот отмечается на слабоокультуренных почвах.

Во всех почвенно-климатических зонах страны существует довольно тесная зависимость эффективности азотных удобрений и обеспеченности почв фосфором и водой. Чем лучше почвы обеспечены фосфором, тем выше эффективность азотных и калийных удобрений. В районах возделывания яровой пшеницы чаще всего в минимуме бывает азот или фосфор. Калийные удобрения, как правило, действует слабо.

Однако для более рационального применения азота удобрений во всех почвенно-климатических зонах РФ разработаны дифференцированные группы обеспеченности растений элементами питания с учетом уровня предшествующей удобренности, гранулометрического состава и планируемой урожайности (Ермохин Ю. И., 1988).

Большое влияние на эффективность удобрений оказывают предшественники.

В степных районах, где яровая пшеница является ведущей культурой в севообороте, ее часто размещают по пару. Пшеница, высеваемая после пара, значительно лучше обеспечена азотом, поэтому азотные удобрения часто не дают высокой прибавки урожая. В то же время на бедных гумусом почвах, эффективность азотных удобрений при посеве яровой пшеницы после пара может быть довольно высокая в связи с лучшей обеспеченью влагой и слабой текущей минерализацией азота почвы.

В северных и восточных регионах страны, с более холодным температурным режимом, позднее оттаивание и раннее промерзание пахотного слоя значительно сокращают период активной микробиологической деятельности и накопления нитратов в почве.

Степень положительного влияния бобовых предшественников сказывается по-разному в зависимости от их вида и урожайности. В Нечерноземной зоне многолетние бобовые травы значительно ослабляют действие азота удобрений при возделывании пшеницы. Последействие однолетних бобовых культур на продуктивность пшеницы зависит от их урожайности и плодородия почвы. На слабогумусированных дерново-подзолистых и серых лесных почвах

растительные остатки зернобобовые культур оказывают положительное влияние на урожай пшеницы, ослабляя тем самым действие азота удобрений, в то время как на хорошо окультуренных высокогумусированных почвах последействие однолетних бобовых малоощутимо.

Наряду с влиянием вида предшественников, яровая пшеница по-разному реагирует на азот удобрений в зависимости от времени их уборки. Чем раньше убрана предшествующая пшенице культура, тем больше до наступления холодов остается времени для минерализации и накопления азота и влаги в почве. Поэтому после рано убираемых сельскохозяйственных культур (например, кукурузы на силос) потребность яровой пшеницы в удобрениях и, прежде всего, азотных заметно ослабевает по сравнению с поздно убираемыми (кукурузы на зерно, кормовой свеклы и др.) предшественниками.

Довольно высокое положительное действие на урожайность яровой пшеницы оказывает применение органических удобрений. Внесение навоза в дозе 20-30 т/га на дерново-подзолистых, серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах обеспечивает прибавки урожая зерна яровой пшеницы в среднем 5-10 ц/га и более. Однако в настоящее время органические удобрения под яровые зерновые культуры, за редким исключением, не вносят. В южных степных районах навоз часто не обеспечивает ожидаемой прибавки урожая из-за недостатка влаги в почве, а в зонах достаточного и избыточного увлажнения при сложившемся дефиците навоза его лучше вносить под предшествующие поздние пропашные культуры, а яровая пшеница будет использовать последействие навоза.

Органические, фосфорные и калийные удобрения под яровые зерновые необходимо вносить осенью, глубоко (на 22-26 см) заделывая в почву при основной ее обработке. Однако на легких песчаных почвах органические и минеральные удобрения следует вносить (под культиватор) весной перед посевом пшеницы, поскольку при осеннем применении возможно вымывание за пределы корнеобитаемого слоя почвы не только нитратов, но и фосфора, калия и коллоидной фракции органических удобрений.

Эффективность фосфорных удобрений зависит от содержания подвижных фосфатов в почве. При низкой обеспеченности почвы подвижными фосфатами (40-80 мг/кг P_2O_5) фосфорные удобрения высокоэффективны при увеличении дозы до 90-120 кг/га P_2O_5. При среднем уровне содержания подвижных фосфатов в почве

(100-160 мг/кг P_2O_5) дозы фосфорных удобрений должны составлять 45-60 кг/га. На хорошо окультуренных почвах, отличающихся высоким содержанием подвижных фосфатов (>200-250 мг/кг P_2O_5) применение фосфорных удобрений неэффективно, поэтому следует ограничиться внесением 10-15 кг/га P_2O_5 при посеве.

Дозы калия устанавливают с учетом содержания в почве обменного калия и других элементов питания, ее гранулометрического состава и последействия калийных удобрений, внесенных под предшественник. В зависимости от условий возделывания доза калия колеблется от 20 до 90 кг/га. При выращивании яровой пшеницы на дерново-подзолистых и серых лесных почвах довольно эффективно внесение калия (K_2O) в дозе 60-90 кг/га, на выщелоченных и типичных черноземах – 40-60 кг/га, на обыкновенных черноземах и каштановых почвах применение калийных удобрений под зерновые неэффективно.

В начале развития яровой пшеницы требуется хорошая обеспеченность растений всеми макро- и микроэлементами и особенно фосфором, поскольку фосфор принимает участие во всех биохимических процессах, обусловливающих рост и развитие растений. Поэтому наряду с основным удобрением важным приемом повышения урожайности яровой пшеницы является припосевное (рядковое) удобрение фосфором, так как в силу слаборазвитой корневой системы после всходов наименее доступным растениям является фосфор. Высокая эффективность внесения при посеве яровой пшеницы небольшого количества (8-12 кг/га P_2O_5) фосфора в виде гранулированного суперфосфата или аммофоса характерна для многих районов страны.

Многочисленными исследованиями установлено, что в отличие от озимых зерновых культур, корневые азотные подкормки яровых зерновых культур, в том числе яровой пшеницы менее эффективно по сравнению с внесением азота удобрений до посева. Однако при планировании высоких урожаев в зоне достаточного увлажнения, а также орошаемых условиях, дробное применение азотных удобрений – до посева и в фазу выхода в трубку обеспечивает более высокие прибавки урожая, нежели внесение всей дозы азота до посева.

1.2. Общая характеристика макро- и микроэлементных удобрений и их влияние на растения пшеницы

Растениям в больших количествах помимо углерода, водорода и кислорода, необходимы также макроэлементы, к которым относится азот, фосфор, калий, сера, кальций, магний и др. В значительно меньших количествах растениям требуются микроэлементы, но которые жизненно необходимы для нормального роста и развития растений. К микроэлементам относятся: железо, марганец, бор, цинк, медь, молибден, хлор и некоторые другие (Боженко В.П., 1976; Chandrasekaran, B. A., 2010).

Количественное содержание элементов, входящих в состав растительных тканей (семян), изменяется в зависимости от вида растения, от вида почв и уровня их плодородия. Углерод, водород и кислород составляют на 90-95% основную массу всех высших растений, которые являются единственными компонентами всех углеводов и простых жиров. Данные элементы растения получают из воздуха (O_2 и CO_2) и воды H_2O. Для пшеницы лимитирующим фактором может служить вода. Значение запасов влаги при выращивании всех сельскохозяйственных культур и в том числе озимой пшеницы общеизвестно. Избыточная или недостаточная влажность может привести к неблагоприятным последствиям (Вакалова Е.А., 2013; Вильдфлуш И. Р., 2011; Heping Z., 2012; Jones B.J., 2003).

Рассмотрим макроэлементы, необходимые для роста и развития растений пшеницы.

Азот. Относится к одним из важных элементов питания, является незаменимой частью всех аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, а также входит в состав хлорофилла, липоидных компонентов мембран, витаминов, фотосинтетических пигментов, различных коферментов и др. (Дэвис Д., 1996; Ермохин Ю.И., 2015; Нестерова Л.Б., 2004; Muurinen S., 2007; Pallardy S.G., 2008).

Нуклеиновые кислоты являются носителями наследственных свойств живых организмов и играют важную роль в обмене веществ. Азот является важнейшей составляющей хлорофилла, без которого невозможны процессы фотосинтеза и образования органических веществ, важных для питания человека и животных. Невозможно переоценить роль азота, входящего в состав ферментов, катализирующих жизненные процессы в растительных организмах.

Азот, фосфор, сера совместно с углеродом, кислородом и водородом представляют собой строительный материал для образования органических веществ (Ерошенко Ф.В., 2010; Madhava Rao K.V., 2006).

В растениях содержание азота изменяется в зависимости от вида растения, его возраста, почвенно-климатических условий, приемов агротехники и т.д. Наибольшее его количество отмечается в вегетативных частях молодых растений, которые затем по мере старения передвигаются в появившиеся листья и побеги. Причем, в первой половине вегетации в органах синтезируются азотсодержащие органические вещества, процесс новообразований белков и рост растений, в дальнейшем, после цветения происходит более интенсивный гидролиз азотсодержащих веществ и передвижение продуктов гидролиза в репродуктивные органы, где они используются для образования белков зерна (Kasarda D.D., 1976).

Все злаковые культуры, в том числе и озимая пшеница, чувствительны к недостаточному азотному питанию и довольно хорошо отзываются на внесение удобрений. Изменения содержания азота в почве происходит намного чаще, чем других элементов питания и наблюдается недостаток. Пшеница поглощает азот на протяжении всей вегетации, начиная с момента образования и функционирования корней до полного созревания.

Растения пшеницы, выращенные при нормальной обеспеченности азотом, отличались быстрым ростом и характерной темно-зеленой окраской. Азот стимулирует развитие листьев и стеблей. Недостаток азота может проявляться в нарушении нормального роста и деления клеток, ослабевает кущение, окраска становится более светлой. Также возможно снижение интенсивности синтеза протеина, если не будет достаточного количества азота для данного процесса (Roberts T.L., 2007; Woodman H.E., 1924).

Фосфор. Фосфор входит в состав белков, фосфатидов, крахмала и многих других органических соединений, содержащихся в растении, а также принимает участие в превращении углеводов и образовании фосфорорганических соединений. Фитин пшеничных отрубей представляет собой кальциево-магниевую соль фитиновой кислоты, которая иногда играет важную роль в питании человека и животных. Он входит в состав фосфолипидов, которые оказывают влияние на хлебопекарные достоинства муки. В растениях фосфор

находится в нуклеопротеидах, в нуклеиновых кислотах, в фосфатидах, сахарофосфатах, фитине. Липоидах и в минеральных соединениях. Входит в состав ферментов и витаминов.

В растении все процессы обмена веществ связаны с образованием фосфорной кислоты. Фосфорный обмен сводится к присоединению (фосфорилирование) или переносу остатка (трансфосфорилирование) фосфорной кислоты. Химические реакции с участием фосфора составляют основу энергетики живой клетки. Также фосфорная кислота участвует в биосинтезе сахарозы, в ферментативных превращениях форм углеводов.

Получение фосфора в достаточном количестве растением обеспечивает быстрый рост и раннеспелость, способствую улучшению вегетативного роста, в конечном итоге повышается урожай и его качество, у зерновых при этом возрастает доля зерна в структуре урожая, его выполненность.

Оптимальное фосфорное питание обеспечивает развитие корневой системы, которая сильнее ветвится и глубже проникает в почву, что способствует лучшему снабжению растений влагой и питательными веществами, что особенно значимо в засушливых условиях. (Панников, Минеев, 2012)

При недостатке фосфора происходят серьезные нарушения биосинтетических процессов, функционирования мембран, энергетического обмена. Небольшая недостаточность фосфора может не проявиться на листьях, но приведет к задержке роста. Более сильная недостаточность проявляется покраснением или побурением листьев, которое в первую очередь наблюдается на нижних листьях и в дальнейшем распространяется вверх по растению. В основном симптомы недостаточности проявляются у молодых растений, которым для быстрого роста необходим фосфор в усвояемой форме. Фосфорное голодание сказывается на кончиках листьев и распространяется по пластине к его основанию. Корневая система буреет, практически не развивается, корневые волоски отмирают и приостанавливается рост растений. Недостаток фосфора зачастую ведет к интенсивному поглощению азота, что приводит к повышенному накоплению свободных аминокислот. Также замедляется синтез белков из-за отсутствия ферментов, содержащих фосфор. Синтез РНК и ДНК вероятно тоже ослабевает, что ограничивает деление клеток (Емельянов, Резниченко, 2012).

Калий. Калий поступает в растение в виде катиона K^+, в клетках он присутствует в основном в ионной форме и хорошо подвижен. Калий участвует в регуляции вязкости цитоплазмы, обеспечивает генерацию биотоков в растении, составляется основную часть катионов клеточного сока и принимает активное участие в осморегуляции. Также калий активирует работу многих ферментов, за счет которых синтезируются некоторые пептидные связи, что повышает биосинтез белков из аминокислот и другие процессы. В присутствии калия повышается активности амилазы, сахаразы, протеолитических ферментов, при недостатке которых в растительном организме нарушается обмена веществ. Калий принимает участие в углеводном и белковом обмене, с его участием происходит более интенсивное образование сахаров в листьях и передвижение их в другие органы растения.

Калий способствует повышению интенсивности окислительных процессов, что увеличивает содержание органических кислот в растительных тканях, влияющее на образование белка. Также, калий стимулирует процесс фотосинтеза, способствует интенсивному оттоку углеводов из пластин листа в другие органы.

Роль калия значительно усиливается при аммиачном питании, что способствует лучшему усвоению азота и большему образованию белков. При обеспечении озимой пшеницы калийным питанием сказывается на качестве всего растения, обусловленное повышением зимостойкости, устойчивости к различным заболеваниям, более эффективным использованием воды. Калий сохраняет нормальное равновесие между углеводами и белками, а также уравновешивает до некоторой степени избыток азота и способствует образованию более прочной соломы и лучшему наливу зерна.

Недостаток калия приводит к нарушению всех обменных процессов и функций, что вызывает повреждение листьев, ослабевание фотосинтетической активности, нарушение углеводного обмена, снижение белка и увеличение содержания растворимых органических соединений азот, усилению процессов дыхания.

Калий необходим в основном для снабжения молодых, активно растущих органов и тканей, при его дефиците нарушаются процессы деления клеток, снижается функционирование камбия, уменьшается толщина клеточной стенки, в результате чего, происходит укорачивание междоузлий, ведущее к образованию розеточных форм растений (Емельянова Н.А., 1970; Панников В.Д., 1987;

Третьяков Н.Н, 1998; Каталымов М.В., 1960; Кудашкин М.И., 2010).

Озимая пшеница требовательна к удобрениям по сравнению с другими зерновыми, что связано с корневой системой и слабой способностью поглощать труднорастворимые вещества из почвы. За короткий весенний период озимая пшеница успевает усвоить основную массу питательных веществ (78-92% азота, 75-88% фосфора и 85-88% калия), количество которых в почве недостаточно для формирования стабильных урожаев высокого качества. А в связи с тем, что ранней весной при возобновлении роста в почве содержится мало растворимых питательных веществ, растения уже нуждаются в подкормках. Для создания оптимальных условий питания озимой пшеницы на протяжении всей вегетации необходимо вносить в почву минеральные удобрения (Морару С.А., 1987; Кузнецова Н.А., 2010). Рассмотрим основные:

Азотные удобрения. Производство азотных удобрений базируется на синтезе аммиака из молекулярного азота и водорода. Азот получают из воздуха, а водород из природного газа, нефтяных и коксовых газов. Поэтому азотные удобрения легко вымываются, что ограничивает их применение осенью в качестве основного удобрения. По выпуску и использованию в сельском хозяйстве главнейшие из этой группы аммиачная селитра и мочевина, составляющие около 60% всех азотных удобрений. Азотные удобрения используют под все сельскохозяйственные культуры. Под зерновые культуры вносят 60-120 кг действующего вещества (д. в.) азотных удобрений на 1 га.

Азот способствует развитию вегетативных органов, повышению энергии кущения и содержания белка в зерне. Важное значение имеет весенняя подкормка озимых из расчета 20-30 кг азота на 1 га. Подкормки проводят в фазы колошения и налива зерна. Осенью азот в качестве предпосевного удобрения под озимые культуры обычно не применяют, так как он может задержать подготовку растений к зимовке и вызвать их перерастание. Наибольшее влияние на синтез белковых веществ, которые составляют основу протоплазмы, оказывают азотные удобрения, внесенные в период интенсивного роста (период от появления ассимиляционной поверхности и усиленного развития корневой системы до начала цветения). При недостатке в данный период азота ослабевает положительное действие других элементов питания, в частности калийные удобрения,

положительно воздействуют на рост и формирование репродуктивных органов только при определенном уровне азотного питания. Однако, на бедных почвах, а также при посеве озимых после плохих предшественников азот (20-30 кг/га) можно использовать как предпосевное удобрение (Мосолов И. В., 1968; Опенько, В.И., 2012; Панасин В.И., 2000; Сержанов И.М., 2013; Кореньков Д.А., 1973).

Фосфорные удобрения. Фосфор один из важнейших элементов питания растений, так как входит в состав белков. Если азот в почве может пополняться путем фиксации его из воздуха, то фосфаты только внесением в почву в виде удобрений. Фосфорные удобрения положительно влияют на зимостойкость зерновых культур и увеличивают содержание крахмала в них.

Калийные удобрения. Калий необходимый элемент для растений. В основном он находится в молодых растущих органах, клеточном соке растений и способствует быстрому накоплению углеводов. При внесении калийных удобрений зерновые культуры приобретают устойчивость к полеганию и низким температурам. Озимые зерновые меньше нуждаются в калии по сравнению с картофелем, и под них калийные удобрения вносят преимущественно осенью из расчета 30-60 кг на 1 га (Pigorev I.Ya., 2014).

Как уже отмечалось ранее, для создания в почве оптимального баланса химических элементов необходимы не только макроэлементы, но и микроэлементы, обуславливающие в комплексе нормальный рост и развитие растений. Рассмотрим роль микроэлементов в жизни растений. Особое внимание в отечественной и зарубежной науке уделяется следующим элементам: медь, бор, молибден, марганец, цинк.

Медь. Медь играет важную роль в жизни растений и не может быть заменена каким-либо другим элементом. Медь участвует в процессах фотосинтеза, влияет на образования хлорофилла и препятствует его разрушению. Под действием меди повышается как активность пероксидазы, так и синтез белков, углеводов и жиров. Кроме того, медь повышает интенсивность дыхания. Особенно важно участие меди в окислительно-восстановительных реакциях. В клетках растений эти реакции протекают при участии ферментов, в состав которых входит медь и является составной частью ряда важнейших окислительных ферментов – полифенолоксидазы, аскорбинатоксидазы, лактазы, дегидрогеназы и др. Все указанные ферменты осуществляют реакции окисления переносом электронов

с субстрата к молекулярному кислороду, который является акцептором электронов. В связи с этой функцией валентность меди в окислительно-восстановительных реакциях изменяется (от двухвалентного к одновалентному состоянию и обратно).

Медь участвует в процессах дыхания, азотного обмена, биосинтеза хлорофилла в растительном организме и фиксации молекулярного азота, превращения его в аминокислоты во время вегетации растений, что улучшает качественные показатели (количество сухого вещества, снижения нитратов, увеличения аскорбиновой кислоты). Хороший уровень обеспечения растений медью повышает устойчивость растений к грибковым заболеваниям, различным видам головни, полеганию и увеличению засухо-морозо-жароустойчивости растений. Медь повышает устойчивость растений к грибковым и бактериальным заболеваниям.

Недостаток меди вызывает у растений понижение активности синтетических процессов и ведет к накоплению растворимых углеводов, аминокислот и других продуктов распада сложных органических веществ (Каталымов М.В., 1960; Анспок П.И., 1990; Ненько Н.И., 2006)

Бор. Бор активирует ряд ферментов и способствует правильному прорастанию пыльцевых зерен и росту пыльцевых трубочек, увеличению количества цветков и плодов, оказывает влияние на белковый обмен и положительно влияет на способность растений противостоять неблагоприятным погодным условиям. Ионы бора играют существенную роль в процессах оплодотворения. Недостаток бора приводит к снижению урожайности и качеству сельскохозяйственных культур, при недостатке бора нарушается процесс созревания семян. Этот микроэлемент необходим растениям в течение всего вегетационного периода. Борное голодание сопровождается нарушением углеводного и белкового обмена, вследствие чего в тканях накапливаются сахара и аммиачный азот. Это выражается в отмирании верхушечных почек и мелких корешков, осыпании завязи, изменении окраски листьев до красной или бронзовой. Недостаток бора проявляется, прежде всего, на молодых частях растения, ввиду того, что бор не может реутилизироваться, так как не поступает из стареющих органов в молодые.

Бор может участвовать в отложении углеводов в клеточных оболочках, он связан с кальцием, поэтому добавление кальция усиливает недостаточность бора. При высокой обеспеченности почвы

калием может повыситься пропорциональное содержание растворимого бора в клеточном соке.

Значительное количество бора накапливается в органах цветка, при недостатке же бора заведомо возникает стерильность и происходят изменения в тканях репродуктивных органов (Спицына С.Ф., 2004; Харитонова С.В., 2009; Черкасов Е.А., 2012; Безуглова О.С., 2003).

Молибден. Молибден как микроэлемент, занимает одно из первых мест по своему практическому значению в круговороте азота в земледелии. Пейве Я. В. отмечает действие молибдена на процессы восстановления нитритов, нитратов и гидроксиламина до аммиака и биосинтез аминокислот, а также участвует в биохимических процессах, связанных с фиксацией молекулярного азота. Велика роль молибдена в процессах превращения азота, синтезе аминокислот и белков. Молибден участвует в углеводном, белковом, фосфорном и кальциевом обмене, синтезе хлорофилла и витаминов. Входя в состав ряда физиологически важных окислительно-восстановительных ферментов, молибден регулирует в растительных организмах энергетические процессы. Молибден помогает легче переносить ночные перепады температур, летний зной и засуху. Все эти процессы взаимосвязаны. Недостаток молибдена приводит к глубокому нарушению обмена веществ у растений, снижению содержания белков, накоплению нитрат - ионов (Никляев В.С., 2000; Кабата-Пендиас А., 1989).

Марганец. Является составной частью многих ферментов и их активатором, принимает участие в окислительно-восстановительных процессах, таких как фотосинтез, дыхание, образование хлорофилла, а также в процессе усвоения молекулярного и нитратного азота. Марганец влияет на образование аскорбиновой кислоты и ряда других витаминов, на увеличение содержания белка в зерне пшеницы и кукурузы. Недостаток марганца в почве приводит к снижению урожая, ослаблению роста корней и уязвимости растения к заболеваниям (Чурзин В.Н., 2013).

Цинк. Цинк входит в состав многих ферментов, в т.ч. в состав дыхательного фермента, усиливает активность пероксидазы, каталазы, липазы, протеазы, инвертазы. Как и другие микроэлементы, цинк играет важную роль в белковом, липоидном, углеводном и фосфорном обмене веществ, в биосинтезе витаминов и ростовых веществ (ауксинов), а при резкой смене температур повышает жаро- и морозоустойчивость растений.

Недостаток цинка способствует нарушению обмена веществ, происходит распад белков под действием фермента рибонуклеазы, который подавляется при достаточной обеспеченности почвы цинком. При дефиците цинка в растениях задерживается образование сахарозы, крахмала и ауксинов, нарушается образование белков, вследствие чего в них накапливаются небелковые соединения азота и нарушается фотосинтез. Это ведет к подавлению процесса деления клеток и влечет за собой морфологические изменения листьев (деформацию и уменьшение листовой пластинки) и стеблей (задержку роста междоузлий), т.е. к торможению роста растений (Бровкин В.И., 2010; Корякина В.Ф., 1974).

К настоящему времени накоплен большой экспериментальный опыт о зависимости белковости зерна и его химического состава от удобрений. Действие удобрений на урожай и качество зерна значительно повышается, если дозы и соотношения питательных элементов увязываются с условиями выращивания пшеницы: плодородием почвы, особенностями климата, комплексом агротехнических и мелиоративных мероприятий. Задача специалистов сельского хозяйства разработать такую систему удобрений и агротехнических приемов, которые полностью удовлетворяли бы требования высокопродуктивных сортов пшеницы. Общее требование для всех зон выращивания пшеницы – создание оптимального режима питания растений в течение всей вегетации.

В лесостепи Поволжья важное значение имеют сроки внесения азотных удобрений. Так, на черноземах Самарской области весенняя подкормка азотными удобрениями в дозе N_{30} повышала содержание белка в зерне озимой пшеницы Альбидум 11 с 15,2 до 17,2% (Костин В.И., 2014).

В черноземной степи Поволжья со средним содержанием подвижного фосфора оптимальной дозой полного удобрения под озимые по гороху была $N_{40}P_{40}K_{40}$, по кукурузе – $N_{60}P_{40}K_{40}$. При внесении этих удобрений под вспашку занятого пара урожай озимой пшеницы возрос на 3,6-3,8 ц/га, а содержание сырой клейковины в зерне увеличилось на 3%.

В сухостепной зоне оптимальными дозами полного минерального удобрения под озимую пшеницу являются $N_{40\text{-}60}P_{40\text{-}60}$ $K_{30\text{-}40}$. Высокий урожай зерна должного качества в этой зоне можно получить при сочетании оптимального режима орошения и удобрения.

На всех орошаемых почвах Поволжья озимые, прежде всего, нуждаются в азоте (Минеев В.Г., 1981; Новичкова Е.А., 2010; Никитин, С.Н., 2014).

Также результаты полевых опытов, проведенных на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Мельникова А.В. показывают, что для обеспечения благоприятного режима азотного питания растений озимой пшеницы весной во время возобновления вегетации необходимо проведение ранневесенней азотной подкормки. С учётом технологических особенностей проведения более приемлемым сроком ранневесенней азотной подкормки следует признать время наступления физической спелости почвы. Показано, что ранневесенняя азотная подкормка (N_{10}) повышает в основном урожайность озимой пшеницы (на 0,9-2,1 т/га) и в меньшей степени влияет на качество зерна. Проведение азотных подкормок в более поздние фазы роста и развития пшеницы (образование флагового листа – начало колошения) оказывает меньшее влияние на формирование урожая, но улучшает качественные показатели зерна: повышаются содержание в зерне белков и клейковины, упругость теста и сила муки, водопоглотительная способность муки, объём хлеба, валориметрические показатели теста и общие хлебопекарные оценки зерна. (Мельников А. В., 2012).

1.3. Характеристика микроудобрений в хелатной форме, содержащие элементы Cu, B, Mo и Zn и их влияние на растения пшеницы

Для более полной реализации потенциала сельскохозяйственных культур на современном этапе необходимо создание гибких наукоёмких технологий возделывания, которые, несомненно, позволят увеличить валовые сборы зерна высокого качества. Большое значение в агротехнике сельскохозяйственных культур играет регулирование роста и развития растений, в том числе с помощью физиологически активных веществ, которые можно отнести к малозатратным элементам агротехники, это обусловлено широким спектром их воздействия на растения, возможностью направленно действовать на различные этапы органогенеза, следовательно, повышать урожайность и качество сельскохозяйственной продукции.

Как показывают исследования (Гайсин И.А., 2009), во многих регионах России отмечается довольно низкий уровень использования основных макроудобрений, а также недостаточное содержание основных микроэлементов, что в свою очередь влияет на величину и качество получаемой продукции.

Микроудобрения играют важную роль во многих физиологических и биохимических процессах. Обоснованное применение микроудобрений способно увеличивать коэффициент использования азотных, фосфорных и калийных удобрений в 1,5 и более раза. Микроэлементы, прежде всего, изменяют биохимическую направленность обмена веществ в растениях, связанную с активностью ферментов. Установлено их значение в ускорении развития растений и процессах оплодотворения. В состав комплексных удобрений входят основные микроэлементы, содержащие два дефицитных микроэлемента (бор, медь, цинк, марганец, молибден и др.) в хелатной форме, необходимые растениям для нормального роста и развития. Составы микроэлементных удобрений в хелатной форме помимо микроэлементов в различных комбинациях содержат некоторое количество азота и серы. Хелаты представляют собой металлоорганические комплексы, в которых хелатирующий агент прочно удерживает ион металла в растворимом состоянии вплоть до момента поступления в растение. По своей структуре они близки к природным элементам, поэтому обладают высокой биологической активностью и хорошей усвояемостью до 10 раз, превосходящей впитываемость неорганических солей (Каталымов М.В., 1960; Сорока Т.А., 2012; Харитонова С.В., 2009; Муртазин, М.Г., 2006; Гайсин И.А., Пахомова В.М., 2014).

Одним из наиболее эффективных приемов по воздействию на растительные организмы является предпосевная обработка семян различными химическими веществами. Обработка различными веществами химической природы, в том числе и микроэлементами, предотвращает заболевания растения, а также способствует лучшей всхожести, ускорению созревания, увеличению количества и качества урожая.

При обработке семян растворами солей различных микроэлементов происходят глубокие внутренние изменения в плазме зародыша, которые сохраняются и передаются взрослому растению, по средствам клеточного деления. Применяемые микроэлементы в комплексном взаимодействии или по отдельности воздействуют на

семена, способствуя увеличению содержания углеводов в листьях и стеблях.

Положительные результаты получены при предпосевной обработке семян в связи с тем, что воздействие происходит не на сформировавшееся растение, а на его зародыш и растению легче приспособиться к неблагоприятным условиям внешней среды. Но также внутренние изменения в семенах для дальнейшего развития организма могут быть как положительными, так и отрицательными, в зависимости от условий произрастаний (Гаитов Т.А., 2010; Добролюбский О. К., 1956).

Ценность и оригинальность комплексных микроэлементных удобрений в хелатной форме заключается в том, что обоснованное их применение обеспечивает мощное развитие корневой системы и площади листьев, увеличивает прочность хлорофилл-белкового комплекса и водоудерживающую способность, повышает засухо- и морозоустойчивость. Применение микроудобрений в хелатной форме, содержащие различные сочетания микроэлементов, значительно влияют на обмен веществ, активизируют ферментные комплексы, защитные механизмы и повышают иммунитет растений (Гайсин И.А., 2010; Järvan M., 2008).

Основу препаратов микроудобрений в хелатной форме составляют комплексные соединения, где лигандами выступают аминоспирты (моно-, ди- и триэтаноламин). Показано положительное влияние хелатов на физиолого-биохимические и продукционные процессы у растений пшеницы, обусловленное адаптогенным и антиоксидантным действием препарата (Прохоренко Н.Б., 2008).

Микроэлементные удобрения в хелатной форме или жидкие микроудобрительные смеси (ЖУСС) разработаны – доктором с.-х. наук, профессором, заведующим кафедрой агрохимии и почвоведения КазГАУ, лауреатом премии РАН им. Д.Н. Прянишникова Гайсином И.А. Они введены в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» (рег. № 19-8002 (9333) - 0309-1). Площадь применения в РФ и СНГ составляет более миллиона гектаров (Гайсин И.А., 2007).

Микроудобрения в хелатной форме, содержащие элементы Cu, B, Mo и Zn предназначены для предпосевной обработки семян, внекорневой подкормки растений. Массовая концентрация меди 33-38 г/дм^3, бора 5,5-5,7 г/дм^3 (B 20-25 г/л, Cu 17-20 г/л), плотность при

20 С не менее 1100 кг/м^3, водородный показатель pH в пределах 9-11.

Концентрированный жидкий удобрительный медь-молибденсодержащий хелат предназначен для предпосевной обработки семян, внекорневой подкормки растений. Массовая концентрация меди 32-40 г/дм^3, молибдена 14-22 г/дм^3, плотность при 20 С не менее 1100 кг/м^3, водородный показатель pH в пределах 10-11.

Концентрированный жидкий удобрительный медь-цинксодержащий хелат предназначен для предпосевной обработки семян, внекорневой подкормки растений. Массовая концентрация меди 16,5-20 г/дм^3, цинка 35-40 г/дм^3.

Материалы исследований Пахомовой В.М. и др. (2005 г.) показывают физиолого-биохимические механизмы устойчивости и увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур на примере использования микроудобрений в хелатной форме медь+молибден в качестве некорневой подкормки. Действие данного микроудобрения приводит к достоверному снижению корневого дыхания яровой пшеницы, выделение кислорода уменьшилось на 18%, не сопровождаемое нарушением ионного гомеостаза. Отмечалось снижение эндогенного калия, что говорит о стабилизации функционирования клеточных мембран корней. Изменение проницаемости клеточных мембран связано перекисным окислением липидов (ПОЛ), в результате чего образуются альдегиды, в частности молоновый диальдегид (МДА). Применение микроудобрения медь-, молибденсодержащего хелата существенно снижало содержание молонового диальдегида (МДА), что в свою очередь связано с нейтрализацией активных форм кислорода (АФК) используемым препаратом, который проявляет свойства антиоксиданта и антимутагенный эффект.

Исследования Титкова В.И, Безуглова В.В. и Лыскина В.М. (2009), проведенные в Оренбургском Предуралье, показали, что предпосевная обработка семян яровой мягкой пшеницы микроэлементами медью, бором и молибденом повышала полевую всхожесть семян на 1,3-2,5%. На этих же вариантах увеличивалась по сравнению с контрольным вариантом сохранность растений соответственно на 7,6; 8,9 и 9,4%. Так же установлено, что в вариантах с микроэлементами более интенсивно происходит набухание семян, возрастает энергия их прорастания. Под действием микроэлементов появление всходов наблюдалось в среднем на 1-2 дня раньше, чем в контроле, где семена замачивались в воде, корешки были менее

развиты. Обработка семян микроэлементами вызывает увеличение продуктивности растений и их количества на единицу площади перед уборкой. Молибден и медь способствовали значительному развитию как вегетативных, так и репродуктивных органов. Наибольшее количество растений перед уборкой было отмечено на вариантах, где семена обрабатывались молибденом, медью и бором.

Исследования показали, что применение молибдена, меди и бора в течение всех лет проведения опытов стабильно обеспечивало повышение урожайности зерна яровой пшеницы в сравнении с контролем на 0,13; 0,14 и 0,18 т/га, соответственно.

По результатам исследований Кудашкина М. И., Ахметова Ш. И. и Павлинова А. В. (2010), проводимых на опытном поле Мордовского НИИСХ на посевах озимой пшеницы сорта Московская 39, в период с 2006-2009 гг. увеличение урожайности с 3,61 до 4,00 т/га, (на 10,80%) наблюдалось на фоне предпосевной обработки семян микроудобрениями в хелатной форме медь+молибденсодержащим составом (Сержанов И.М., 2013).

Результаты исследований Гайсина И. А., проводимые на посевах яровой пшеницы на серых лесных почвах республики Татарстана, где изучалось влияние некорневой подкормки препаратом медь,-цинксодержащим хелатом как отдельно, так и в сочетании с азотными удобрениями, показали, что наиболее эффективно способствовало повышению урожайности и улучшению его качественных показателей микроудобрение медь+цинк в качестве некорневой подкормки в фазу колошения, а максимальный агрономический эффект был получен при использовании препарата медь,-цинксодержащего хелата совместно с азотом (Гайсин И. А., 2007, 2010)

По данным Кузнецовой Н. А., проводившей исследования на опытных полях Учхоза Казанского ГАУ на посевах яровой пшеницы сорта Люба и МиС с применением микроудобрения медь+ молибденсодержащим хелатом, наблюдалось увеличение урожайности без снижения технологических показателей качества зерна. Натура, стекловидность, массовая доля белка, массовая доля сырой клейковины, группа и класс во всех опытных вариантах не отличались от контроля (Кузнецова Н. А., 2010).

По результатам исследований Гулянова Ю. А., на посевах озимой пшеницы с использованием микроудобрений медь+бор и медь+молибден в хелатной форме для опрыскивания посевов, наивысшая урожайность была отмечена в опыте с применением

препарата медь+бор и составила 35,2-38,0 ц/га (прибавка 9,5-11,7%). Повышение урожая произошло за счет обработки посевов микроудобрениями в хелатной форме, что повлияло на сохранность и общую выживаемость растений, способствуя формированию оптимального стеблестоя, увеличению числа продуктивных стеблей на единицу площади (Гулянов Ю. А., 2012).

В проведенных исследованиях Черкасова Е. А. с сотрудниками (2012), в ходе которых было выявлено, что предпосевная обработка семян яровой пшеницы медь+молибден-хелатами в дозе 2,0 л/т и медь+цинк-хелатами в дозах 1,5 и 2,0 л/т позволила повысить количество зерен в колосе и массу зерна с колоса. Количество продуктивных стеблей и масса 1000 зерен увеличивалось при обработке семян медь+молибден и медь+цинк в дозах 2,0 и 2,5 л/т. Результаты исследований показали, что предпосевная обработка семян препаратами микроудобрений в хелатной форме способствует повышению урожайности. Применение микроудобрения медь+цинк оказалась более эффективной. Лучшие результаты были получены при дозе 2,0 л/т, где прибавка урожайности составила 0,35 т/га (17,0%). При обработке семян микроудобрениями в хелатной форме медь+молибден наиболее эффективной была доза 2,0 л/т, позволяющая повысить урожайность на 0,24 т/га, или 11,7% (Черкасов Е. А., 2012).

В целом по аналитическим данным положительное действие микроудобрений в хелатной форме на растения отмечают многие авторы (Боженко, В.П., 1976; Генкель П.А., 1971; Бобренко И.А., 2012; Гулянов Ю.А., 2006). Препараты микроудобрений в хелатной форме представляют собой источник дефицитных микроэлементов для растений, а также являются полифункциональными составами, проявляя защитные и стимулирующие эффекты, что способствует обеспечению оптимизации питания растений и позволяет существенно повысить агрономическую и экологическую эффективность земледелия.

1.4. Применение микроэлементов в хелатной форме при возделывании сельскохозяйственных культур

Хелаты – сложные органические комплексные соединения микроэлемента с хелатирующим агентом, которое удерживает ионы микроэлементов в растворимом состоянии до момента поступления в растение. После этого высвобождает его и переводит в

биологически доступную форму, а сам распадается на легко усваиваемые растениями химические соединения.

Хелаты имеют преимущества при поступлении в растение, так как их молекулы целиком попадают в лист (при некорневой подкормке) или семена (при их обработке), а не накапливаются на поверхности. Эффективность использования хелатных микроудобрений при возделывании сельскохозяйственных культур связана с их малой токсичностью, пролонгированным действием, меньшим адсорбированием почвой по сравнению с неорганическими солями, в результате чего они длительное время способны поглощаться растениями. С точки зрения технологии хелаты микроэлементов удобны, так как могут применяться вместе с макроудобрениями, регуляторами роста и пестицидами. Виды хелатных удобрений выделяют в зависимости от элемента, который является основным: хелат цинка, хелат меди и т.д. Связь органической части хелата с элементом питания должна быть достаточно сильной, чтобы минимизировать его потери, но и одновременно достаточно слабой, чтобы растение усвоило элемент. Для синтеза хелатных удобрений чаще всего используют следующие кислоты: этилендиаминтераацетатную ЕДТА; диэтилентриаминпентауксусную ДТРА; этилендиаминдигидро-ксифенилацетатную ЕДДНА; оксиэтинидендифосфоновую ОЭДФ.

Использование хелатов повышает усвояемость микроэлементов. Органическая оболочка, которая образуется вокруг элемента питания при хелатировании, предотвращает процессы его связывания в почве. Корни растений поглощают хелаты, а те, в свою очередь, отдают растениям питательные элементы. Применение хелатных удобрений очень эффективно также при некорневых подкормках. Листья имеют защитное восковое покрытие. Воск отталкивает воду и растворенные в ней элементы, усложняя их проникновение в листья. Но органический комплекс хелата способен проходить сквозь восковое покрытие листа внутрь растения, где элемент усваивается. Хелатные микроудобрения могут применяться при предпосевной обработке семян, для корневых и некорневых подкормок. Они могут смешиваться с макроудобрениями, регуляторами роста и применятся одновременно.

Применение хелатных микроудобрений влияет на физиологические процессы в растениях. Так, в лабораторном опыте экспериментально было установлено влияние хелатных и сульфатных форм

меди и цинка в различных дозах на всхожесть, энергию прорастания и морфофизиологические показатели проростков семян яровой пшеницы. Установлено, что предпосевная обработка семян растворами сульфата меди в концентрациях от 0,24% до 0,53% угнетала развитие проростков семян. При использовании хелатных форм меди и цинка отмечено положительное действие их на ростовые процессы. Установлено, что существенно увеличилась длина корешков в варианте Cu-ЭДТА с концентрацией раствора 0,02%, длина проростка – Zn-ЭДТА с концентрацией раствора 0,24%, смеси растворов Zn-ЭДТА (0,24%) + Cu-ЭДТА (0,25%), смеси растворов Zn-ЭДТА (0,53%) + Cu-ЭДТА (0,53%) (Генкель, П.А., 1971). На серой лесной почве Республики Татарстан под влиянием медь-молибденового хелата чистая продуктивность фотосинтеза повышалась в период кущения-выхода в трубку при обработке препаратом двукратно в фазах кущения и выхода в трубку (на 15-23%), от выхода в трубку до колошения-цветения при обработке препаратом двукратно в фазах кущения и выхода в трубку и трехкратно в фазах кущения, выхода в трубку и колошения (на 11-22%). Во все фазы снижалась и интенсивность дыхания: в фазу кущения на 16-31%, выхода в трубку на 9-44%, колошения-цветения на 7-55%. Двукратная некорневая обработка медь + молибденсодержащим составом приводила в условиях засухи в фазу выхода в трубку к увеличению общего содержания воды (на 7 и 8%) и водоудерживающей способности листьев (на 16 и 27%) (Кузнецова, 2010). В условиях серых лесных почв Предкамья выявлен характер действия медь-молибденовых удобрительных составов на формирование урожая и его качественные показатели в зависимости от способов использования. Применение медь молибденсодержащих хелатных удобрительных составов для предпосевной обработки семян яровой пшеницы в норме 2-4 л/т оказывает положительное влияние на процессы роста и развития во все фазы онтогенеза: повышает лабораторную и полевую всхожесть семян и сохранность растений к уборке, снижает поражённость патогенами, увеличивает чистую продуктивность фотосинтеза, способствует оптимизации микроэлементного режима растений, рациональному использованию продуктивной влаги и NPK из почвы и удобрений, повышает урожайность зерна в среднем на 0,3-0,5 т/га (Муртазин, 2002). В Республике Татарстан на выщелоченном черноземе выявлено, что микроэлементы способ-

ствуют повышению интенсивности фотосинтеза, участвуя в построении и функционировании фотосинтетического аппарата и в фотохимических реакциях растений. Исследования листовой поверхности и параметров фотосинтетической деятельности картофеля при использовании различных вариантов предпосевной и некорневой обработок показали, что хелатные формы медь- и цинксодержащие микроудобрения способствуют повышению всех исследуемых показателей. Авторы считают, что в основе установленных эффектов лежит стимулирующее действие жидких удобрительных составов в отношении роста ассимилирующей поверхности листьев, а также удлинению сроков функционирования листового аппарата (Рахманова, Шаронова, Дегтярева, Гайсин, 2015). В Пензенской области на светло-серой оподзоленной супеси препарат Цитовит оказал положительное влияние на линейный рост растений яровой мягкой пшеницы. Высота растений увеличилась на 7,1 см по сравнению с контролем (103,3), длина колоса на 0,9 см (Семина, 2010). В условиях Московской и Самарской области Российской Федерации изучено применение лигногуматов и хелатных форм минеральных удобрений на картофеле. Опрыскивание ботвы картофеля в фазу бутонизации повышало ассимиляционную поверхность листьев и увеличивало продолжительность работы листового аппарата. В вариантах с опрыскиванием хелатами биометаллов пораженность растений болезнями снижалась в 1,2-2,0 раза. Поскольку в состав Микровита входят элементы Cu, Mn, Fe, Zn и др., используемые для борьбы с грибными и бактериальными болезнями, они оказывают фунгистатическое влияние на распространенность болезней, что позволяет снижать дозы фунгицидов при некорневых подкормках хелатами микроэлементов. В условиях жесточайшей засухи комплексное микроудобрение Микровит выполняет антистрессовую функцию (Федотова, Кравченко, Тимошина, Тучин, 2011). Микроудобрения в форме хелатов положительно влияют на урожайность зерновых культур в различных почвенно-климатических условиях при применении разными способами. Например, в Калининградской области для повышения урожайности озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах некорневую подкормку раствором Кристалон Специальный (содержит, в %: N – 18, P_2O_5 – 18, K_2O – 18, MgO – 3, B – 0,025, Cu – 0,01, Fe – 0,07, Mn – 0,04, Zn – 0,025, Mo – 0,004) проводили нормой 200 л/га. Микроэлементы в нем

находятся в хелатной форме. Наибольшая прибавка была достигнута в варианте с максимальной дозой препарата в фазе кущения, урожайность при этом составила 6,67 т/га, что на 21,1% выше, чем в контроле. В фазу колошения наибольшая прибавка составила 6,2%. Применение препарата наиболее эффективно на ранних фазах развития растений, а в фазе колошения не дало достоверной прибавки независимо от дозы. По-видимому, дефицит ряда микроэлементов в ранние фазы не может быть восполнен последующим их поступлением (Панасин, Рымаренко, 2013). Предпосевная обработка семян яровой пшеницы Азотовитом и Бактофосфином, а также их смесями с хелатными микроудобрениями медь+бор и медь+молибденсодержащим составом показала, что данный прием позволяет значительно повысить урожайность в условиях Республики Марий Эл. При недостатке влаги и повышенной температуре преимуществом обладает смесь Бактофосфина с медь+молибденсодержащим составом, а при достаточном увлажнении – смесь Азотовита с медь+бор-составом (Хузина, Габдрахманов, 2009). В опытах с горохом на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Беларуси применялись две обработки комплексным удобрением Кристалон. Первая подкормка проводилась в фазу выбрасывания усов в дозе 2 кг/га Кристалона желтого (содержит, в %: N – 13, P_2O_5 – 40, K_2O – 13, MgO – 3, B – 0,025, Cu – 0,01, Fe – 0,07, Mn – 0,04, Zn – 0,025, Mo – 0,004). Вторая подкормка – Кристалоном особым (содержит, в %: N – 18, P_2O_5 – 18, K_2O – 18, MgO – 3, B – 0,025, Cu – 0,01, Fe – 0,07, Mn – 0,04, Zn – 0,025, Mo – 0,004) проводилась в фазу начала образования бобов в дозе 2 кг/га. При этом урожайность семян по сравнению с фоновым вариантом возросла на 0,59 т/га (Кшникаткина, Аленин, 2011; Вильдфлуш, Мишура, Малашевская, 2016). В условиях Нечерноземной зоны и Поволжья изучалась эффективность обработки ботвы вегетирующих растений картофеля лигногуматами и акварином-12, в состав которого входят микроэлементы в хелатной форме (в %) – Fe – 0,054, Zn – 0,014, Cu – 0,01, Mn – 0,042, Mo – 0,004, B – 0,02. Эффективность рострегулирующего соединения лигногумата и хелатных удобрений определяется экологогеографическими условиями, а также скороспелостью сорта. На территориях с частыми стрессовыми ситуациями по тепло- или влагообеспеченности их применение дает достаточный сильный эффект. Прибавка урожая от обработки Аквамарином

составила от 13,1 до 35,8% (Коршунов, Митюшкин, Гаитова, Климатов, Митюшкин, 2009). Результаты исследований в Нижегородской области показали, что использование микроэлементов дает возможность повысить урожайность озимой пшеницы при обработке растений раствором на 12% (Сысо, 2007). В Пензенской области на светло-серой оподзоленной супеси изучено влияние предпосевной обработки семян микроудобрениями на основные элементы урожайности и технологические свойства яровой мягкой пшеницы. Обработку проводили препаратом Цитовит, который имеет состав (г/л): азот – 30, фосфор – 5, калий – 25, магний – 10, сера – 40, железо – 35, марганец – 30, бор – 8, цинк – 6, медь – 6, молибден – 4, кобальт – 2. Применение обработки обеспечивало увеличение урожайности на 11,5-16,9% (Семина, 2010). На среднеокультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Белоруси установлена высокая эффективность некорневых подкормок различными формами медьсодержащих удобрений. Обработка посевов сернокислой медью, препаратом Витамар, комплексным удобрением Эколист повышали урожайность зерна яровой пшеницы на 0,36, 0,50 и 0,45 т/га. Применение жидких удобрений Адоб Медь, Эколист Зерновые, МикроСил-Медь Л и Микро-Стим-Медь Л в виде некорневой подкормки повышали урожайность зерна озимой пшеницы на 0,67, 0,83, 1,10 и 1,02 т/га (Вильдфлуш, Мишура, Чуйко, 2018; Вильдфлуш, Мишура, 2010). В Республике Татарстан на серой лесной почве испытывали медь-молибденсодержащие хелаты при предпосевной обработке семян яровой пшеницы, наибольшая прибавка урожайности получена от удобрения в норме 2 л/т. Повышение нормы расхода препарата до 4 л/т не привело к росту продуктивности растений, максимальная (6 л/т) норма расхода понизила урожайность. Некорневая подкормка посевов обеспечила достоверные прибавки урожайности при использовании их в концентрации 0,05%, сочетание предпосевной обработки семян с некорневой подкормкой обеспечило самую высокую прибавку от микроэлементов – 0,76 т/га на удобренном фоне и 0,58 т/га – на фоне без удобрений (Гайсин, Муртазин, 2006). Изучена отзывчивость сортов твердой пшеницы на различный уровень минерального питания, предпосевную обработку семян хелатами с различным составом микроэлементов. Проведение перед посевом обработки семян медь-борсодержащим хелатом на расчетном фоне

3 тонны зерна с 1 га и медь-молибденсодержащим хелатом в варианте без удобрений, способствует повышению урожая зерна, улучшению его качества (до II класса), повышению экономической и биоэнергетической эффективности производства (Шибаева, 2002). Урожайность при некорневой обработке медь-молибденового хелата двукратно в фазах кущения и выхода в трубку и трехкратно в фазах кущения, выхода в трубку и колошения увеличивалась на 7-31 % (Кузнецова, 2010). На светло-серых лесных почвах Предкамья с низким и очень низким содержанием подвижных форм B, Mo, Cu, Zn, Mn, Co растения положительно реагировали на повышение в почве концентрации Zn – на 0,7 мг/кг, Cu – 2,24 мг/кг. Применение микроудобрений существенно повышало продуктивность шестипольного севооборота. Например, при внесении цинка, меди, молибдена, кобальта продуктивность севооборота возрастала на 16-22% и несколько меньше на 8-15% при использовании бора и марганца. Если по фону на 1 кг макроудобрений было получено 5,7-7,9 кг протеино-кормовых единиц, то при применении микроудобрений данный показатель достигал 10,0-11,1 кг. Между тем, их внесение совместно не было более эффективным (Гайсин, 1989; Гайсин, Сагитова, Хабибуллин, 2010; Гайсин, Муртазин, Муртазина, 2014; Гайсин, Пахомова, 2014). Исследования по изучению агробиологической оценки сортов полевого гороха и эффективности комплексных удобрений с микроэлементами в хелатной форме, регуляторов роста и бактериального препарата Байкал ЭМ-1 проводились в Пензенской области на выщелоченном черноземе. Предпосевную обработку семян гороха проводили Ризоторфином совместно с полностью растворимым комплексным удобрением с микроэлементами в форме хелатов Мастер специальный (3 кг/га), который содержит (в %) NPK (18 + 18 + 18) с микроэлементами: Mg – 3, S – 4, B – 0,02, Cu – 0,005, Mo – 0,001, Fe – 0,07, Mn – 0,03, Zn – 0,01; гумат калия-натрия с микроэлементами. При совместной предпосевной обработке семян Ризоторфином и Мастер специальный урожайность составила 3,04-3,39 т/га, с каждого гектара дополнительно получено 0,33-0,53 т/га (Кшникаткина, 2017). В природно-климатических условиях Ставрополья выявлено влияние микроудобрений Лигнас и Лаварин на урожайность озимой пшеницы. Эти удобрения содержат полный набор микроэлементов (цинк, молибден, медь, кобальт, железо, марганец) в хелатной форме. Результаты исследования показали, что проведение некорневой подкормки по флаговому

листу различными сочетаниями препарата Лигнас в комбинации с фунгицидами обеспечило прибавку урожая зерна от 0,33 до 0,47 т/га, а препаратом Лаварин – от 0,38 до 0,67 т/га (Губарева, Зайцев, 2010). На черноземе типичном тяжелосуглинистом малогумусном в условиях Курской области выявлено влияние хелатов микроэлементов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Некорневую обработку посевов проводили растворами Zn (0,9 г/га) и Cu (0,1 г/га). При обработке посевов в фазе кущения произошло увеличение урожая от действия цинка и меди на 5,6% и 15,7%, в фазу выхода в трубку – 8,3% и 51,0% соответственно (Митрохина, Проценко, Сапрыкина, Проценко, 2009). В Ульяновской области на слабовыщелоченном среднесуглинистом черноземе изучена эффективность предпосевной обработки семян яровой пшеницы жидкими удобрительно-стимулирующими составами (ЖУСС). ЖУСС-2 – концентрированный жидкий удобрительный медь-молибден-содержащий состав, массовая концентрация меди 32-40 г/дм^3, молибдена 14-22 г/дм^3. ЖУСС-3 – концентрированный жидкий удобрительный медь-цинк-содержащий состав, массовая концентрация меди 16,5-20 г/дм^3, цинка 35-40 г/дм^3. Обработка семян оказалась более эффективной, лучшие результаты были получены при дозах 2,0 л/т, прибавка урожайности от Cu+Zn составила 0,35 т/га или 17,0%, Cu+Mo – 0,24 т/га или 11,7% (Черкасов, Исайчев, Саматов, Никитин, 2012). В Пензенской области на выщелоченном черноземе изучена эффективность комплексных удобрений с микроэлементами в хелатной форме при выращивании ярового тритикале. Предпосевная обработка препаратами: Мастер специальный – комплексное удобрение с микроэлементами в форме хелатов (состав в %): N – 18, P – 18, K – 18, Mg – 3, S – 4, B – 0,02, Cu – 0,005, Mo – 0,001, Fe – 0,07, Mn – 0,03, Zn – 0,01) и Аквамикс – высококонцентрированный водорастворимый комплекс микроэлементов в хелатной форме (состав в %): Fe – 2,1, Mn – 2,57, Zn – 0,53, Cu – 0,53, Ca – 2,57, B – 0,52, Mo – 0,13), положительно повлияли на формирование агроценоза, продукционный процесс, урожайность и качество зерна. При обработке Мастер специальный и Аквамикс прибавка к контролю составила 0,47 т/га или 18,65% и 0,35 т/га или 15,5%, соответственно. При некорневой подкормке в фазе кущения урожайность (3,13 т/га), по отношению к контролю, увеличилась на 16,3%, колошения (2,89 т/га) – на 7,4%, молочной спелости (3,05 т/га) – на 13,3%.

Удобрения при подкормке вегетирующих растений в фазах кущения, колошения и молочной спелости способствовали усилению фотосинтетической деятельности агроценоза яровой тритикале (Кшникаткина, 2017). На лугово-черноземной почве Пензенской области изучено влияние различных видов комплексных удобрений с микроэлементами в хелатной форме на формирование урожайности яровой мягкой пшеницы при некорневой обработке в фазу кущения. Наибольшую прибавку урожайности зерна обеспечила фолиарная обработка посевов комплексным удобрением Цитовит – 1,07 т/га или 26,9% к контролю. Уступают ему по эффективности комплексные удобрения Гумостим, Грин Го и ЭкоФус, обеспечившие прирост урожайности на 12,6-14,8% (Кривобочек, Семина, Остробородова, 2017). В условиях республики Мордовия на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом изучено действие хелатных форм микроудобрений на урожайность яровой пшеницы в длительном стационарном опыте. Микроэлементы молибден и медь применяли в хелатной форме растворов путем опрыскивания посевов в начале цветения, что способствовало увеличению продуктивности на 0,10 т/га, в контроле – 2,37 т/га (Прокина, 2011). В условиях лесостепи Среднего Поволжья на чернозёме типичном среднегумусном среднемощном тяжелосуглинистом изучено влияние комплексных удобрений с хелатами микроэлементов в виде листовых подкормок на урожайность и качество зерна ярового ячменя, которые проводили в фазах кущения и выхода в трубку. Хелатоник – жидкое комплексное удобрение с хелатами микроэлементов, состав в %: N – 17, P_2O_5 – 7, K_2O – 9, Zn – 0,075, Cu – 0,075, Mn – 0,05, B – 0,025, Mo – 0,0075, Co – 0,001, Fe – 0,02. Нутривант Плюс зерновые – комплексное удобрение с хелатами микроэлементов, состав (%): N – 6, P_2O_5 – 23, K_2O – 35, MgO – 1, B – 0,1, Mn – 0,2, Zn – 0,2, Cu – 0,2, Fe – 0,05, Mo – 0,002. Использование данных хелатов в благоприятные по увлажнению годы позволили повысить урожайность ярового ячменя на 14-31%, сбор белка – на 11-66%. Наиболее эффективным из двух изучаемых препаратов оказался Хелатоник, при применении которого получены наибольшие прибавки урожая. В Курской области изучалось влияние микроэлементов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Некорневую обработку проводили растворами Zn, Cu в фазы трубкования и кущения. Было установлено, что при обработке посевов в период кущения, увели-

чение урожая было получено под действием меди на 0,45 т/га, урожайность в контроле составила 2,87 т/га. При обработке посевов в период трубкования отмечалась более высокая эффективность хелатных форм меди. Прибавка от использования хелатов цинка и меди по сравнению с контролем (2,41 т/га) составила 0,44 и 1,23 т/га соответственно. Лучшие результаты обеспечивает проведение некорневых подкормок в период трубкования, особенно при применении хелатов меди. Недостаточная обеспеченность микроэлементами явилась фактором, определяющим высоту, качество урожая и эффективность удобрения (Митрохина, Проценко, Сапрыкина, Проценко, 2009). На южных черноземах Оренбургской области наиболее эффективными при обработке семян были препараты хелатов, способствующие повышению урожайности озимой пшеницы на 0,26 и 0,23 т с 1 га. На Украине изучалось удобрение РЕАКОМ на основе хелатов Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Mo и B. В Харьковской области в контроле урожайность ячменя составила 2,49 т/га, при обработке семян препаратом – 3,17 т/га; озимой пшеницы – 20,0 и 26,3; на Николаевской опытной станции при некорневой подкормке озимой пшеницы – 3,28 и 3,72 т/га соответственно (Булыгин и др., 2007). При удобрении РЕАКОМ озимой пшеницы различных сортов установлено, что в контроле урожайность Киевской 8 составила 5,61 т/га, Лузановки – 5,86 и Белоцерковской полукарликовой – 5,66. При обработке семян и некорневой подкормке растений РЕАКОМ получены прибавки 0,59; 0,52; 0,44 т/га соответственно. По данным Института зернового хозяйства (г. Днепр) прирост урожая озимой пшеницы от обработки семян составил 0,47 т/га, и от некорневой подкормки – 0,64 т/га, а при объединении этих двух приемов – 1,10 т/га зерна, при урожайности в контроле 2,90 т/га. Результаты опытов с зерновыми культурами свидетельствуют о стабильности повышения урожая от применения микроудобрений (Булыгин и др., 2007). Некорневая подкормка озимой пшеницы в Ставропольском крае препаратом Лаварин и Лигнас (содержат хелаты Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Co) обеспечила прибавку 0,38 и 0,54 т/га соответственно при урожайности в контроле 4,0 т/га (Губарева, Зайцев, 2010). При изучении влияния некорневых подкормок микроудобрениями на урожайность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном лесостепи Центрально Черноземной зоны урожайность была минимальной на фоне (навоз, 40 т/га + $P_{60}K_{60}$ + N_{30}) и составила

3,58 т/га. При внесении хелатов микроэлементов максимальный результат был получен в варианте фон + Мастер ($N_{20}P_{20}K_{20}$ + MgO + S, B, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo) с прибавкой 0,34 т/га, а $CuSO_4$ – 0,29 т/га, $ZnSO_4$ – 0,22 т/га (Толоконников, Мязин, 2012). На серых лесных среднесуглинистых почвах в Республике Татарстан, определено комплексное воздействие микроэлементов на формирование урожая яровой пшеницы. Семена обрабатывали полусухим способом препаратом Микромак, содержащим микроэлементы. Прибавка урожайности в среднем составила 0,17 т/га, в контроле 2,25 т/га (Амиров, Толокнов, 2019). На серой лесной почве Предкамья изучена эффективность некорневой подкормки растений яровой пшеницы азотом в сочетании с медь- и цинксодержащим хелатным комплексным микроудобрением. Некорневую подкормку проводили в фазе колошения препаратом Cu+Zn (содержание меди – 15-20 г/л, цинка – 30-35 г/л.) на фоне внесения в почву под культивацию макроудобрений ($N_{60}P_{50}K_{50}$). Некорневая подкормка растений совместно с азотом в дозе 30 кг/га повысила урожайность зерна на 0,37-0,48 т/га. Увеличение урожайности достигнуто прежде всего за счет повышения массы 1000 зерен, максимум ее (40 г) наблюдается в варианте подкормки с медь+молибден 2 л/га + N_{30} против 30,4 г в контроле. Аналогично изменяется масса 1000 зерен в вариантах подкормки с препаратом медь+цинк отдельно, варьируя от 35,0 до 37,8 г (Гайсин, Муртазин, Муртазина, 2014). Исследованиями, проведенными в Омской области, установлено, что при низкой обеспеченности подвижной медью (0,07-0,14 мг/кг) в почве целесообразно применять медьсодержащие микроудобрения. Максимальная урожайность яровой пшеницы (3,37 т/га) получена от предпосевной обработки семян раствором хелатной формы с ЭДТА в концентрации 0,25% на фоне внесения азотно-фосфорных минеральных удобрений, прибавка урожайности зерна составила 17% (Волкова, 2020). В южной лесостепной зоне Западной Сибири на лугово-черноземной среднемощной среднегумусовой тяжелосуглинистой почве, изучено влияние предпосевной обработки семян раствором янтарной кислоты и хелата меди на продуктивность яровой пшеницы. Наибольшие прибавки урожайности получены на удобренном фоне: 0,59 т/га – при обработке янтарной кислотой в концентрации 10^{-3} М и 0,92 т/га – от хелата меди в концентрации 0,25%. Повышение продуктивности определялось увеличением длины и озернен-

ности колоса (Воронкова, Волкова, Цыганова, Балабанова, Дороненко, 2020). Таким образом, микроудобрения, в том числе их хелатные формы, эффективны при выращивании сельскохозяйственных культур на черноземных почвах.

1.5. Биохимические показатели качества зерна пшеницы в зависимости от применения удобрений

Содержание белка в зерне пшеницы

Зерно пшеницы включает в себя множество веществ, необходимых для нормального развития и жизнедеятельности человека и животных. Пшеница является основным источником растительного белка, ее зерно состоит из зародыша (3-5%), наружного перикарпия, слоя поперечных и трубчатых клеток, семенной оболочки (8,3%), алейронового слоя (7%), роговидного и мучнистого эндосперма (более 80%). Пшеничный зародыш отличается высоким содержанием токоферолов – витамина Е – около 350 мг/кг, более половины из которых относятся к биологически активным веществам. Содержание белков в зерне злаковых сравнительно невысокое, но их качество определяют биологическую, пищевую и кормовую ценность зерна. Белок зерновок пшеницы состоит из нескольких тысяч белков, выполняющих различные функции – структурные, запасные, защитные, транспортные, каталитические, энергетические и др. Основное количество белков являются ферментами, обеспечивающих жизнедеятельность клеток в период формирования и налива зерна, а также развитие проростков при прорастании семени (Созинов А.А., 1983; Бакаева Н. П., 2007; Баранова Э. В., 2009; Забродкин А.А., 2012; Зверева Н.А., 2012; Carlile, Bill, 2006; Peltonen-Sainio P., 2012).

По способности неодинаково растворяться в различных растворителях белки зерна пшеницы делятся на: альбумины – растворимые воде, глобулины – растворимые в солевых растворителях (5-10% раствор хлористого натрия или сернокислого калия), проламины – растворимые в 60-80% этиловом спирте и глютелины – растворимые в слабых растворах щелочей (NaOH) или кислот (уксусная кислота) (Дэвис, Д., 1996; Плешков Б.П., 1980; Морару С.А., 1987; Конарев В.Г., 1980; Бакаева, Н.П., 2015).

Перечисленные белки зерна злаковых культур можно подразделить на следующие группы: высокомолекулярные запасные белки – проламины и глютелины – имеют наибольший удельный вес в зерновках, доля которых составляет 80-85%; структурные белки – низкомолекулярные белки, альбумины, глобулины, частично глютелины, образуют с нуклеиновыми кислотами и липоидами структуры цитоплазмы и ядра; каталитические белки – альбумины и глобулины, обладающие ферментативной активностью (Павлов А.Н., 1984; Емельянова Н.А., 1970; Козьмина Н.П., 1976; Кулеватова Т.Б., 2014).

Содержание белка в зерне озимой пшеницы может изменяться в широких пределах от 9 до 25%, на накопление которого влияет множество факторов: генотип сорта, природно-климатические условия, кислотность почвы и обеспеченность ее основными элементами минерального питания и микроэлементами, предшественник, применяемые средств защиты (Пасынкова Е.Н., 2014; Пряхина С.И. и др., 2014; Плешков Б.П., 1976; Головоченко А.П., 2005).

Синтез белка в зерне пшеницы на 2/3 происходит за счет реутилизации из вегетативных органов азотистых веществ, накопившихся к началу цветения и на 1/3 – за счет азота, накопленного в период формирования, налива и созревания зерна корневой системой. Синтезирование белков происходит как на свободных рибосомах, так и на прикрепленных к мембранам и регулируется генетически. Накопление азотистых веществ вегетативными органами и корневой системой может изменяться в широких пределах в зависимости от погодных условий вегетационного периода, уровня увлажнения, особенностей сорта, азотных удобрений и других элементов минерального питания (Пасынкова Е. Н., 2012; Ионова Н. Э., 2009; Завалин А. А., 2003; Минеев В. Г., 1981; Павлов А. Н., 1984; Сабоиев И. А., и др., 2010).

Для пищевого и кормового использования пшеничного зерна важное значение имеют запасные белки, которые составляют основную часть белка и обуславливают хлебопекарные достоинства муки. Проламины и глютелины относятся к клейковинообразующим белкам, так как их молекулы способны в водной среде быстро объединяться и образовывать густую сеть тяжей. От количества и качества клейковины зависят реологические свойства теста, а соответственно объем хлеба и пористость мякиша в нем. Качество

клейковины зависит от сортовых особенностей, благоприятных почвенно-климатических и агротехнических условий выращивания. Изменение качества клейковины у одного и того же сорта при различных климатических условиях, методах агротехники и обеспеченности почвы питательными веществами показано во многих исследованиях (Агафонов А. К., 2015; Бакаева Н. П., 2007; Волкова Н.А., 2014; Глуховцев В.В., 2015; Денисова С.И., 2010; Дубовик, Д.В., 2007; Емельянова Н.А., 1970; Жарихина А.А., 2013; Казаков, Е.Д., 2005).

Накопление запасных веществ в зерновках злаковых складывается из последовательных этапов: формирования зерновок – органов запаса, поступления в них ассимилятов, превращения поступивших соединений в запасные вещества и отложения их в неактивной форме. В зерновках злаковых культур в запас в определенных частях клетки после многочисленных превращений откладываются высокомолекулярные вещества – крахмал и белок, накопление которых в различные фазы развития неодинаково. Многие ученые (Павлов А. Н,1974; Железова С.В., 2014; Жемела Г.П., 1988; Зеленский Н.А., 2012;) схожи во мнении, что в процессе налива зерна происходит увеличение запасных веществ до наступления молочной спелости, а содержание сахаров, небелковых азотистых веществ и золы снижается. При этом соотношение поступающих в зерно азотистых веществ и углеводов, которые, в конечном счете, и определяет белковистость зерна пшеницы, изменяется в зависимости от внешних условий и физиологического состояния листьев. В некоторых исследованиях показано, что количество азотистых веществ резко снижается до фазы молочной спелости, после чего находится примерно на одном уровне, а по данным некоторых других исследований, абсолютное количество небелковых азотистых веществ в зерне пшеницы увеличивается к фазе молочной спелости, а затем снижается. Вероятно, это связано с погодными условиями, при которых происходит налив зерна. В прохладных и влажных условиях синтез высокомолекулярных соединений замедляется, а в начале налива зерна приток растворимых азотистых соединений происходит быстрее, чем синтез белка (Павлов А.Н.,1974; Кучеров Д.И., 2007; Мельник А.Ф., 2012; Пасынкова Е.Н., 2014; Вострокнутов С.А., 2012; Горянин О.И., 2015).

Одним из методов агротехники с целью получение зерна пшеницы с высоким содержанием белка является применение удобрений. Помимо азота, фосфора и калия, для нормального роста и развития озимой пшеницы, необходимы микроэлементы: медь, молибден, бор, цинк, марганец и др. Микроэлементы входят в состав ферментов, витаминов, гормонов и способствуют большему поглощению макроэлементов. В экспериментальных исследованиях Шеуджена А. Х. и сотрудников показано, что включение микроудобрений в систему удобрений при выращивании озимой пшеницы положительно повлияло на минеральное питание растений, количество и качество урожая. Медь и цинк увеличили содержание белка в зерне соответственно на 1,3 и 1,1%, клейковины – на 3,8 и 3,4% (Шеуджен А.Х., 2014).

Углеводный комплекс зерна пшеницы

Основная часть сухого вещества зерна состоит из углеводов, которые представлены крахмалом, клетчаткой, гемицеллюлозой, пентозанами, в небольшом количестве содержатся сахароподобные полисахариды – ди- и трисахариды – и простые сахара (глюкоза, фруктоза). Преобладающая доля углеводов, содержащихся в зерне пшеницы, приходится на крахмал, который создает основу растительной клетки, непосредственно участвует в энергетических процессах и откладывается в виде запасных питательных веществ, а также является энергетическим источником при прорастании семян (Ильченко В. Е., 2008; Казаков Е. Д., 2005; Кондратенко Е. П., 2015; Мамадюсуфова М. Г., 2013; Носатовский А.И., 1965; Duffus C.M., 1979).

Крахмал в зерне пшеницы в основном накапливается в эндосперме в виде зерен и отсутствует в зародыше, оболочках и алейроновом слое. Содержание крахмала в зерне зависит от условий выращивания и может изменяться в широких интервалах от 49 до 73%. Крахмал состоит из амилопектина (на 75-80%) и амилозы (на 20-25%).

Структура зерен крахмала и их связь с белком определяют консистенцию эндосперма – от мучнистой до стекловидной. В процессе хлебопечения крахмал играет важную роль и выполняет ряд функций: являясь источником сбраживаемых углеводов, подвергается гидролизу под действием амилолитических ферментов; участвует в процессе формирования теста за счет высокой водопоглоти-

тельной способности; клейстеризации при выпечке, за счет поглощения воды. В процессе клейстеризации, крахмальные зерна в горячей воде увеличиваются в объеме, становятся более рыхлыми, тем самым легче поддаются действию амилолитических ферментов. Температура клейстеризации пшеничного крахмала составляет 62-65 °С (Казаков Е.Д., 1980; Коданев И.М., 1976; Козьмина Н.П., 1978; Исайчев В.А., 2012; Sandstedt R.M., 1961).

Состояние крахмальных зерен, их крупность и целостность, влияют на консистенцию теста, содержание в нем сахаров и водопоглотительную способность. Более мелкие и поврежденные зерна связывают больше влаги в тесте, чем крупные и плотные. Крахмал обладает способностью связывать воду до 80%, под воздействием ферментов в процессе брожения теста образуются сахара с выделением газа, что обуславливает пористость хлеба (Губанов Я.В., 1988; Кретович В.Л., 1981; Пруцков Ф.М., 1976; Костин В.И., 2012; Куркаев В.Т., 1977; Лухменев В.П., 2014).

Содержание сахаров в спелом зерне пшеницы находится на уровне 3-6%, основная часть которых сосредоточена в зародыше, в эндосперме они распределяются преимущественно в периферийной его части и меньше в центре. Сахара представлены моносахаридами – глюкозой и фруктозой, дисахаридами – сахарозой, и трисахаридами – рафинозой. Их важная роль заключается в начальных периодах роста и развития зародыша, а также имеют определенное значение и при выпечке хлеба: сахара необходимы для нормального развития дрожжей и молочнокислых бактерий в тесте (Pigorev, I.Ya., 2014; Глуховцева Н.И., 1977; Емельянова Н.А., 1970; Казаков Е.Д., 2005).

Клетчатка содержится в оболочках, алейроновом слое и небольшое количество в стенках клеток эндосперма и составляет около 2-3% от общей массы зерна. На долю пентозанов и других углеводов приходится до 6-8% от общей массы, они содержатся во всех частях зерна, наибольшая концентрация в оболочках и алейроновом слое. Пентозаны относятся к запасным веществам, определенная часть которых участвует в гидролитических процессах в тесте, улучшая качество продукта (Дубовик Д.В., 2007; Зверева Н.А., 2012; Казаков Е.Д., 1992; Козьмина Н.П., 1951).

Накопление углеводов в зерне пшеницы происходит в большей степени благодаря прямому фотосинтезу ассимилирующих органов в период налива зерна, в меньшей – реутилизации углеводов из

вегетативных органов. Отток углеводов из вегетативных органов зависит от уровня азотного питания, при недостаточном содержании в почве азота, процент реутилизации из органов растения повышается (Ерошенко Ф.В., 2010; Полонский В.И., 2009; Рахимов М.М., 2011).

Поступление в развивающееся зерно углеводов, образованных в результате фотосинтеза в период налива зерна, осуществляется при участии всех органов, содержащие хлорофилл и способные к фотосинтезу: листья, стебли, колосковые и цветковые чешуи, ости, листовые влагалища. Основное количество углеводов у злаковых культур в фазе формирования зерна поступает из верхних листьев, нижние листья утрачивают способность к снабжению. На ранних этапах развития ассимиляты из нижних листьев перетекают в верхние растущие листья, а начиная с фазы колошения, в колос ассимиляты поступают только из верхних листьев. Также было установлено, что у растений пшеницы флаговый лист участвует в снабжении продуктами фотосинтеза колосьев, а листья второго и третьего ярусов обеспечивают ассимилятами корни. В процессе налива зерна главную роль в снабжении зерна углеводами занимает колос, так как колосья значительно дольше остаются зеленым и не утрачивают способность к фотосинтезу, в отличие от листьев, а колосковые и цветковые чешуи имеют хорошо развитую ассимиляционную и водоносную ткани. Количество углеводов в зрелом зерне складывается из поступивших в зерновки углеводных продуктов фотосинтеза за исключением углеводов, потраченных на дыхание (Ионова Н.Э., 2009; Пасынкова Е.Н., 2012; Коновалов Ю.Б., 1981; Кудашкин М.И., 2010; Пасынкова Е.Н., 2012).

Направленность и интенсивность оттока ассимилятов зависит от условий минерального питания. Как отмечалось многими авторами, при недостатке одного из элементов минерального питания – азота, фосфора или калия – затормаживается процесс оттока ассимилятов. Усиление азотного питания положительно проявляется на отток ассимилятов только в том случае, когда растение испытывало дефицит данного элемента, при отсутствии азотного голодания дополнительное внесение азота может привести к торможению оттока ассимилятов. Однако, повышение продуктивности фотосинтеза целого растения в условиях усиленного азотного питания происходит экстенсивным путем, за счет увеличения площади ассимиляционной поверхности и продолжительности жизнедеятельности листьев.

Как отмечает Андрианова (1978), хлорофильный фотосинтетический потенциал у растений пшеницы под влиянием удобрений возрастал в 1,5-2 раза, однако, каждая тысяча единиц фотосинтетического потенциала при внесении удобрений обеспечивала зерна меньше, чем без удобрений, следовательно, повышение урожая на фоне удобрений происходит за счет увеличения площади ассимилирующей поверхности и времени фотосинтетической деятельности органов растения, а не интенсивности фотосинтеза. (Минеев В.Г., 1981; Мельник А.Ф., 2014; Пасынкова Е.Н., 2014; Третьяков Н.Н., 1990)

В растениях на протяжении всей жизнедеятельности происходят изменения углеводов, особенно, глубинные превращения, отмечают при отложении их в запасных органах, а также при прорастании семян. Усиленное образование углеводов, интенсивный отток растворимых углеводов из листьев к зерну и синтез крахмала в нем, происходит на стадии молочной спелости зерна до начала восковой спелости. При наступлении восковой спелости зерна приток растворимых углеводов прекращается. Изменение углеводного комплекса пшеницы происходит в зависимости от сортовых особенностей и условий выращивания, а также при повреждении зерна сельскохозяйственными вредителями (Зотиков В.И., 2007; Шаболкина Е.Н., 2009; Исайчев В.А., 2013; Дубовик Д.В., 2014).

Протео- и амилолитические ферменты зерна пшеницы

Ферменты являются специфическими биологическими катализаторами белковой природы, ускоряющие процессы биохимических реакций и выполняющие важные функции в процессах обмена веществ. Механизм их действия заключается в снижении энергии активации, необходимой для прохождения химической реакции. Для взаимодействия двух веществ, необходимо сближение их молекул для осуществления химической реакции. При сближении молекул взаимодействовать могут только те молекулы, которые обладают необходимой для этого энергией (Плешков Б.П., 1976; Леонова С.А., 2010)

При соединении фермента с активным веществом (субстратом), молекулы субстрата становится более активными, энергетический уровень молекул значительно возрастет вследствие поляризации, смещения электронов, деформации связей. После образования

фермент-субстратного комплекса молекулы субстраты обеспечиваются более высоким энергетическим уровенем, в связи с чем, для преодоления ими энергетического барьера требуется меньше дополнительной энергии. Субстрат соединяется со строго определенными, сравнительно небольшими участками фермента, вследствие того, что молекула фермента значительно больше, чем молекулы веществ. Фермент-субстратный комплекс является легкообратимым процессом, ввиду того, что соединение фермента с субстратом происходит за счет водородных связей, ион-дипольных взаимодействий и др., а ковалентные связи в данных комплексах не образуются.

Сущность действия фермента состоит в том, что происходит направление реакции по путям, снижающим энергию активации, необходимую для протекания данной реакции. Фермент активно участвует в реакции, но выходит из нее в первоначальном состоянии. Отличительной особенностью ферментов является то, что фермент катализирует лишь одну химическую реакцию, не сопровождаемую побочными продуктами, и идут с выходом 100% (Плешков Б.П., 1976; Козьмина Н.П., 1951; Никитина Е.В., 2013).

Все ферменты подразделяют на однокомпонентные, состоящие только из белка, и двухкомпонентные, содержащие белки и вещество небелковой природы, называемое простетической группой. Для действия ферментов необходимы определенные условия, в большей степени оказывают влияние pH и температура. Изменение активности ферментов влияет на интенсивность и направленность биохимических процессов, что приводит к количественным изменениям урожайности культуры и его качеству. Активность ферментов в растениях изменяется в зависимости от культуры, температуры и влажности, уровня минерального питания в процессе выращивания и ряда других факторов. (Савчук Т.Е., 2002; Чумикина Л.В., 2009; Гридина С.Б., 2014).

В зернах пшеницы присутствуют разнообразные ферменты, находящиеся в большей степени в зародыше и периферийных частях зерна. Ферменты играют важную роль при прорастании семян, превращая запасные вещества семян в легкоусвояемую форму. К таким ферментам относятся: диастаза, амилаза – расщепляющие крахмал и сахар; липаза, расщепляющая жиры; протеазы – ферменты, катализирующие реакции расщепления белка и полипептидов;

пероксидаза – окислительные ферменты, принимающие участие в дыхании растений (Кретович В.Л., 1980). Также активность ферментов в зерне является важнейшим показателем хлебопекарных достоинств. После замеса теста начинаются ферментативные реакции с участием гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов муки. Действие гидролитических ферментов заключается в разложении сложных веществ муки на более простые, водорастворимые. Окислители затормаживают процесс протеолиза, за счет групп образуются дисульфидные связи, укрепляющие структуру белковой молекулы, а соответственно клейковину и консистенцию пшеничного теста. Восстановители наоборот, способствуют разрыву этих связей и ослаблению клейковины и теста. Реологические свойства теста и характер брожения зависят от автолитических процессов, интенсивность которых изменяется в зависимости от вида фермента. Важное значение имеют ферменты амилолитического и протеолитического комплекса (Кретович В.Л., 1958; Лазарева Л.В., 1973)

Протеолитические ферменты (протеазы) относятся к классу гидролаз, катализирующие расщепление белков, которые подразделяются на две группы: протеиназы и пептидазы. Пептидазы катализируют гидролитическое расщепление полипептидов и дипептидов. Протеиназы производят непосредственно гидролиз белков, при этом из белка образуются пептоны – продукты неполного гидролиза белков – полипептиды и свободные аминокислоты (Казаков Е.Д., 2005; Кретович В.Л., 1958; Boisen S., 1983; Brett F., 2009). Под действием протеолитических ферментов белки распадаются до аминокислот. Активность протеаз в здоровом, не проросшем зерне не велика. Действие ферментов зависит от молекулярной структуры субстраты. Большое влияние на действие протеолитических ферментов оказывает способность белка в большей или меньшей степени сопротивляться действию фермента, которое зависит от сортовых особенностей культуры. Белки одного сорта легче поддаются расщеплению под действием фермента, другого сорта – атакуются меньше (Heldt, H.-W., 2005). Это обстоятельство оказывает воздействие на белки при тестоведении, различающиеся по физическим свойствам клейковины и, соответственно, хлебопекарным достоинствам.

Интенсивность действия протеолитических ферментов,

направленных на расщепление белка зависит от определенных химических группировок (например, сульфгидрильных, аминных и оксигрупп), присутствующих в белке и структуре белка – первичной, вторичной и третичной. Отсутствие этих групп приводит к изменению атакуемости белков ферментами. При восстановлении дисульфидных связей скорость расщепления белка протеиназами возрастает, а блокирование оксигрупп бензилированием или ацетилированием понижает атакуемость белка (Казаков Е.Д., 2005; Карачева Г.С., 2010; Кузьминых, А.Н., 2010).

Амилолитические ферменты (амилазы) воздействуют на крахмал с образованием декстринов и мальтозы. Декстрины представляют собой высокомолекулярные вещества, являются промежуточными продуктами расщепления крахмала в результате воздействия амилаз и кислот. В конечном счете, расщепление крахмала амилолитическими ферментами заканчивается образованием мальтозы и постепенным изменением формы крахмальных зерен, а при расщеплении под действием кислот – глюкоза. Декстрины различают по составу и молекулярной массе. Сначала при действии амилаз на крахмал образуются декстрины с большой молекулярной массой – амилодекстрины, затем образуются с меньшей массой – эритродекстрины, затем ахроодекстрины (не образуют окраски с йодом) и наконец, образуются мальтодекстрины – декстрины близкие к мальтозе с низкой молекулярной массой. В конечном счете, образуется мальтоза. (Гридина С.Б., 2014; Buonocore V., 1986; Huang, J.-S.).

Податливость крахмала действию амилолитических ферментов (атакуемость крахмала) неодинакова и изменяется в зависимости от сорта или разных частей одного и того же растения. Действие амилаз на крахмал возрастает с уменьшением размеров крахмальных зерен, т.е. с увеличением их относительной поверхности, поэтому для увеличения активности фермента необходимо механически изменить структуру зерен, при растирании в ступке или при помоле зерна на мукомольных предприятиях. Таким образом, скорость расщепления крахмала под действием амилолитических ферментов зависит не только от количества и активности фермента, но и от атакуемости субстрата (Плешков Б.П., 1980; Мусынов К.М., 2007; Ряховский А.В., 2005; Christensen C.M., 1969).

Амилазы содержатся в зерне в свободной форме и связанной. В зависимости от характера действия в зерне различают α-амилазу и β-амилазу.

α-Амилаза (декстриногенамилаза) расщепляет крахмал с образованием большего количества декстринов и меньшего – мальтозы; β-Амилаза (сахарогенамилаза) воздействует на крахмал с образованием мальтозы и небольшого количества декстринов (Сафонова М.П., 1964).

Амилолитические ферменты выполняют важную роль в оценке качества зерна и муки, т.к. процесс брожения и накопления сахара в тесте зависит от скорости образования мальтозы, что в свою очередь связано с активностью амилаз. α-Амилаза обладает большей термостабильностью и может действовать во время выпечки хлеба, в отличие от β-амилазы. В нормальном, непроросшем зерне пшеницы содержится только β-амилаза, α-амилаза образуется только при прорастании (Рядчиков В.Г., 1978; Савчук Т.Е., 2002).

Глава 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Почвенно-климатические условия, сложившиеся в годы проведения исследований

Исследования по изучению изменения урожайности и биохимических показателей качества зерна озимой и яровой пшеницы в лесостепи Заволжья на фоне применения предпосевной обработки семян хелатными микроудобрениями и подкормки азотными удобрениями проводили на опытном поле Самарского ГАУ, которое находится в центральной зоне Самарской области или южной части лесостепи Заволжья. Почвы в зоне в основном выщелоченные, обыкновенные и типичные черноземы среднегумусные среднемощные тяжелосуглинистые. Рельеф опытного поля выровненный, облесенность окружающей территории 8-10% (Агроклиматический справочник по Куйбышевской области, 1956). Этот подтип черноземной почвы занимает свыше 20% всей территории Самарской области и преобладает в лесостепной зоне Заволжья. Данная почва имеет реакцию среды (pH) близкую к нейтральной, среднее содержание гумуса, сравнительно большую поглотительную способность. Эта почва по своим физико-химическим и водным свойствам вполне отвечает требованиям успешного возделывания ведущих полевых культур (Агроклиматические ресурсы Куйбышевской области, 1968; Панников, В.Д., 1987; Ишкова С.В., 2012).

Метеорологические условия за период с 2010-2019 гг.

Погодные условия лета 2010 года создали сильное иссушение почвы ко времени посева озимых культур. Осадки, выпавшие в третьей декаде августа (28 мм) создали увлажнение верхнего слоя почвы и обеспечили прорастание семян и появление всходов. В сентябре и первой половине октября осадков выпало на 60% меньше нормы, что также не способствовало осеннему развитию растений. В условиях недостаточного увлажнения всходы, как правило, появляются слабые, изреженные, в зиму посевы уходят недостаточно развитыми и укоренившимися.

Устойчивый снежный покров в 2010 г. сформировался в обычные сроки – в третьей декаде ноября, и благодаря обилию зимних

осадков во все месяцы зимнего периода высота его на метеоплощадке (полузащищенный участок местности) в два и более раза превышала многолетние значения. Промерзание почвы было слабым (лишь до 40 см в январе и феврале), и даже февральские морозы (минимальная температура воздуха опускалась ниже 33 °С) не привели к промерзанию глубже 47 см (норма 100 см). Это свидетельствует о том, что условия перезимовки озимых культур сложились достаточно благоприятные.

Полное стаивание снежного покрова и переход температуры воздуха через 5 °С весной 2011 г. пришлось на вторую декаду апреля, что примерно соответствует обычным срокам. Температурный режим весеннего периода повышался постепенно, переход температуры воздуха через 10°С также отмечался в обычные сроки – 28 апреля.

В результате таяния мощного снежного покрова весной в почву поступило значительное количество влаги. Влажная и умеренно теплая погода первой и второй декад апреля способствовали медленному постепенному подсыханию и прогреванию пахотного слоя почвы. Поздних весенних заморозков в воздухе не отмечалось, на почве последний заморозок силой –1,5 °С отмечен 13 мая и отрицательного влияния на посевы не оказал.

В мае и июне температурный режим удерживался в диапазоне 15-20 °С при достаточном количестве осадков (в мае выпало 144% от нормы, в июне – 272%), возврата холодов не отмечалось. Все это создавало благоприятные условия для кущения растений, способствовало нормальному росту и развитию сельскохозяйственных культур, формированию хорошего фотосинтетического аппарата.

С 26 июня по 31 июля 2011 г., т.е. в течение 34 дней, отмечалась жаркая погода с максимальными температурами воздуха выше +25°С, при отсутствии эффективных осадков (более 5 мм в сутки). Условия указанного периода характеризуются как опасное агрометеорологическое явление – атмосферная засуха. Засуха способствовала более быстрому созреванию культур, не благоприятствовала наливу зерна и оказалась сдерживающим фактором для формирования высокого урожая.

Общее количество осадков за период с температурами выше +10 °С составило 328 мм, что вдвое больше среднемноголетнего значения. Гидротермический коэффициент оказался равным 1,2 и характеризует условия вегетационного периода 2011 г. как

влажные (Самохвалова Е.В., 2011). Климатограмма метеорологических условий за вегетационный период 2010-2011 гг. представлена на рисунке 1.

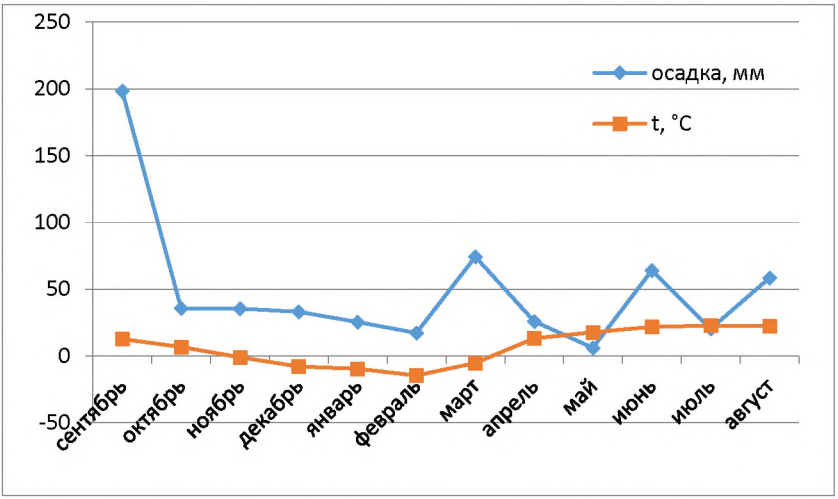


Рис. 1. Климатограмма метеорологических условий за вегетационный период 2010-2011 гг.

Температурные условия осени 2011 г. (августа и сентября) сложились благоприятно для посева озимых культур. Среднесуточные температуры в третьей декаде августа составили 15,5 °С, что близко к оптимальной. В сентябре температура постепенно снижалась, и к концу месяца достигла 8,8 °С. Продолжительность периода активной вегетации составила 185 дней, что на 37 дней дольше обычного. Нарастание тепла весной 2012 года шло значительно интенсивнее, чем в среднем году. Сумма активных температур (выше 10 °С) составила 3475 градусов, что на 925 градусов выше среднемноголетнего значения(2550). В целом по температурным условиям 2012 год характеризуется как вполне благоприятный для сельскохозяйственных культур. Количество осадков за отчетный год выпало 462 мм, при среднегодовом количестве осадков 410 мм, (т.е. на 12,7% больше среднемноголетнего количества). Существенно больше «нормы» осадков выпало в марте (74,8мм при среднемноголетнем количестве 24,0 мм). Также повышенное количество осадков отме-

чено в июне (на 25,0 мм больше среднемноголетнего значения), августе (на 14,6 мм), октябре (на 17,6 мм) и декабре (на 12,6 мм). Месяцем с небольшими осадками оказался май – 6,1 мм, при при среднемноголетней норме 33 мм. Гидротермический коэффициент составил 0,66. Климатограмма метеорологических условий за вегетационный период 2010-2011 гг. представлена на рисунке 2.

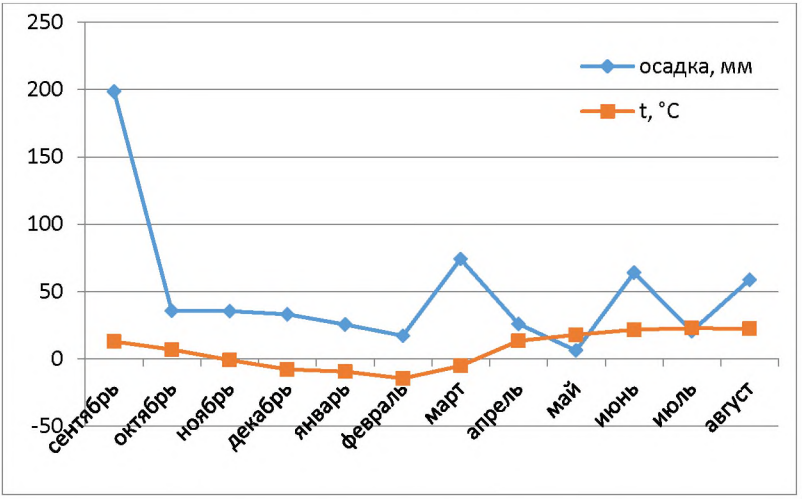


Рис. 2. Климатограмма метеорологических условий
за вегетационный период 2011-2012 гг.

Критических погодных явлений поздней осенью 2012 г. и в начале зимы 2012-2013 гг. не отмечено. Зимний период был теплее обычного с превышением среднемноголетней нормы осадков на 40,6%. В январе и феврале количество выпало на уровне среднемноголетних значений. Снежный покров сформировался в 3-ей декаде декабре, высота его не превышала 15 см. Критических морозов не отмечалось и условия перезимовки озимых культур можно характеризовать вполне удовлетворительными, хотя отсутствие достаточного снежного покрова при низких температурах ухудшало условия перезимовки озимых культур.

Нарастание тепла весной 2013 года шло значительно интенсивнее среднего года, начиная с апреля и мая месяцев. В сочетании с достаточным количеством осадков в августе 2012 г., а также в сентябре и октябре условия прорастания семян озимой пшеницы,

начального роста и кущения характеризуются как хорошие. Сумма активных температур в 2013 гг. (выше 10 °С) составила 2986 градусов, количество осадков за год составило 548,6 мм (на 3,1% больше среднемноголетнего количества).

В марте осадков выпало на уровне среднемноголетнего значения, в апреле количество превысило среднемноголетнюю норму в 1,9 раза. Это способствовало пополнению запасов влаги в почве и благоприятно в дальнейшем сказалось в первую очередь на посевах озимых. Май оказался засушливым с превышением температуры воздуха на 3,4 °С. Период активного роста сельскохозяйственных культур (июнь-июль) характеризовался высоким температурным режимом (на 2,9 и 1,2 °С выше соответственно среднемноголетней нормы) и засушливостью. Существенные осадки выпали только в третьей декаде июля.

Общее количество осадков за вегетационный период, гидротермический коэффициент, отсутствие неблагоприятных погодных условий, наличие большого количества тепла позволяют считать 2013 год в целом благоприятным для роста и развития сельскохозяйственных культур. Климатограмма метеорологических условий за вегетационный период 2012-2013 гг. представлена на рисунке 3.

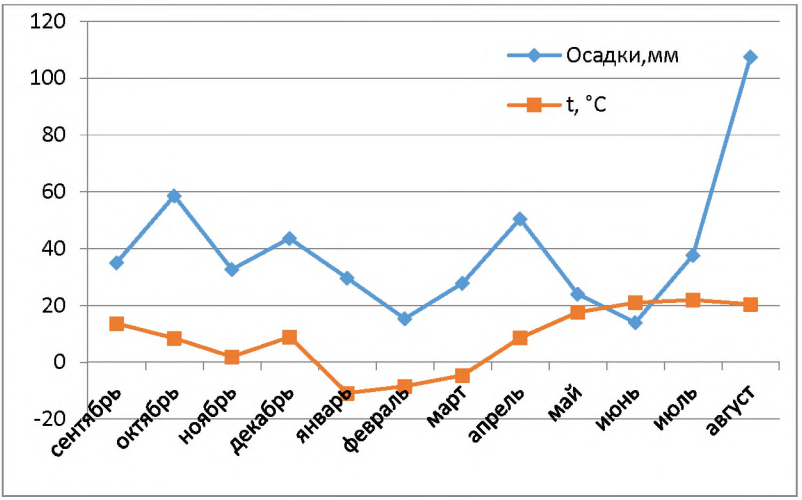


Рис. 3. Климатограмма метеорологических условий за вегетационный период 2012-2013 гг.

Погодные условия осени 2013 г. сложились благоприятно для посева озимых культур, температурный режим соответствовал норме, осадки способствовали пополнению почвенной влаги и обеспечили прорастание семян и дальнейшее осеннее развитие. Промерзание почвы зимой 2013-2014 гг. началось уже в ноябре, при отсутствии снежного покрова. Однако слабые морозы не способствовали глубокому промерзанию, которое к началу декабря достигло всего лишь 15 см. Устойчивый снежный покров сформировался 1 декабря и, благодаря обилию зимних осадков промерзание почвы было незначительным, изменялось в пределах 36 см. Это свидетельствует о том, что условия перезимовки озимых культур сложились достаточно благоприятно.

В результате таяния мощного снежного покрова весной 2014 г. в почву поступило значительное количество влаги. Жаркий и сухой период с мая по июнь способствовал ускорению развития растений и кущению в более сжатые сроки. Сумма активных температур достигла 2869 градусов, количество осадков за год составило 353,5 мм (66%). Климатограмма метеорологических условий за вегетационный период 2013-2014 гг. представлена на рисунке 4.

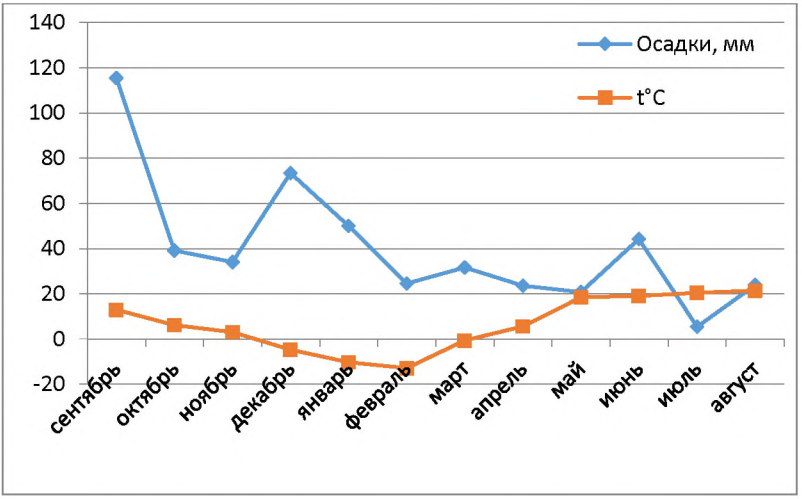


Рис. 4. Климатограмма метеорологических условий
за вегетационный период 2013-2014 гг.

Осенний период 2014 года можно охарактеризовать как теплый, среднемесячная температура воздуха превысила среднемноголетнюю норму в сентябре на 1,7, в октябре – на 1,8, в ноябре – на 6,9 °С. Количество осадков за данный период выпало 75,7 мм, что на 47,3 мм ниже среднемноголетних значений. Особенно засушливым оказался сентябрь, выпало 12,4 мм.

Зимний период также был теплее обычного на 4,1 °С с превышением среднемноголетней нормы осадков на 83,7%. При этом обильные осадки наблюдались, начиная со второй декады декабря в течение всего зимнего периода. Устойчивый снежный покров сформировался во 2-ой декаде декабря.

В течение всего весеннего периода температура воздуха была выше нормы в среднем на 2,4 °С, что привело к быстрому сходу снежного покрова.

Весенний период характеризовался обилием осадков (102,5 мм) и их неравномерным выпадением. Наибольшее их количество составило в апреле 60,9 мм, что в 2,3 раза больше среднемноголетнего значения. Март характеризовался небольшим количеством осадков, в мае их количество немного превысило среднемноголетний показатель. Обильные осадки в зимне-весенний период существенно пополнили почвенные запасы влаги и способствовали в последующем хорошей перезимовке озимых культур и их нормальному развитию в весенний период.

Июнь характеризовался повышенным температурным режимом и отсутствием осадков. Июль был немного прохладнее обычного и характеризовался обилием осадков. Эти осадки несколько улучшили влагообеспеченность полевых культур и могли положительно повлиять в основном на урожайность озимых и поздних яровых культур. Август также характеризовался небольшим количеством осадков и был несколько прохладнее обычного. Климатограмма метеорологических условий за вегетационный период 2014-2015 гг. представлена на рисунке 5.

Осенний период 2015 года, за исключением октября, можно охарактеризовать как теплый, среднемесячная температура воздуха превысила среднемноголетнюю норму в сентябре на 4,3, в ноябре на – 3,50 °С (таблица 1). Количество осадков за данный период выпало 212,3 мм, что на 89,3 мм выше среднемноголетних значений (таблица 2). При этом засушливым оказался сентябрь, выпало 8,0 мм

осадков. Такие погодные условия не способствовали появлению дружных всходов и нормальному развитию озимых культур в осенней период, что в дальнейшем отрицательно сказалось на их урожайности. Однако погодные условия в октябре и ноябре оказались влажными и способствовали хорошей влагозарядке.

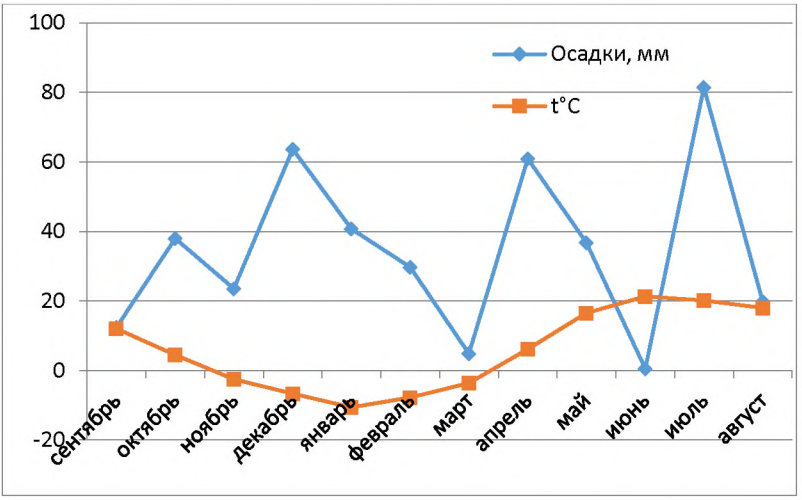


Рис. 5. Климатограмма метеорологических условий
за вегетационный период 2014-2015 гг.

Зимний период также был теплее обычного на 6,8 °С с превышением среднемноголетней нормы осадков на 124,8%. Особенно теплыми были декабрь и февраль. При этом обильные осадки наблюдались в течение всего зимнего периода. Устойчивый снежный покров сформировался в второй декаде декабря. Такие погодные условия способствовали хорошей перезимовки озимых культур и существенно пополняли в весенний период запасы продуктивной влаги в почве.

В течение всего весеннего периода температура воздуха была выше нормы в среднем на 4,8 °С, что привело к быстрому сходу снежного покрова и способствовало быстрому началу полевых работ.

Таблица 1

Средняя температура воздуха в 2015-2016 сельскохозяйственном году по данным агрометеостанции Усть-Кинельская

Средняя температура воздуха, °С					
Месяц	декады			за месяц	
	I	II	III	средняя	среднемноголетняя норма
2015 год					
Сентябрь	16,7	15,7	17,3	16,6	12,3
Октябрь	5,9	3,9	1,1	3,6	4,3
Ноябрь	2,0	-3,9	-0,8	-0,4	-3,9
Декабрь	0,3	-5,3	-3,2	-2,7	-10,6
2016 год					
Январь	-13,4	-8,9	-13,1	-11,8	-13,7
Февраль	-1,9	-4,7	-1,2	-2,6	-13,1
Март	0,3	-1,2	1,0	-0,1	-7,0
Апрель	5,2	13,3	11,4	10,0	4,7
Май	14,6	14,2	20,3	16,4	14,1
Июнь	15,9	22,4	21,5	19,9	18,7
Июль	21,4	23,8	22,9	22,7	20,7
Август	25,3	26,9	21,6	24,6	18,8
Всего				8,0	3,8

Весенний период характеризовался неравномерностью выпадением осадков. Так, в апреле количество выпавших осадков превысило многолетние показатели более, чем в 2,5 раза. В марте и мае количество осадков не сильно отличалось от среднемноголетнего значения. В целом за весенний период количество атмосферных осадков составило 128,8 мм, что на 44, 8 мм больше среднемноголетнего значения. Обильные осадки в зимне-весенний период существенно пополнили почвенные запасы влаги и способствовали в последующем хорошей перезимовке озимых культур и их нормальному развитию в весенний период.

Июнь характеризовался повышенным температурным режимом и выпадением небольшого количества осадков, что крайне отрицательно сказалось на росте и развитии всех зерновых культур и в первую очередь на культурах раннего срока посева.

Июль был в среднем на 2 °С жарче обычного, осадков выпало на уровне нормы. Однако это не сильно повлияло на улучшение водного режима почвы, поскольку критические фазы прошли зерновых культур в жестких погодных условиях.

Август был жарким и характеризовался практически отсутствием осадков. Такая погода отрицательно сказалась на росте и развитии всех культур и в большей степени яровых колосовых и сои.

Таблица 2

Осадки в 2015-2016 сельскохозяйственном году
по данным агрометеостанции Усть-Кинельская

Месяц	Осадки, мм				
	декады			за месяц	
	I	II	III	сумма	среднемноголетняя норма
2015 год					
Сентябрь	7,5	0,5	0,0	8,0	44,0
Октябрь	23,2	7,5	58,5	89,2	41,0
Ноябрь	10,4	35,8	68,9	115,1	38,0
Декабрь	13,4	18,7	25,5	57,6	31,0
2016 год					
Январь	24,2	29,7	20,3	74,2	24,0
Февраль	25,0	8,2	32,8	66,0	18,0
Март	6,0	14,1	12,3	32,4	24,0
Апрель	23,5	35,3	9,5	68,3	27,0
Май	5,1	3,8	19,4	28,3	33,0
Июнь	9,4	0,4	3,0	12,8	39,0
Июль	8,5	22,1	24,6	55,2	47,0
Август	0,1	0,1	2,5	2,7	44,0
Всего				609,8	410,0

Таким образом, метеорологические условия 2015-2016 сельскохозяйственного года можно охарактеризовать как неблагоприятные для возделывания большинства сельскохозяйственных культур. В меньшей степени от засухи пострадали озимые культуры по сравнению с яровыми зерновыми. Поэтому урожайность яровых зерновых культур в опытах была низкой.

Осенний период 2016 года по температурному режиму в целом находился в пределах нормы, с небольшими отклонениями от среднемноголетних значений по месяцам данного периода (таблица 3). Количество осадков за период сентябрь – ноябрь выпало 246,0 мм, что в 2 раза превышало среднемноголетнее их значение (таблицы 4). Особенно обильные осадки наблюдались в сентябре и ноябре. Такие погодные условия способствовали появлению дружных

всходов и нормальному развитию озимых культур в осенней период, что в дальнейшем сказалось на их перезимовке и соответственно урожайности.

Таблица 3

Средняя температура воздуха в 2016-2017 сельскохозяйственном году по данным агрометеостанции Усть-Кинельская

Средняя температура воздуха, °С					
Месяц	декады			за месяц	
	I	II	III	средняя	среднемноголетняя норма
2016 год					
Август	25,3	26,9	21,6	24,6	18,8
Сентябрь	14,3	10,5	12,7	12,5	12,3
Октябрь	10,7	3,3	0,4	4,8	4,3
Ноябрь	-1,1	-6,2	-4,6	-4,0	-3,9
Декабрь	-10,8	-16,7	-8,2	-11,9	-10,6
2017 год					
Январь	-4,5	-12,4	-12,8	-9,9	-13,7
Февраль	-15,6	-9,5	0,4	-8,2	-13,1
Март	-2,4	-5,5	-0,2	-2,7	-7,0
Апрель	2,1	6,7	9,4	6,1	4,7
Май	14,9	12,2	14,2	13,8	14,1
Июнь	13,8	17,1	18,7	16,5	18,7
Июль	18,9	21,3	22,4	20,9	20,7
Август	22,7	20,4	21,1	21,4	18,8
Всего				5,2	3,8

Зимний период за исключением декабря, когда температура воздуха находилась в пределах нормы, был теплее обычного на 2,5 °С, количество осадков выпало на 65,9 мм больше среднемноголетнего значения. Обильные осадки наблюдались на протяжении всего зимнего периода. Устойчивый снежный покров сформировался в первой декаде января, его высота составила 29 см. Максимальная высота снежного покрова отмечена в третьей декаде марта, она составила 63 см. Такие погодные условия способствовали хорошей перезимовки озимых культур и существенно пополняли в весенний период запасы продуктивной влаги в почве.

Весенний период начался с очень теплой погоды, средняя температура воздуха превышала норму в марте на 4,3 °С, в апреле

1,4 °С. Май был немного прохладнее обычного. Количество осадкой выпало в марте на уровне среднемноголетнего значения, а в апреле и мае их количество превышало в 2 раза и более норму. Обильные осадки в зимне-весенний период существенно пополнили почвенные запасы влаги и способствовали в последующем хорошей перезимовке озимых культур и их нормальному развитию в весенний период. Благоприятно весенний период складывались погодные условия для роста и развития ранних яровых культур. Однако такие погодные условия сдерживали полевые работы по предпосевной обработке и посеву зерновых и пропашных культур.

Таблица 4

Осадки в 2016-2017 сельскохозяйственном году
по данным агрометеостанции Усть-Кинельская

Осадки, мм					
Месяц	декады			за месяц	
	I	II	III	сумма	среднемноголетняя норма
2016 год					
Август	0,1	0,1	2,5	2,7	44,0
Сентябрь	42,0	17,0	58,4	117,4	44,0
Октябрь	23,4	2,5	20,5	46,4	41,0
Ноябрь	56,7	0,0	25,9	82,6	38,0
Декабрь	23,1	13,7	5,7	42,5	31,0
2017 год					
Январь	33,3	2,7	12,0	48,0	24,0
Февраль	18,0	6,3	24,1	48,4	18,0
Март	6,3	2,1	16,5	24,9	24,0
Апрель	5,9	23,9	22,2	52,0	27,0
Май	1,9	17,2	51,3	70,4	33,0
Июнь	45,8	45,9	38,1	129,8	39,0
Июль	17,8	3,0	1,6	22,4	47,0
Август	0,1	0,1	1,1	1,3	44,0
Всего				752,1	410,0

Июнь характеризовался пониженным температурным режимом (ниже нормы на 2,2 °С) и большим выпадением осадков 129,8 мм, что в 3,3 раза больше нормы. Это положительно сказалось на росте и развитии озимых и яровых ранних культур. Но, такие метеоусловия создавали благоприятные условия для роста и развития сорных растений, развития болезней осложняли борьбу с ними, что в дальнейшем отрицательно сказалось на урожайности яровых культур, особенно позднего срока посева.

Июль был засушливым (осадков выпало 22,4 мм против 47 мм по норме) температурным режимом в пределах нормы. Однако это не сильно повлияло на урожайность озимых культур.

Август был жарким и характеризовался практически отсутствием осадков. Такая погода отрицательно сказалась на росте и развитии яровых зерновых культур.

Таким образом, метеорологические условия 2016-2017 сельскохозяйственного года можно охарактеризовать как благоприятным для озимых и яровых зерновых культур и неблагоприятным для яровых поздних культур.

Осенний период 2017 года можно охарактеризовать как теплый, среднемесячная температура воздуха превысила среднемноголетнюю норму в сентябре на 1,7, в октябре – на 1,2 и в ноябре – на 5,1 °С (таблица 5). Количество осадков за данный период выпало 181,3 мм, что на 58,3 мм выше среднемноголетних значений (табл. 6). При этом в ноябре количество осадков составило величину, близкую среднемноголетнему значению. Однако такое количество выпавших осадков не в полной мере обеспечило достаточное количество доступной влаги в почве. В результате всходы озимых были удовлетворительными.

Зимний период также был теплее обычного на 9,2 °С с превышением среднемноголетней нормы осадков на 137,4%. Особенно теплыми были декабрь и январь. При этом обильные осадки наблюдались в течение декабря. Количество осадков в январе и феврале выпало на уровне средне многолетних значений.

Снежный покров начал формироваться с 30 октября. Однако оттепель во второй декаде ноября вызвала его стаивание, и высота снежного покрова составила 1-4 см. Осадки декабря, января и начала февраля обеспечили резкое увеличение его мощности. Наибольшая высота снежного покрова достигла в начале второй декады февраля – 64 см, что примерно соответствует среднемноголетнему значению (59 см). Устойчивый снежный покров сформировался в второй декаде декабря. Такие погодные условия способствовали хорошей перезимовки озимых культур и существенно пополняли в весенний период запасы продуктивной влаги в почве.

Март оказался холоднее обычного на 2,2 °С, а апрель и май были теплее среднемноголетних значений на 1,2 и 2,6 °С, соответственно.

Количество осадков за весенний период составило 133,2 мм против 84 мм при норме. При этом засушливым оказался май, особенно его первая и вторая декады. Количество осадков в этом месяце составило 20,7 мм, что в 1,6 раза ниже нормы. Это привело к быстрому сходу снежного покрова и способствовало быстрому началу полевых работ.

Температурный режим в июне находился на уровне нормы. Июль и август оказались теплее обычного на 3,1 и 1,4 °С, соответственно.

Таблица 5

Средняя температура воздуха в 2017-2018 сельскохозяйственном году по данным агрометеостанции Усть-Кинельская

Средняя температура воздуха, °С					
Месяц	декады			за месяц	
	I	II	III	средняя	среднемноголетняя норма
2017 год					
Сентябрь	16,9	16,6	8,4	14,0	12,3
Октябрь	7,6	7,5	1,4	5,5	4,3
Ноябрь	1,2	2,2	0,3	1,2	-3,9
Декабрь	-4,1	-8,6	-3,5	-5,4	-10,6
2018 год					
Январь	-5,9	-12,1	-12,6	-10,2	-13,7
Февраль	-7,3	-11,7	-15,9	-11,6	-13,1
Март	-12,5	-10,9	-4,3	-9,2	-7,0
Апрель	2,9	6,7	8,0	5,9	4,7
Май	15,7	18,9	15,5	16,7	14,1
Июнь	13,9	17,6	23,9	18,5	18,7
Июль	24,7	23,5	23,2	23,8	20,7
Август	22,5	20,0	18,1	20,2	18,8
Всего				6,76	5,4

Осадки в летний период выпадали крайне неравномерно. Июнь и август были крайне засушливыми. Количество осадков выпавших в эти месяцы в 2,1 и 3,6 раза ниже нормы. Только июль характеризовался повышенным уровнем осадков. Однако такие погодные условия в не полной мере соответствовали нормальному развитию сельскохозяйственных культур, особенно яровых зерновых культур.

Таблица 6

Осадки в 2017-2018 сельскохозяйственном году
по данным агрометеостанции Усть-Кинельская

Осадки, мм					
Месяц	декады			за месяц	
	I	II	III	сумма	среднемноголетняя норма
2017 год					
Сентябрь	3,5	55,1	7,4	66,0	44,0
Октябрь	10,4	39,3	32,8	82,5	41,0
Ноябрь	8,8	21,7	2,3	32,8	38,0
Декабрь	40,8	6,4	17,8	65,0	31,0
2018 год					
Январь	9,0	1,8	10,9	21,7	24,0
Февраль	9,6	8,0	3,1	20,7	18,0
Март	12,2	18,2	25,5	55,9	24,0
Апрель	15,5	19,9	21,7	57,1	27,0
Май	4,5	2,2	13,5	20,2	33,0
Июнь	6,1	1,4	11,2	18,7	39,0
Июль	10,6	31,3	30,8	72,7	47,0
Август	2,1	1,7	9,3	13,1	44,0
Всего				280,4	256,0

Таким образом, метеорологические условия 2017-2018 сельскохозяйственного года можно охарактеризовать как не совсем благоприятные для возделывания большинства сельскохозяйственных культур, особенно яровых зерновых культур. В меньшей степени от засухи пострадали озимые культуры по сравнению с яровыми зерновыми.

Осенний период 2018 года можно охарактеризовать как теплый, среднемесячная температура воздуха превысила среднемноголетнюю норму на 2,4 °С. В сентябре она превысила норму на 3,4, в октябре – на 3,2 и в ноябре – на 0,5 °С (табл. 7). Количество осадков за данный период выпало 54,9 мм, что на 68,1 мм ниже среднемноголетних значений (табл. 8). Это негативно сказалось на запасах продуктивной влаги в верхних слоях почвы и на появлении дружных всходов озимых культур. Они были изреженными.

Зимний период в 2019 г. также был теплее обычного на 3,2 °С с превышением среднемноголетней нормы осадков на 251,9%. Осо-

бенно теплым оказался февраль. Такие погодные условия способствовали хорошей перезимовке озимых культур и существенно пополняли в весенний период запасы продуктивной влаги в почве.

Весенний период также был теплее обычного в среднем на 4,0 °С, особенно тёплыми оказались март и апрель. Количество осадков за весенний период составило 146,4 мм против 84 мм при норме. Особенно обильным оказался март – 74,5 мм, что в 3 раза выше нормы. Это привело к быстрому сходу снежного покрова и способствовало быстрому началу полевых работ. Температурный режим в июне оказался на 1,9 °С выше нормы. Июль и август несколько прохладнее обычного.

Таблица 7

Средняя температура воздуха в 2017-2018 сельскохозяйственном году по данным агрометеостанции Усть-Кинельская

Средняя температура воздуха, °С					
Месяц	декады			за месяц	
	I	II	III	средняя	среднемноголетняя норма
2018 год					
Сентябрь	18,5	15,7	13	15,7	12,3
Октябрь	9,7	8,0	4,8	7,5	4,3
Ноябрь	2,4	- 6,9	-5,6	-3,4	-3,9
Декабрь	-7,0	-6,0	-11,3	-8,1	-10,6
2019 год					
Январь	-13,3	-6,6	-15,2	-11,7	-13,7
Февраль	-9,9	-8,2	-6,1	-8,0	-13,1
Март	-3,3	-0,7	+1,2	-1,7	-7,0
Апрель	5,9	8,8	10,6	8,4	4,7
Май	16,2	18,2	17,2	17,0	14,1
Июнь	20,8	19,3	21,7	20,6	18,7
Июль	19,8	20,9	20,3	20,3	20,7
Август	16,7	20,8	16,9	18,3	18,8
Всего				6,2	3,8

Осадки в летний период выпадали крайне неравномерно. Летний период оказался засушливым, выпало 72 мм против 130 мм по норме. Особенно засушливым оказался июнь, выпало 26,9 % от нормы. При этом выпавшие осадки крайне небольшими, и практически не изменяли влажность почвы.

Таблица 8

Осадки в 2017-2018 сельскохозяйственном году
по данным агрометеостанции Усть-Кинельская

Осадки, мм					
Месяц	декады			за месяц	
	I	II	III	сумма	среднемноголетняя норма
2018 год					
Сентябрь	0,1	7,6	10,6	18,3	44,0
Октябрь	4,2	0,2	18,5	23,2	41,0
Ноябрь	5,9	0,5	7,0	13,4	38,0
Декабрь	9,8	10,5	37,9	58,2	31,0
2019 год					
Январь	20,2	29,5	25,4	75,1	24,0
Февраль	19,3	16,6	14,7	50,6	18,0
Март	24,2	17,1	33,2	74,5	24,0
Апрель	24,0	2,3	7,0	33,3	27,0
Май	25,0	12,2	1,4	38,6	33,0
Июнь	0,4	3,9	6,2	10,5	39,0
Июль	12,3	18,7	1,7	32,7	47,0
Август	20,5	5,6	2,7	28,8	44,0
Всего				457,2	410,0

Такие погодные условия в не полной мере соответствовали нормальному развитию сельскохозяйственных культур, особенно яровых зерновых, а также не создали хороший запас влаги в верхнем слое для посева озимых. Таким образом, метеорологические условия 2018-2019 сельскохозяйственного года можно охарактеризовать как не совсем благоприятные для возделывания большинства сельскохозяйственных культур. В меньшей степени от засухи пострадали озимые культуры по сравнению с яровыми зерновыми.

2.2. Объекты и методы исследования

Исследования были проведены в 2010-2019, 2021-2022 гг. на опытном поле Самарского ГАУ, площадь делянки – 270 м² (9×30 м), повторность трехкратная, размещение делянок систематическое, одноярусное. Озимая и яровая пшеницы выращивались в пятипольном севообороте. Чистый пар – озимая пшеница – соя (горох, нут) – яровая пшеница – яровой ячмень.

Для посева использовали элитные семена озимой пшеницы сортов Поволжская 86, Светоч и Базис, яровой мягкой пшеницы элитные семена сортов Кутулукская. Кинельская 60, Кинельская 59, Кинельская нива и Тулайковская 10.

Посев озимой пшеницы проводили рядовым способом сеялкой ДМС 601 на глубину 6-8 см с нормой 5,0 млн всхожих семян/га. Проводили обработку семян микроудобрениями перед посевом из расчета 3 л препарата в 7 л воды на 1 т семян, с массовой концентрацией активных элементов, в г/дм^3: медь (33-38) + бор (5,5-5,7), медь (32,0-40,0) + молибден (14,0-22,0), медь (16,5-20,0) + цинк (35,0-40,0). Также проводили подкормку всходов пшеницы в 3-й декаде апреля азотными удобрениями: аммонийной селитрой, с содержанием 34,6% азота, сульфатом аммония, с содержанием ≈21% азота, мочевиной с содержанием азота в амидной форме 46%. Дозу препаратов при обработке растений рассчитывали в соответствии с технологией их применения (Рекомендации производителей; Бакаева Н.П., 2016).

Посев яровой пшеницы проводили на глубину 6-8 см при норме высева 5 млн всхожих семян на 1 га.

Минеральные удобрения NPK вносили под предпосевную культивацию. Предпосевную обработку семян микроудобрениями в хелатной форме проводили перед посевом.

Уборку урожая яровой пшеницы проводили прямым способом комбайном «Sampo-500».

Органо-минеральное удобрение с содержанием гуминовых и фулевых кислот Стимулайф

Стимулайф – жидкое удобрение со стимулирующим эффектом и фунгицидной активностью, является продуктом переработки натурального торфа, из которого извлечены вещества: азот, фосфор, калий, микроэлементы, а гуминовые кислоты из нерастворимых переведены в растворимые одновалентные соли. Органо-минеральное удобрение представляет собой концентрат в виде гомогенной суспензии темно-коричневого цвета, с содержанием сухих веществ не менее 25 г на литр (2,5%), в которых содержание основного действующего вещества солей гуминовых кислот составляет 70-80%. Стимулайф рекомендован для применения на всех сельскохозяйственных культурах; способствует повышению всхожести семян,

приживаемости рассады, лучшему укоренению саженцев. Препарат способствует повышению урожайности и улучшению качества растениеводческой продукции; обладает фунгицидной активностью; значительно снижает содержание нитратов. Удобрение можно применять как самостоятельно, так и в смеси с минеральными и органическими удобрениями, или на их фоне, при этом урожайность значительно возрастает. Стимулайф применяется при предпосевной обработке семян, рассады, саженцев путем замачивания и внекорневого и прикорневого опрыскивания вегетирующих растений всех видов с/х культур. Стимулайф для улучшения структуры почвы, увеличения содержания в ней органического вещества и легкоусвояемых питательных элементов, может вноситься в почву в виде рабочего раствора концентрации 0,1% по основному веществу при внесении в почву и обработке им пожнивных, поукосных культур, соломы с последующей заделкой в почву.

Высокую эффективность препарат проявляют при сочетании предпосевной обработки семян с/х культур с опрыскиванием вегетирующих растений, можно сочетать с одновременным применением на них минеральных удобрений (но не с фосфорными удобрениями т.к. образуются нерастворимые соединения) и ядохимикатов.

Внекорневая обработка Стимулайфом вегетирующих растений совместно с минеральными удобрениями и ядохимикатами, помимо прочих, имеет еще одно важное преимущество: она снижает аккумуляцию ядов и нитратов в растениях и готовой растениеводческой продукции. Нетоксичен для человека и теплокровных животных.

Для защиты растений озимой пшеницы от вредителей применялся инсектицид Эфория КС в дозе 0,2 л/га. Инсектицид Эфория относится к препаратам широкого спектра действия, носящего системный и контактный характер одновременно. Инсектицид Эфория – высокоэффективный комбинированный препарат, воздействует на вредителей и совершенно безопасен для растения и человека. Действующее вещество инсектицида: лямбда-цигалотрин, тиаметоксам, (106+141 г/л), предназначен для обработки листовой части взрослых растений, подвергнувшихся нападению сосущих или грызущих насекомых-вредителей. Механизм действия: попадая в организм вредителей с потребляемой пищей, воздействует на нервную систему вредителя, приводя к ее параличу (Cobb A.H., 2010).

Фенологические наблюдения

Фенологические наблюдения за посевами озимой пшеницы сорта Поволжская 86 проводили по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Наступление и определение перехода растений на следующую фенологическую фазу устанавливали визуально. За начало фазы принимали день, когда в данную фазу вступило не менее 10-15% растений, за полное наступление фазы – когда она распространялась не менее чем на 75% растений (Федин М.А., 1985).

Выделение и определение содержания белка в зерне пшеницы

Выделение белковых фракций – альбуминов, глобулинов, проламинов, глютелинов – проводили по методу, описанному у Х. Н. Починка (1976). Для выделения из зерна пшеницы фракции альбуминов размалывали 1 г сухого материала и растирали с 6-ти кратным объемом воды, оставляли на 1 час в покое при комнатной температуре или на 18 ч в холодильнике и затем центрифугировали 15 мин при 5 тыс. об/мин. Надосадочную жидкость сливали в отдельную емкость, а осадок промывали водой и центрифугировали, повторяя процедуру еще 3 раза, определяя общий объем данной фракции.

Для выделения фракции глобулинов к осадку приливали 6-ти кратный объем 10% раствора NaCl, тщательно перемешивали и центрифугировали 15 минут. Экстракцию глобулинов повторяли трижды, промывая осадок слабым соленым раствором, собирая надосадочную жидкость в отдельную емкость, определяя общий объем данной фракции.

Для выделения фракции проламинов к оставшемуся после выделения альбуминов и глобулинов осадку приливали четырех кратный объем 70% этилового спирта, выдерживали на водяной бане при 70 °С 10 минут, после чего центрифугировали и сливали надосадочную жидкость в отдельную емкость. Процедуру повторяли 4 раза, устанавливая общий объем. Оставшийся осадок обрабатывали 6-ти кратным объемом 0,2% NaOH для извлечения фракции глютелинов, тщательно вымешивали и центрифугировали 15 минут. Выделение повторяли 4 раза. После извлечения всех четырех фракций белка замерялись объемы полученных растворов.

Количественное содержание белка в каждой фракции определяли колориметрическим методом, описанным Г. А. Кочетовым (1971), по Биурету (микроопределение) с использованием реактива Бенедикта, на приборе КФК-2 при длине волны 315 нм. В условиях биуретовой реакции белки дают фиолетовую окраску, что использовалось для их количественного анализа. Биуретовая реакция обусловлена присутствием в белках пептидных связей, которые в щелочной среде образуют с сульфатом меди (II) окрашенные медные солеобразные комплексы. Интенсивность окрашивания пропорциональна содержанию белка. Для определения содержания белка был построен калибровочный график, при помощи которого определялось содержание белка в опытном образце.

Выделение и определение суммарных белков из зерна пшеницы

Для выделения суммарных белков из зерна пшеницы за основу использовали методику, предложенную Б. П. Плешковым (1985). В начале выделяли буферорастворимые белки, для этого образцы зерна размалывали, отбирали по 1 г каждого исследуемого варианта, заливали двадцати кратным объемом боратного буфера, с содержанием 0,2% бисульфита натрия. Для экстракции белков необходимо полученный состав встряхивать в течение 30 мин, после чего раствор центрифугировали 15 минут при 5 тыс. об/мин, надосадочную жидкость сливали в отдельную емкость, а оставшейся осадок промывали десяти кратным объемом буфера, повторяя описанные процедуры 4 раза.

Для выделения спирторастворимых белков, оставшихся в навеске после обработки боратным буфером, к исследуемому материалу приливали десяти кратный объем теплого 70% этилового спирта, встряхивали в течении 30 мин, подвергали центрифугированию при 5 тыс. об/ мин в течении 15 минут. Затем надосадочную жидкость сливали в отдельную емкость, а промывание остатка повторяли еще 3 раза. После чего измеряли объемы растворов белков, полученные после экстракции буфером и спиртом. После исследования каждой фракции белка в трех кратной повторности колориметрическим методом на приборе КФК-2, результаты складывали и подсчитывали суммарный белок.

Выделение и колориметрический метод определения крахмала

Содержание крахмала в зерне пшеницы определяли согласно методике Н. И. Ястрембовича и Ф. Л. Калининой (1962). Для этого брали навеску муки 50 мг, переносили в пробирку на 25 мл и заливали раствором 0,25% салициловой кислоты, закрывали пробкой с обратным холодильником и выдерживали на кипящей водяной бане 45 мин, часто перемешивая содержимое пробирок. Затем отфильтровывали раствор и доводили объем до 25 мл дистиллированной водой. Для анализа отбирали 1 мл фильтрата в пробирку на 10 мл, добавляли 8-9 мл воды, перемешивали и добавляли 0,25 мл раствора йода в йодистом калии, после чего объем пробирки доводили до 10 мл и просматривали на фотоэлектроколориметре КФК-2 при 590 нм. При наличии крахмала в пробе исследуемый раствор окрашивался в синий цвет. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Количество крахмала в исследуемых образцах определяли по калибровочной кривой, построенной из 8 возрастающих концентраций стандартных растворов крахмала.

Выделение и колориметрический метод определения сахаров

Определение сахаров в зерне озимой пшеницы проводили на основе методики, описанной Ермаковым А.И. (1987). Для исследования отвешивали навеску зерна массой 5 г из средней пробы, приливали воду в объеме 50 мл (1:10), нагретую до 70 °С и тщательно вымешивали для выделения сахаров до полного охлаждения. Затем полученную массу центрифугировали, замеряли объем и использовали прозрачную вытяжку для дальнейшего определения.

Для определения моно- и дисахаридов отбирали в сухие пробирки 0,5 мл прозрачной вытяжки прибавляли 0,5 мл раствора 1% соляной кислоты и кипятили 15 мин на водяной бане, после чего добавляли по 15 мл глицерата меди, нагревали 6 мин, охлаждали и отбирали прозрачную жидкость в кювету с рабочей длинной 10 мм для определения оптической плотности на приборе КФК-2 при 590 нм.

Определения редуцирующих сахаров проводили также, но без обработки субстрата соляной кислотой.

Содержание сахара в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по растворам глюкозы, с содержанием в 1 мл от 0,5 до 10 мг глюкозы.

Выделение и определение активности протеолитических ферментов

Определение протеолитических ферментов проводили на основе методики, описанной Плешковым Б. П. (1976). Принцип метода основан на выделении из растительного материала ферментного препарата и его действия на раствор стандартного белка. Неразложившийся белок осаждают, а количество разложившегося белка в фильтрате определяют на фотоэлектроколориметре.

Для определения протеаз в зерне озимой пшеницы отвешивали навеску массой 1 г, растирали с 5 мл H_2O, переносили в колбу на 50 мл и доводили до метки водой, после чего отстаивали в холодильнике 1 ч, центрифугировали 15 мин и полученный прозрачный раствор использовали в качестве ферментного препарата для определения активности протеаз в зерне.

В две сухие пробирки приливали по 2 мл раствора казеина, нагревали до 30-40 °С и не снимая с водяной бани прилили по 2 мл ферментного препарата. Затем продолжали нагревание в течении 30 мин при 30 °С, после чего прилили по 4 мл трихлоруксусной кислоты (ТХУ). Полученную смесь использовали для колориметрического определения на приборе КФК-2 при 670 нм по методике, описанной выше, для определения количественного содержания белка. Вычисление результатов и определение активности протеаз проводили по калибровочному графику, построенному для определения белка в зерне пшеницы.

Выделение и определение активности амилолитических ферментов

Для определения активности амилаз за основу использовали методику, предложенную Плешковым Б. П. (1976). Принцип метода основан на извлечении амилаз из растения раствором хлористого натрия и определения негидролизованного крахмала колориметрическим методом.

Для анализа отбирали навеску муки 1 г, приливали 10 мл 1% хлористого натрия, выдерживали в холодильнике 1 ч, центрифугировали и полученный раствор использовали в качестве ферментного препарата для определения активности амилаз.

Для определения суммарной амилолитической активности в две сухие пробирки приливали по 3 мл ацетатного буфера и по 3 мл раствора 2% крахмала, подвергали нагреванию до 40 °С, после чего приливали по 0,4 мл ферментного препарата и нагревали в термостате при 40 °С 30 минут. Затем в каждую пробирку приливали по 2 мл 1н. HCl. Полученную смесь в объеме 0,5 мл переносили в колбу на 50 мл, прибавляли 1 мл 0,1н. HCl и 5 капель раствора йода в йодистом калии, доводили объем до метки и определяли оптическую плотность раствора на приборе КФК-2.

Контрольный вариант готовили точно также, заменив ферментный препарат на H_2O.

Для определения α-амилазы в оставшейся ферментный препарат добавляли уксуснокислый кальций на кончике ножа, нагревали на водяной бане 15 мин при 70 °С, полученный раствор использовали для дальнейшего определения как указано выше.

β-Амилазу определяли путем вычисления разницы между суммарной активностью и α-амилазы.

Дальнейшее вычисление активности амилолитических ферментов проводили с использованием калибровочной кривой, построенной для определения количественного содержания крахмала в зерне пшеницы.

Определение нитратного азота в почве

Определение нитратного азота в почве проводили по методике, описанной Плешковым Б. П. (1976). Метод основан на образовании в результате реакции нитратов с дисульфофеноловой кислотой нитрофенолов – соединений, дающих характерное желтое окрашивание в нейтральной или слабощелочной среде (Лобанов В.Г., 2002).

Для определения нитратов в почве отвешивали навеску почвы 20 г, помещали в колбу и заливали ее 100 мл раствором 0,05% K_2SO_4, размешивали в течение 3 мин и приступали к фильтрованию через складчатый фильтр. Для исследования брали 20 мл вытяжки и выпаривали в фарфоровых чашках на водяной бане до сухого остатка. Затем остаток тщательно растирали с 1 мл дисульфофеноловой кислотой, оставляли в покое на 10-15 мин, после чего приливали 15 мл дистиллированной воды и переносили содержимое в колбу на 50 мл. Добавляли по каплям 20% NaOH до приобретения раствором устойчивой желтой окраски. Объем доводили до метки,

измерения проводили на приборе КФК-2 при синем светофильтре с областью пропускания 400-450 нм.

Вычисления количественного содержания нитратного азота в мг на 100 г почвы проводили по калибровочной кривой, построенной по эталонным растворам KNO_3.

Другие методы исследования

Отдельные свойства зерна определяли по методикам, изложенным в следующих ГОСТах:

ГОСТ 10842-89 (ИСО 520-77) Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян;

ГОСТ 10987-76 Зерно. Методы определения стекловидности;

ГОСТ 27839-88 Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины;

ГОСТ Р 54895-2012 Зерно. Метод определения натуры;

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом перед посевом и уборкой урожая сельскохозяйственных культур на глубину 1 м через каждые 10 см в трехкратной повторности (Беркутова Н.С., 1978; Васильев И.П., 2004).

Все наблюдения по фазам роста и развития, определения структуры урожая, учёт урожая и другие сопутствующие исследования проводили по методике Госкомиссии по сортоиспытанию (1971).

Подсчёт густоты стояния растений проводили в фазу полных всходов, перед уходом в зиму озимой пшеницы, в начале весенней вегетации и перед уборкой озимой и яровой пшеницы на трёх учётных площадках 1 $м^2$ в трёх несмежных повторениях.

Аттрагирующую способность колоса определяли по отношению массы колоса в фазе созревания (полной спелости) к его массе в фазе цветения. Коэффициент реализации колоса (КРК) определяли как увеличение массы колоса за период от фазы цветения до фазы созревания (Рахимов и др., 2011).

Вынос питательных веществ определяли расчётным путём на основании данных по химическому составу и урожайности.

Расчёт экономической эффективности выполнен по методике В.И. Несмеянова и Н.Н. Мосиной (2004). Расчёт эколого-экономической эффективности проведён по методике Г.И. Рабочева и др. (2004).

Объемная масса почвы (плотность почвы) определялась методом цилиндров, пробы почвы брались на всех изучаемых вариантах через каждые 10 см на глубину 30 см в трехкратной повторности перед посевом и уборкой сельскохозяйственных культур (Васильев И.П., 2004).

Уборку проводили селекционным комбайном «TERRION» в фазу полной спелости зерна. Перед уборкой проводили отбор снопов с делянок (площадка 0,25 м²). Сноповой материал служил для определения структуры и качества урожая. Урожай приводили к 100% чистоте и к 14% влажности

Отбор растений для проведения биохимических исследований проводился согласно методу отбора средних проб (А.И. Ермаков,1987). Анализируемое зерно размалывалось на лабораторной мельнице марки «LM-3 100». Математическая обработка данных произведена с использованием пакета компьютерных программ Excel и «Пакет программ по статистике». Статистическая обработка результатов проводилась по Б. А. Доспехову (1979).

2.3. Характеристика сортов

Сорт озимой пшеницы Поволжская 86

Родословная: /(Лютесценс 68×Велютинум 97)×Велютинум 97/× Лютесценс 666. Включен в Госреестр по Средневолжскому (7) региону. Разновидность лютесценс. Куст прямостоячий. Соломина прочная, полая, опушение верхнего узла среднее, на верхнем междоузлии сильный восковой налет. Флаговый лист с сильным восковым налетом на влагалище и листовой пластинке, антоциановая окраска ушек средняя. Колос цилиндрический, белый, средней длины и плотности, с длинными остевидными отростками на 1/4 колоса. Колосковая чешуя яйцевидная, нервация средне выражена, опушение внутренней стороны сильное. Зубец средний, прямой. Плечо среднее, закругленное. Киль выражен средне. Зерно среднее, яйцевидное, окрашенное, хохолок длинный, бороздка неглубокая. Масса 1000 зерен 32-42 г. Зимостойкость на уровне стандарта. Высота растений 72-86 см. По устойчивости к полеганию незначительно превышает стандартный сорт. Хлебопекарные качества

хорошие. Ценная пшеница. Сорт среднеспелый, вегетационный период 305-312 суток. Засухоустойчив во все фазы развития. В полевых условиях устойчив к твёрдой и пыльной головне, бурой листовой ржавчине и корневым гнилям. В средней степени восприимчив к мучнистой росе.

Содержание белка 13,7-14,9%, клейковины 32,5-44,8%, качество клейковины I-II группы. Урожайность 4,9-7,0 т/га.

Сорт пользуется спросом в сельскохозяйственном производстве Средневолжского и других регионов страны за высокую урожайность, стабильность качества зерна и устойчивость к неблагоприятным факторам перезимовки (вымоканию, выпреванию, возврату весенних холодов) (Половинкина С.В., 2013; Сухоруков А.Ф., 2012).

Сорт озимой пшеницы Светоч

Сорт озимой мягкой пшеницы Светоч создан в Самарском НИИСХ им. Н. М. Тулайкова (Самарская область) методом отбора из гибридной популяции (Чайка×Кавказ)×Дон 85.

Включен в Госреестр по Средневолжскому (7) региону. Рекомендуется для возделывания в Самарской области. Разновидность эритроспермум. Куст полупрямостоячий. Опушение верхнего узла слабое. Восковой налет на колосе и листовой пластинке флагового листа средний, на верхнем междоузлии и влагалище флагового листа сильный. Колос пирамидальный, средней плотности, белый. Остии размещены по всей длине колоса, на конце колоса средней длины. Нижняя колосковая чешуя на внутренней стороне имеет среднее опушение и крупный рисунок. Плечо закругленное, средней ширины. Зубец умеренно изогнутый, средней длины. Зерновка яйцевидная, окрашенная, хохолок длинный.

Масса 1000 зерен 36-48 г. Средняя урожайность в регионе – 23,1 ц/га. Среднеспелый. Вегетационный период 308-329 дней. Зимостойкость повышенная. Высота растений 69-94 см.

По устойчивости к полеганию превышает стандарт Безенчукскую 380 до 0,5-1,0 балла. Засухоустойчивость и устойчивость к осыпанию на уровне стандарта. По хлебопекарным качествам характеризуется как удовлетворительный филлер. Сорт мягкой озимой пшеницы Светоч устойчив к полеганию, к осыпанию, засухоустойчивый. Зимостойкость сорта средняя. Сорт слабовосприимчив к мучнистой росе, восприимчив к бурой ржавчине.

Характерной биологической особенностью сорта Светоч является быстрый темп весеннего роста, его способность формировать продуктивный колос в условиях дефицита влаги в почве в осенний период и при посеве в конце допустимых сроков сева.

Сорт озимой пшеницы Базис

Пшеница мягкая озимая Triticum aestivum L Родословная: индивидуальным отбором из гибридной популяции, созданной с участием сортов Светоч, Безостая 1, Agent и др. Включён в Госреестр по Средневолжскому (7) региону. Рекомендован для возделывания в Самарской области, Республике Татарстан и Ульяновской области.

Разновидность эритроспермум. Куст промежуточный. Растение средней длины – длинное. Восковой налёт на верхнем междоузлии средний, на влагалище флагового листа средний – сильный, на колосе слабый – средний. Колос цилиндрический, средней длины, средней плотности – плотный, белый. Ости средней длины. Нижняя колосковая чешуя на внутренней стороне имеет слабое – среднее опушение. Плечо закруглённое – прямое, средней ширины. Зубец умеренно изогнут, средней длины. Опушение верхушечного сегмента оси колоса с выпуклой стороны среднее – сильное. Зерновка окрашенная.

Масса 1000 зёрен – 38-46 г. Средняя урожайность в регионе – 43,0 ц/га. В Северной и Центральной зонах Самарской области прибавка к стандарту Бирюза составила 4,2 ц/га, в Республике Татарстан к стандарту Казанская 560 – 8,8 ц/га, в Ульяновской области к стандарту Фотинья – 3,5 ц/га при урожайности 46,9; 55,6 и 51,7 ц/га соответственно. Максимальная урожайность – 71,4 ц/га получена в Республике Татарстан в 2016 году.

Среднеранний вегетационный период – 297-328 дней. Созревает в сроки близкие к стандарту Бирюза и на 2-5 дней раньше сортов Фотинья, Казанская 560. Зимостойкость выше средней - повышенная.

Высота растений – 78-106 см. Устойчив к полеганию. В год проявления признака превышает стандарты Фотинья, Казанская 560 на 0,7-1,3 балла. Засухоустойчивость на уровне сортов Бирюза, Казанская 560.

Хлебопекарные качества на уровне хорошего филлера.

Восприимчив к бурой ржавчине. В полевых условиях мучнистой росой и снежной плесенью поражался слабо, как и стандарт Казанская 560.

Мягкая яровая пшеница Кинельская 60

Авторы: Глуховцева Н.И., Головоченко А.П., Михальченко Л.М., Кукушкина Л.А., Кинчаров А.И., Санина Н.В.

Родословная сорта.Создан путем сложной ступенчатой гибридизации.

Ботаническая характеристика. Разновидность эритроспермум. Куст полураскидистый, лист темно-зеленый с опушением, соломина полая, прочная, высота 80-100 см, толщина 3 мм. Колос цилиндрический, белый, остистый, средней длины и плотности. Колосковая чешуя имеет прямую, широкую форму плеча, слабое опушение и мелкий рисунок с внутренней стороны. Зубец прямой.

Зерно стекловидное, красное, удлиненное с выраженным хохолком, бороздка средняя. Масса 1000 зерен 37-42 г, натура зерна 776-792 г/л.

Биологические особенности. Сорт среднеспелый, вегетационный период 83-95 дней. Характеризуется замедленным ростом и мощным укоренением в начале вегетации (всходы-колошение 52-55 дней). Это позволяет заложить крупный колос и более эффективно использовать летние осадки.

Устойчив к полеганию, осыпанию и прорастанию зерна.

Сорт толерантен к бурой листовой ржавчине, мучнистой росе, твердой головне и корневым гнилям.

Благодаря особенностям развития, сорт обладает высоким потенциалом продуктивности, который реализуется даже в условиях засухи первой половины вегетации.

Основные достоинства и конкурентоспособность. Сорт обеспечивает хорошую зерновую продуктивность в различных погодных условиях Среднего Поволжья, формирует зерно с высоким содержанием сырой клейковины (31-46 %) и качеством I–II группы. Потенциальная урожайность зерна 5,0 т/га, при устойчивой засухе – не ниже1,0 т/га.

Семена яровой пшеницы Кинельская 60 пользуются коммерческим спросом. В производственных условиях Безенчукского района Самарской области была получена урожайность в 3,3 т/га (2000 г.)

и 3,0 т/га (2001 г.). В производственных испытаниях по Исаклинскому району Самарской области сорт занял первое место по урожайности зерна с гектара – 3,2 т, на 1,0 т/га по урожаю зерна превысил стандартные сорта.

Внесен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации по Средневолжскому (7) региону с 1998 года.

Мягкая яровая пшеница Кинельская 59

Авторы: Глуховцева Н.И., Михальченко Л.М., Кукушкина Л.А., Мухтулов А.Г., Головоченко А.П., Кинчаров А.И., Санина Н.В.

Родословная сорта. Создан путем сложной ступенчатой гибридизации.

Ботаническая характеристика. Разновидность эритроспермум. Куст полураскидистый, лист темно-зеленый, соломина полая, прочная, средней высоты (85-105 см) и толщины (3 мм). Колос цилиндрический, белый, остистый, средней длины, по плотности – рыхлый (12-14 колосков на 10 см длины). Колосовая чешуя имеет закругленную форму плеча средней ширины, слабое опущение и мелкий рисунок с внутренней стороны чешуи, зубец ее умеренно изогнут.

Зерно крупное, удлиненное, темно-красное, стекловидное с неглубокой бороздкой. Масса 1000 зерен до 40-42 г, натура зерна в среднем 810 г/л.

Биологические особенности. Сорт среднеспелый, вегетационный период 76-85 суток. Характеризуется высокой засухоустойчивостью и жаростойкостью, толерантностью к бурой ржавчине и мучнистой росе, пыльной и твердой головне, корневым гнилям и внутристеблевым вредителям.

Устойчив к полеганию, осыпанию и прорастанию зерна на корню и в валках при неблагоприятных погодных условиях во время уборки.

Основные достоинства и конкурентоспособность. Сорт отличается стабильным уровнем урожайности по годам и способен давать урожай зерна в условиях устойчивых засух на уровне 1,8-2,0 т/га, в благоприятных условиях – 4,3-4,8 т/га при обычной технологии возделывания.

В Самарской области максимальная урожайность сорта 4,5 т/га получена в 2007 году на неудобренном фоне. Потенциальная и максимальная продуктивность сорта 7,2 т/га получена в 2002 году в

производственных условиях Липецкой области. Ежегодно формирует зерно не ниже 3-го класса с высоким содержанием клейковины 28-44%. На фоне незначительного внесения удобрений сорт формирует клейковину не ниже II группы качества.

Сорт возделывается в производстве более 20 лет, семена пользуются высоким коммерческим спросом. Высокая пластичность и стабильность сорта по урожайности и качеству зерна в изменчивых условиях Среднего Поволжья обеспечивают товаропроизводителям ежегодное высокорентабельное его возделывание. Пользуется широким спросом и успешно возделывается в Средневолжском, Уральском и других регионах России. Включен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации по Средневолжскому (7) региону с 1995 года.

Кинельская нива – сорт мягкой яровой пшеницы

Выведен учёными из Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства. Авторы: Головоченко А.П., Кукушкина Л.А., Михальченко Л.М., Кинчаров А.И., Цуркан О.Ф., Дёмина Е.А.

Родословная сорта: создан путем сложной ступенчатой гибридизации.

Сорт отличается высокой продуктивностью и устойчивостью к негативным факторам внешней среды. Он устойчив к большинству вредоносных заболеваний и засухе.

Потенциал урожайности Кинельской нивы составляет 65,7 ц/га. Испытания сорта показали, что он даёт прибавку урожайности от 2,5 до 10 центнеров с гектара к стандарту. В результате стабильно формируется зерно 1-3 класса.

Ценная по качеству пшеница. Среднеспелый сорт. Внесен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации по Средневолжскому (7) и Уральскому (9) регионам с 2007 года.

Апробационные признаки. Разновидность эритроспермум. Куст прямостоячий. Соломина средневыполненная, до 40 % растений имеют выполненную соломину верхнего междоузлия. Восковой налет на соломине и флаговом листе средний. Опушение верхнего узла соломины среднее.

Колос остистый, цилиндрический, суживающийся к вершине, белый, средней плотности, со средним восковым налетом. Ости длинные, размещены по всей длине колоса. Плечо колосковой чешуи узкое, скошенное, зубец короткий. Верхушечный сегмент оси колоса имеет среднее опушение с выпуклой стороны.

Зерновка красная, яйцевидная, с длинным хохолком. Масса 1000 зерен в среднем 36-37 г, натура зерна очень высокая до 840 г/л.

По данным оригинатора, сорт имеет такие основные характеристики:

Сорт лесостепного экотипа, вегетационный период от всходов до восковой спелости 86-93 дня.

Высота растений 85-110 см.

Отличается высокой пластичностью и засухоустойчивостью, устойчивость к полеганию высокая.

Колос в слабой или средней степени поникает при созревании зерна, среднеломкий, устойчив к осыпанию, хорошо вымолачивается.

Зерно при перестое до месяца не прорастает на корню.

Выдерживает при формировании крепкой клейковины до 6% повреждения зерна клопом черепашкой.

Сорт устойчив к мучнистой росе, пыльной и твердой головне, толерантен к корневым гнилям. Характеризуется высокой устойчивостью возрастного типа к бурой листовой ржавчине.

Основные достоинства

По хлебопекарным показателям сорт соответствует сильным и ценным пшеницам:

-содержание белка в зерне до 18,5%,

-содержание сырой клейковины в зерне 28-36%,

-качество клейковины I–II группы,

-сила муки 320-517 е.а.,

-валориметрическая оценка 60-87 е.в.,

-хлебопекарная оценка 4,2-4,4 балла.

Сорт пшеницы Кинельская нива отличается высокой зерновой продуктивностью, средняя многолетняя урожайность сорта в регионе составляет 2,8-3,0 т/га, максимальная урожайность на повышенном агрофоне (предшественник озимая пшеница по пару, $N_{120}P_{100}K_{60}$ при посеве) составила 5,3 т/га (Кинель, 2003 г.).

При благоприятных условиях (госиспытание в Липецкой области, 2005 г.) сорт показал продуктивность 6,6 т/га.

Важным фактором повышения урожайности сорта является внесение минеральных удобрений, что обеспечивает прибавку урожая зерна свыше 0,7 т/га.

Пшеница мягкая яровая сорт Кутулукская

Пшеница мягкая яровая. Выведен гибридизацией сортов Саратовская 29×f1 911 (Ли×Унрра) из США. Разновидность лютесценс. Колос призматический длиной 6-11 см, средней плотности. Колосковая чешуя овальная, размером 6 х 9 мм. Нервация хорошо выражена в верхней части чешуи. Зубец тупой, плечо прямое, киль хорошо выражен, зазубрен. Зерно удлиненно-овальное с неглубокой узкой бороздкой. Основание его густо опушено. За годы испытания (1976, 1977) на пяти богарных сортоучастках Куйбышевской области урожай сорта Кутулукская составил 27,7-47,1 ц/га, на 3,9-10,6 ц/га выше стандарта Саратовская 36. Сорт среднеспелый, вегетационный период 73-99 дней, созревает позднее Саратовской 36 на 3 - 8 дней и Кинельской 30 – на 1-4 дня.Устойчив к полеганию, засухоустойчивость высокая. Пыльной головней и бурой ржавчиной поражался слабо, стандарт - сильно. По данным анализа образцов зерна с двух орошаемых сортоучастков Поволжья за 1976 г. в Центральной лаборатории Госкомиссии, в зерне сорта Кутулукская содержалось протеина 14,0-14,2 %, сырой клейковины – 32,8-32,6%, сила муки – 275-332 джоуля; у стандартов Саратовская 42 и Саратовская 36 соответственно протеина – 12,9 и 14,5%, сырой клековины – 27,9 и 30,3%, сила муки – 341 и 449 джоулей.

Пшеница мягкая яровая сорт Тулайковская 10

Описание: Родословная: (Веллозум 1381×Альбидум 653)×Тулайковская 5. Включен в Госреестр по Средневолжскому (7) региону. Рекомендован для возделывания в Самарской области. Разновидность лютесценс. Куст полупрямостоячий. Растение среднерослое. Соломина выполнена слабо. Восковой налет на колосе средний – сильный, на верхнем междоузлии соломины и влагалище флагового листа – сильный. Колос пирамидальный, средней плотности, белый, с короткими остевидными отростками на конце. Плечо приподнятое, узкое. Зубец слегка изогнут, короткий. Зерновка окрашенная.

Масса 1000 зерен – 32-38 г. Средняя урожайность в Средневолжском регионе – 24,1 ц/га. В Самарской области прибавка к стандарту Кинельская нива составила 2,4 ц/га при урожайности 19,1 ц/га. Максимальная урожайность (56,7 ц/га) получена в 2014 г. в Республике Татарстан.

Среднеспелый, вегетационный период – 78-85 дней, созревает одновременно с сортом Кинельская нива.

Устойчивость к полеганию и засухоустойчивость на уровне стандарта.

Показатели качества. Биохимические и хлебопекарные качества зерна соответствуют требованиям, предъявляемым к сильным пшеницам. Содержание белка 15,5-18%, клейковины 36-40%, «сила» муки 330-500 е.а., валориметр 85-95%, объём хлеба 900-1300 мл.

Устойчивость к болезням и климатическим условиям. Тулайковская 10 иммунна к листовой бурой ржавчине, в средней степени поражается мучнистой росой. К пыльной и твёрдой головне восприимчива.

Засухоустойчивость высокая.

Основные элементы технологии возделывания. Сорт отзывчив на элементы интенсификации. По многолетним данным каждый килограмм действующего вещества NPK оплачивается прибавкой в 5,08 кг зерна.

Глава 3. ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ХЕЛАТНЫМИ МИКРОУДОБРЕНИЯМИ И АЗОТНЫХ ПОДКОРМОК НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И ЕЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

3.1. Содержание нитратного азота в почве

Одним из важнейших элементов минерального питания, необходимым для нормального роста и развития растений пшеницы, является азот. Он входит в состав белков, нуклеиновых кислот, нуклеопротеидов, алкалоидов и т.д., а также является составной частью хлорофилла, без которого не может протекать процесс фотосинтеза и, соответственно, важнейшие питательные органические вещества. Азот доступен растениям главным образом в форме минеральных соединений – аммонийных и нитратных. В растения пшеницы доступные формы азота поступают на протяжении всей вегетации, начиная с появления всходов и до наступления спелости (Лапшинов Н.А., 2015; Обущенко С.В., 2014; Опенько В.И., 2012; Панников В.Д., 1987; Mosier A.R., 2004; Jenkinson D.S., 1986).

Питание растений на ранних этапах роста и развития преимущественно обеспечивается за счет нитратной формы азоты. На процесс накопления нитратного азота в почве при возделывании озимой пшеницы влияет целый комплекс факторов, в первую очередь, метеорологические условия года, тип почвы, предшественник, агротехнические приемы возделывания (Лапшинов Н.А., 2015; Bolt G.H., 1978; Якименко В.Н., 2009; Хусаинов А.Т., 2009). Уровень обеспеченности почвы опытного поля нитратным азотом в зависимости от вносимых с семенным материалом микроэлементов и различных азотных подкормок в фазе весеннего кущения представлен в таблице 9.

Представленные в таблице 9 результаты показывают, что наивысшее содержание нитратного азота прослеживается в слое 0-10 см и изменяется в зависимости от вида азотной подкормки, причем в вариантах с обработкой семенного материала микроудобрениями нитратного азота содержалось больше, что связано, вероятно, с интенсивностью потребления азотистых веществ. Содержание в семенах ионов металлов, вносимых с микроудобрениями, входят в состав ряда ферментов, которые катализируют процессы гидролиза запасных веществ зерна, за счет чего питание зародыша на

начальном этапе развития и дальнейшем росте обеспечено более полно и корневая система более сдержано употребляла азотистые соединения из почвы. Так, в варианте без растений уровень обеспеченности азотом был 15-19 мг/кг почвы в зависимости от слоя пробы, в контрольном варианте – 15-18 мг/кг, в вариантах без внесения азотных удобрений, но с обработкой семенного материала микроудобрениями – 14-23 мг/кг.

Таблица 9

Содержание нитратного азота в почве в слое 0-30 см, мг/кг, в среднем за годы исследования (2011-2013 гг.)

Вариант опыта	Глубина слоя почвы, см		
	0-10	10-20	20-30
Без обработки	19,79	17,28	15,25
Контроль	18,59	16,35	15,01
медь + бор	22,27	18,24	14,80
медь + молибден	21,29	16,43	15,74
медь + цинк	21,87	20,02	13,85
Аммонийная селитра (А.С)	29,52	21,57	17,27
А.С+ медь + бор	30,46	24,33	19,28
А.С+ медь + молибден	30,97	21,06	18,22
А.С + медь + цинк	32,32	24,57	18,20
Сульфат аммония (С.А)	35,22	25,15	19,52
С.А + медь + бор	36,43	24,75	18,10
С.А + медь + молибден	36,13	31,32	20,25
С.А + медь + цинк	36,78	30,25	19,65
Мочевина (М)	31,25	30,52	28,88
М+ медь + бор	33,95	26,09	20,00
М+ медь + молибден	33,67	22,75	22,80
М+ медь + цинк	34,04	23,60	15,69

Наиболее эффективным удобрением для обогащения почвы азотом, согласно полученным данным, оказался сульфат аммония. Содержание азота достигало в варианте с применением микроудобрения медь + цинк в сочетании с сульфатом аммония 36,78 мг/кг почвы в среднем по годам. В вариантах с аммонийной селитрой и мочевиной уровень азота прослеживался на уровне 17-32 и 15,34 мг/кг, соответственно, в зависимости от слоя почвы в среднем за 3 года исследований.

В процессе исследований кроме азотных удобрений применялись хелатные микроудобрения в качестве предпосевной обработки семян, с содержанием в активной форме меди, бора, цинка, молибдена. Изменения количества и качества урожая озимой пшеницы на

фоне внесения различных удобрений предполагает рассматривать вопрос о содержании в почве указанных выше микроэлементов, а также влияние их на почву при внесении с удобрениями. К одним из распространенных микроэлементов по загрязнению биосферы относятся: ртуть, свинец, кадмий, медь, ванадий, олово, цинк, молибден, кобальт, никель. Ртуть, свинец и кадмий относятся к наиболее опасным элементам (Благовещенский А.В., 1958; Обущенко С.В.; 2014).

Многие из этих микроэлементов относятся к «необходимым» для нормального роста и развития растительных и животных организмов, содержание которых в небольших количествах не приносят вреда. По данным исследований Обущенко С.В., посвященных изучению агроэкологическому обоснованию систем воспроизводства почвенного плодородия в полевых севооборотах среднего Заволжья, содержание подвижных форм тяжелых металлов в центральной зоне Кинельского района находилось на уровне: кадмий – 0,048 мг/кг, свинец – 0,56 мг/кг, никель – 0,55 мг/кг, хром – 1,07 мг/кг, цинк – 0,44 мг/кг, медь – 0,13 мг/кг (Обущенко С. В., 2014; Васильченко Н.И., 2014). Анализируя данные по содержанию микроэлементов и тяжелых металлов в почве можно сделать вывод, что уровень подвижных форм кадмия не превышает ОДК, равный 0,5 мг/кг. Содержание подвижных форм свинца, никеля, хрома, меди и цинка также не является опасным, более того возникает необходимость внесения цинксодержащих и медьсодержащих удобрений. В связи с тем, что медь принимает участие в окислительных процессах, усиливает процессы дыхания, что связано с углеводным и белковым обменом веществ, а также играет важную роль в водном балансе. Цинк входит в ряд ферментов, усиливая их активность, принимает участие в белковом, углеводном, липоидном, фосфорном обмене веществ, а также в биосинтезе витаминов и ростовых веществ (ауксинов) (Brian, J. Alloway, 2008).

3.2. Влажность и плотность сложения почвы

Главным условием получения высоких и стабильных урожаев в среднем Поволжье является накопление и продуктивное использование почвенной влаги. Озимая пшеница за вегетационный период расходует намного больше влаги, по сравнению с яровой, что связано с более продолжительным период вегетации и образова-

нием более высокого урожая общей массы. Потребление влаги зависит от многих факторов: возраста растения, интенсивности роста, мощности развития, температуры и относительной влажности воздуха, наличия влаги в почве, освещенности, развитости корневой системы, обеспеченности питательными веществами и других факторов (Балашов В.В., 2007; Губанов Я.В, 1988; Allison F.E., 1973; Carter M.R., 1984;). Считается, что в среднем Поволжье до 70% будущего урожая озимых культур складывается за счет запасов влаги, накопленных за осенне-зимний период. Влажность почвы напрямую связана с ростом и развитием растений, которая зависит от поступления влаги через корни растению из окружающей их среды. А также почвенная влага способствует изменению свойств почвы, от которых зависит развитие растений. Многие исследователи установили зависимость между влажностью почвы в момент посева и урожайностью. Влажность почвы опытного поля перед посевом озимой пшеницы и перед уборкой на различной глубине за 3 года исследований представлена в таблице 10.

Таблица 10

Влажность почвы
перед посевом и перед уборкой озимой пшеницы

Глубина слоя, см	Влажность, %							
	Перед посевом				Перед уборкой			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	в среднем	2011 г.	2012 г.	2013 г.	в среднем
0-30	24,6	21,8	24,6	23,7	12,9	13,4	17,4	14,6
0-50	23,2	22,0	23,2	22,8	13,5	13,5	17,4	14,8
50-100	16,8	21,8	16,8	18,5	16,6	13,1	17,2	15,6
0-100	20,0	21,9	20,0	20,6	15,0	13,3	17,3	15,2

Из данных таблицы 10 следует, что влажность почвы перед посевом озимой пшеницы за 2011 и 2013 гг. находилась на одинаковом уровне в пределах 16-25%, в зависимости от глубины исследуемого слоя, а в 2012 г. в метровом слое почвы практически на каждом уровне влажность находилась на уровне 22%, что связано с обильным выпадением осадков на момент посева озимых – 115,5 мм, что на 71,5 мм больше, чем по данным среднемноголетних значений. На момент уборки влажность почвы по усредненным за три года данным сильно снижалась, до 38%. В 2011 и 2012 гг. при средней температуре воздуха в 20 °С уровень осадков был ниже нормы к моменту уборки урожая. В 2013 г. уровень осадков в июле

превысил среднемноголетние значения практически вдвое, что повлияло на влажность почвы на момент уборки, которая в отличие от предыдущих лет была выше в среднем до 32%.

Результаты определения влажности почвы под посевами яровой пшеницы весной показали, что в метровом слое она была довольно высокой и составила 26,1-26,5% (табл. 11).

Таблица 11

Влажность почвы под посевами яровой пшеницы в зависимости от основной обработки почвы, в среднем за годы изучения

Глубина слоя, см	Влажность почвы, %					
	В период посева			Перед уборкой		
	вспашка на 20-22 см	мелкая обработка на 10-12 см	без осенней механической обработки	вспашка на 20-22 см	мелкая обработка на 10-12 см	без осенней механической обработки
0-30	27,0	26,9	26,8	12,0	11,8	14,2
0-50	27,4	26,9	26,8	12,9	13,8	14,8
50-100	25,5	28,2	25,3	12,4	15,1	14,7
0-100	26,5	26,2	26,1	12,7	14,1	14,8

Так, не было отмечено существенных различий во влажности почвы и по слоям метрового её горизонта.

К уборке яровой пшеницы влажность метрового слоя почвы значительно снизилась в сравнении с весенней влажностью, и находилась в состоянии близком к показателям влажности устойчивого увядания культуры. В целом влажность метрового слоя почвы в осенний период слабо зависела от основной её обработки.

Почва всегда содержит определенное количество крупных и мелких пор между частицами, заполненных водой и воздухом. Плотность сложения почвы зависит от количественного содержания органического вещества, механического состава, размера почвенных частиц и сложения почвы. Влияние на данный показатель оказывает в первую очередь обработка почвы. Как правило, наименьшую плотность почва имеет после культивации, в процессе которой происходит разрыхление и увеличение объема пор. Уменьшение плотности сложения почвы может происходить при набухании при увлажнении и дальнейшей усадки в засушливый период, замерзания и оттаивания, развития корневой системы растений, внесение удобрений (Обущенко С.В., 2014; Корчагин В.А., 2014).

Плотность сложения почвы является важным показателем, характеризующим ее плодородие, влияющая на водные, воздушные и

тепловые свойства, развитие корневой системы, микробиологические процессы в почве и на урожайность культуры. Плотность сложения почвы на опытном поле перед посевом озимой пшеницы и перед уборкой на различной глубине за 3 года исследований представлена в таблице 12.

Таблица 12

Плотность сложения почвы
перед посевом и перед уборкой озимой пшеницы

Глубина слоя, см	Плотность сложения, г/см^3							
	Перед посевом				Перед уборкой			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	в среднем	2011 г.	2012 г.	2013 г.	в среднем
0-10	0,96	0,93	0,94	0,94	1,07	0,93	1,03	1,01
10-20	1,23	1,22	1,25	1,23	1,22	1,22	1,25	1,23
20-30	1,26	1,24	1,24	1,25	1,28	1,24	1,25	1,26
0-30	1,15	1,13	1,15	1,14	1,19	1,13	1,19	1,17

При анализе данных таблицы 12 видно, что плотность сложения почвы перед посевом в зависимости от года исследования существенно не различалась. К посеву озимой пшеницы на глубине 0-10 см плотность сложения почвы находилась на уровне 0,93-0,96 г/см^3. На глубине 10-20 и 20-30 см плотность почвы была выше по сравнению с поверхностным слоем и составила в среднем по годам 1,23-1,25 г/см^3. В слое почвы на уровне 0-30 см плотность сложения находилась в пределах 1,13-1,15 г/см^3. Значения показателей плотности сложения почвы на момент посева озимых культур во всех слоях исследования соответствуют оптимальным значениям для роста и развития растения и не превышают 1,1-1,3 г/см^3.

Плотность сложения почвы от периода посева к периоду перед уборкой озимых культур изменялась в слое 0-10 см и 0-30 см: в поверхностном слое на 7,4%, в слое 10-20 см не изменилась, в слое 20-30 см на 0,85 и в слое 0-30 – на 2,6%.

Под посевами яровой пшеницы в период посева мелкая обработка и исключение её осенью способствовали увеличению плотности сложения на 0,07 и 0,12 г/см^3 по сравнению со вспашкой. При этом плотность пахотного на всех вариантах опыта была оптимальной для изучаемой культуры.

Таблица 13

Плотность сложения почвы под посевами яровой пшеницы в зависимости от основной обработки, в среднем за годы изучения

Глубина слоя, см	Плотность сложения почвы, г/см^3					
	В период посева			Перед уборкой		
	вспашка на 20-22 см	мелкая на 10-12 см	без осенней механической обработки	вспашка на 20-22 см	мелкая на 10-12 см	без осенней механической обработки
0-10	0,97	0,94	0,97	1,12	1,12	1,12
10-20	1,06	1,28	1,27	1,36	1,39	1,38
20-30	1,28	1,27	1,27	1,35	1,37	1,38
0-30	1,10	1,16	1,17	1,28	1,29	1,29

Данные таблицы 13 показывают, что к уборке яровой пшеницы почва на обработанных делянках уплотнялась, особенно интенсивно на вспашке. В варианте без осенней механической обработки она уплотнялась в меньшей степени. В результате этого происходило некоторое выравнивание плотности почвы.

Исследованиями установлено, что наибольшей продуктивности сельскохозяйственные культуры достигают при оптимальной плотности сложения пахотного слоя почвы, которая для чернозема обыкновенного находится в пределах для яровых колосовых (яровая пшеница, ячмень) – 1,0-1,2 г/см^3, для озимых колосовых (рожь, пшеница) – 1,1-1,3 г/см^3.

ГЛАВА 4. УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН МИКРОУДОБРЕНИЯМИ В ХЕЛАТНОЙ ФОРМЕ И ПОДКОРМКИ АЗОТНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ

4.1. Фенологические наблюдения за посевами озимой пшеницы

Под фенологическими наблюдениями подразумевается фиксирование сроков прохождения растением определенных фаз развития: появление всходов, кущение, выход в трубку, цветение, колошение, молочная спелость, восковая спелость, полная спелость. Также необходимо проведение сопутствующих наблюдений и подсчет числа растений на 1 м^2, определение энергии кущения (число стеблей на одно растение) по фазам развития (Полонский В.И., 2009; Зеленский Н.А., 2012; Kigel J., 1995).

Фенологические наблюдения показывают различия по отдельным вариантам опыта в процессе роста и развития растений, а также дают возможность проследить на каком этапе были изменения (снижение или увеличение) эффекта от применяемого приема или системы удобрений. Важно не установление конкретных сроков наступления той или иной фазы развития, а констатация смещения этих сроков на вариантах с применением удобрений в сравнении с контролем (Вострокнутов С. А., 2012; Половинкина С. В., 2013; Глинушкин А.П., 2013; Зенкова Н.А., 2004).

Исследования проводились на посевах озимой пшеницы и наблюдения начали в осенний период с появления всходов на 4-х вариантах опыта, где семена пшеницы перед посевом были обработаны микроудобрениями Cu+B-хелатом, Cu+Mo-хелатом, Cu+Zn-хелатом и контрольный вариант, обработанный водой. Наблюдения проводились с интервалом 5-7 дней, определяли количество растений на 1 м^2, высоту растений, число побегов, развитие корневой системы. Густота стояния и полевая всхожесть озимой пшеницы на фоне применения предпосевной обработки семян микроудобрениями, усредненные за период исследований, представлены в таблице 14.

Показатели густоты стояния посевов озимой пшеницы и полевой всхожести по всем вариантам опыта находились на высоком уровне и незначительно изменялись от вносимых микроэлементов

с семенным материалом. Густота стояния в вариантах опыта с применением микроудобрений была на уровне 473-476 шт./м^2, что на 1,7-2,4% выше, чем в контрольном варианте. Данные результаты можно объяснить благоприятными погодными условиями, высоким показателем плодородия почвы и качеством семенного материала, с высоким содержанием белка.

Таблица 14

Густота стояния и полевая всхожесть озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян микроудобрениями

Вариант опыта	Высеяно всхожих семян, шт./м^2	Густота стояния, шт./м^2	Полевая всхожесть, %
Контроль	500	465	93,0
медь + бор	500	475	95,0
медь + молибден	500	473	94,6
медь + цинк	500	476	95,2

Определение кустистости посевов озимой пшеницы, высоты и массы растений в конце осенней вегетации позволяет выяснить физиологическое состояние растений, уходящих под зиму. Биологические показатели озимой пшеницы сорта Светоч в конце осенней вегетации в среднем за 2014-2016 гг. представлены в таблице 15.

Таблица 15

Биологические показатели озимой пшеницы сорта Светоч в конце осенней вегетации

Вариант опыта	Кустистость, шт.	Высота растений, см	Масса 100 сухих растений, г
Контроль	2	6,0	15,12
медь + бор	2	8,5	25,65
медь + молибден	3	8,0	20,73
медь + цинк	4	9,5	28,86

По данным таблицы 15, видно, что применение предпосевной обработки семян микроудобрениями положительно сказалось на биологических показателях озимой пшеницы. В варианте опыта с применением обработки семян Cu+Zn-хелатом растения отличились от контрольных по всем изучаемым показателям, кустистость была в 2 раза выше, высота – в 1,6, масса 100 сухих растений – в 1,9, чем в контрольном варианте.

Серьезную угрозу для посевов озимой пшеницы представляют повреждения в зимний период. Повреждения могут быть связаны с нехваткой кислорода, физиологической засухой, непосредственным воздействием низких температур на растительные ткани и протоплазму (Любарский Л. Н., 1970). Изменение числа растений на протяжении всей жизнедеятельности от всходов до полного созревания, представлено в таблице 16.

Таблица 16

Динамика стеблестоя посевов озимой пшеницы, в среднем 2014-2015 гг.

Вариант опыта	Число всходов, шт. /м^2	Полевая всхожесть, %	Количество перезимовавших растений, шт/м^2
Контроль	465	93,0	405
медь + бор	475	95,0	434
медь + молибден	473	94,6	428
медь + цинк	476	95,2	426
Аммонийная селитра(А.С)	469	93,8	421
Cu+B +A.C	472	94,4	435
Cu+Mo +A.C	474	94,8	443
Cu+Zn +A.C	468	93,6	434
Сульфат аммония(С.А)	476	95,2	424
Cu+B +C.A	474	94,8	424
Cu+Mo +C.A	471	94,2	437
Cu+Zn +C.A	472	94,4	440
Мочевина(М)	467	93,4	418
Cu+B +M	478	95,6	431
Cu+Mo +M	473	94,6	429
Cu+Zn +M	476	95,2	436

Полевая всхожесть во всех вариантах опыта была на уровне 93-96% и существенно не изменялась от вносимых микроэлементов и удобрений. Уровень перезимовавших растений в вариантах с применением удобрений находился в пределах 89,1-93,5%, в контрольном варианте – 87,1%.

На общую сохранность всходов в течение вегетации обработка семян микроудобрениями оказала положительное влияние, увеличив значения данного показателя на 2,2-7,3% в сравнении с контролем (табл. 17).

Таблица 17

Сохранность растений озимой пшеницы, в среднем 2014-2015 гг.

Вариант опыта	Сохранность в зимний период, % к всходам	Число растений к уборке, шт. /м^2	Общая сохранность всходов, %
Контроль	87,1	385	82,8
медь + бор	91,4	422	88,8
медь + молибден	90,5	416	87,9
медь + цинк	89,5	414	87,0
Аммонийная селитра(А.С)	89,8	409	87,2
Cu+B +A.C	92,2	423	89,6
Cu+Mo +A.C	93,5	431	90,9
Cu+Zn +A.C	92,7	422	90,2
Сульфат аммония(С.А)	89,1	412	86,6
Cu+B +C.A	89,5	412	86,9
Cu+Mo +C.A	92,8	425	90,2
Cu+Zn +C.A	93,2	428	90,7
Мочевина(М)	89,5	406	86,9
Cu+B +M	90,2	419	87,7
Cu+Mo +M	90,7	417	88,2
Cu+Zn +M	91,6	424	89,1

Наибольшие значения общей сохранности растений от обработки семян микроудобрениями оказали варианты как при отдельном применении медь + бор, медь + молибден, медь + цинк-хелата, так и в сочетании с азотными подкормками – аммонийной селитрой, сульфатом аммония, мочевиной.

4.2. Аттрагирующая способность колоса озимой пшеницы

Аттракция – важнейшее свойство растений активно притягивать пластические вещества к зонам и центрам ростовых процессов. От уровня аттракции продуктов фотосинтеза зависит крупность (масса) созревшего плода, величина и выход хозяйственного урожая у растений. У пшеницы аттрагирующая способность колоса определяется отношением массы колоса в фазе созревания (полной спелости) к его массе в фазе цветения. Увеличение массы колоса за период от цветения до фазы созревания называется коэффициентом реализации колоса (КРК) (Кумаков В.А., 1985; Кумаков В.А. и др., 1999; Рахимов М. М., 2011; Полонский В.И., 2009; Гулянов Ю.А., 2006). Аттрагирующая способность колоса

озимой пшеницы сорта Поволжская 86 в среднем за 3 года исследований представлена в таблице 18.

Таблица 18

Аттрагирующая способность колоса, в среднем 2011-2013 гг.

Вариант опыта	Сухая масса колоса (г) по фазам		Аттрагирующая способность колоса (соз./цв.)
	цветение	созревание	
Контроль	0,70±0,02	1,13±0,03	1,61
медь + бор	0,52±0,01	1,12±0,02	2,15
медь + молибден	0,52±0,01	1,10±0,01	2,12
медь + цинк	0,49±0,02	1,25±0,01	2,55
Аммонийная селитра(А.С)	0,55±0,03	1,12±0,02	2,04
Cu+B +A.C	0,51±0,03	1,12±0,02	2,20
Cu+Mo +A.C	0,46±0,02	1,24±0,01	2,70
Cu+Zn +A.C	0,55±0,01	1,22±0,01	2,22
Сульфат аммония(С.А)	0,59±0,03	1,11±0,01	1,88
Cu+B +C.A	0,53±0,03	1,13±0,03	2,13
Cu+Mo +C.A	0,57±0,02	1,15±0,03	2,02
Cu+Zn +C.A	0,52±0,01	1,25±0,02	2,40
Мочевина(М)	0,61±0,01	1,23±0,02	2,02
Cu+B +M	0,55±0,02	1,14±0,03	2,07
Cu+Mo +M	0,41±0,02	1,17±0,02	2,85
Cu+Zn +M	0,41±0,03	1,20±0,01	2,93

Величина аттрагирующей способности колоса изменяется по вариантам опыта в зависимости от вносимых хелатных микроудобрений и азотных подкормок, что в свою очередь, отражается на показателях массы колоса, массы зерен с одного колоса и массы одного зерна. Предпосевная обработка семян микроудобрениями увеличила значения аттракции колоса в 1-1,3 раза, в большей степени на фоне применения препарата Cu+Zn-хелата в 2,55, в меньшей – Cu+B-хелата в 2,15 и Cu+Mo-хелата в 2,12 раза, соответственно.

Аттрагирующую способность колоса на фоне применения отдельно аммонийной селитры и мочевины практически одинаковая, и составила 2,04 и 2,02, в варианте с сульфатом аммония – 1,88. Во всех трех вариантах с применением только азотной подкормки прослеживаются значения, превышающие контрольный вариант – 1,61, но при рассмотрении наряду с вариантами, где проводилась предпосевная обработка семян препаратами хелатов как отдельно, так и в сочетании с азотными подкормками, значительно уступают.

Наиболее эффективно на аттрагирующую способность колоса повлияло комплексное действие микроудобрений Cu+Mo-хелата в сочетании с мочевиной – 2,85, а также Cu+Zn-хелата с мочевиной – 2,93, что в свою очередь повлияло на увеличение массы одного зерна, которая составила 0,044 ±0,003 и 0,046 ±0,002 г. (на 15 и 21% выше, чем в контрольном варианте), соответственно.

Коэффициент реализации колоса (КРК) в контрольном варианте опыта оказался равным 0,43, и значительно выше в варианте с применением сульфата аммония 0,62, а – с аммиачной селитрой и мочевиной меньше – 0,5-0,52 соответственно, таблица 19.

Таблица 19

Коэффициент реализации колоса, в среднем 2011-2013 гг.

Вариант опыта	Коэффициент реализации колоса (КРК)	Масса зерен одного колоса, г.	Масса одного зерна, г.
Контроль	0,43	1,0±0,02	0,038±0,004
медь + бор	0,60	1,1±0,01	0,039±0,001
медь + молибден	0,58	1,1±0,03	0,039±0,001
медь + цинк	0,76	1,2±0,03	0,041±0,002
Аммонийная селитра(А.С)	0,57	1,1±0,04	0,038±0,001
Cu+B +A.C	0,61	1,1±0,01	0,041±0,001
Cu+Mo +A.C	0,78	1,2±0,01	0,040±0,002
Cu+Zn +A.C	0,67	1,2±0,02	0,042±0,001
Сульфат аммония(С.А)	0,52	1,1±0,02	0,039±0,002
Cu+B +C.A	0,60	1,1±0,02	0,039±0,003
Cu+Mo +C.A	0,58	1,1±0,01	0,038±0,001
Cu+Zn +C.A	0,73	1,2±0,02	0,040±0,001
Мочевина(М)	0,62	1,2±0,02	0,041±0,002
Cu+B +M	0,59	1,1±0,04	0,037±0,002
Cu+Mo +M	0,76	1,2±0,04	0,044±0,003
Cu+Zn +M	0,79	1,2±0,01	0,046±0,002

Из данных представленных в таблице 19, следует, что в варианте с применением сульфата аммония коэффициент реализации колоса (КРК) имет повышенное значение на 46%, а – с аммиачной селитрой и мочевиной в меньшей степени – на 33 и 21% соответственно, по сравнению с контролем.

4.3. Физико-химические показатели качества зерна озимой пшеницы

Качество зерна представляет собой комплекс взаимосвязанных показателей. Помимо уникальной способности зерна пшеницы образовывать клейковину, от которой зависит качество хлеба, важное значение имеют такие показатели как стекловидность, натура зерна, масса 1000 зерен, количество и качество клейковины и др. (Долгополова Н.В., 2009; Кузина Е.В., 2013; Мельник А.Ф., 2012; Koslovsky, О., 2009).

Стекловидность зерна считается косвенным критерием для оценки содержания белка, мукомольных и хлебопекарных свойств пшениц. Стекловидность характеризует консистенцию эндосперма, которую по результатам анализа разделяют на 3 группы: стекловидная, частично стекловидная и мучнистая. В зависимости от сортовых особенностей существует зависимость между стекловидностью зерна, содержанием в нем белка и клейковины. Высокая стекловидность, как правило, отражает повышенное содержание в зерне белковых веществ и клейковины. Из зерна стекловидных пшениц получают большой выход муки с лучшими хлебопекарными качествами. По показателю стекловидности не всегда можно правильно оценить мукомольные свойства, так как он подвержен значительным колебаниям в зависимости от погодных условий и сортовых особенностей. При засушливых условиях вегетационного периода и повышенной обеспеченности азотом возможно увеличение содержания белка и стекловидности зерна (Глуховцев В.В. и др., 2015; Моисеева А.И., 1975).

Натурная масса зерна характеризует массу единицы объема. Натура зависит от плотности укладки зерна в определенном объеме или от скважистости зерновой массы. Натура практически не играет большой роли, если зерна выполнены, крупные, но при получении зерен недозревших, щуплых снижается и натура. Определение натуры зерна проводят путем взвешивания определенного объема зерна с помощью пурки. Натура зависит от влажности и засоренности зерна, в связи с чем, важным условием проведения определения данного показателя является предварительное доведение зерна до нужной влажности и освобождения от примесей (Шустер Д. В., 2014; Янова М.А., 2008; Ярцев Г.Ф., 2014).

Натура – показатель, выражающий массу 1 л зерна, которая может изменяться от 600-830 г. Высокой считают массу 1 л хорошо выполненного зерна с показателем выше 785 г, средней – 746-785 г и низкой – ниже 745 г (Денисова, 2010).

Масса 1000 зерен характеризует размер зерен, а также их выполненность. Данный показатель зависит от условий выращивания, сортовых особенностей и расположением зерновок внутри колоса. Условия выращивания оказывают значительное влияние на массу зерен, которая может изменять в широких пределах от 20 до 50 г. В зависимости от сорта зерно может относиться к крупному или мелкому. Наиболее важным критерием в оценки показателя массы зерна является разнокачественность зерновок внутри колоса, которая связана с неодинаковым обеспечением зерновок пластическими веществами на стадии налива зерна. Известно, что масса 1000 зерен связана с содержанием белка в зерне, в связи с чем, по данному показателю можно не только судить о качестве зерна, но и о условиях выращивания пшеницы. Накопление белка в зерне связано с обеспеченностью азотом. Достаточная влажность почвы и улучшение снабжения азотом повышает содержание белка и массу 1000 зерен, но до определенного уровня, при дальнейшем повышении доз азотных удобрений происходит снижение значений данных показателей (Дулов М.И., 2007; Жданов В.М., 2015; Konvalina P., 2009).

Клейковина представляет собой нерастворимую в воде часть белков пшеничной муки (практически полностью состоящее из глиадина и глютенина, соотношение которых приближается 1:1), образующая в процессе замеса теста за счет поглощения воды и набухания однородную пластичную массу. В этой массе молекулы белка соединяются по средствам дисульфидных, водородных, ионных и др. связей в определенный каркас, пронизывающий тесто. Клейковина образует структурную основу, вязко-эластичные свойства теста, способность удерживать углекислый газ, влияющие на важнейший показатель силы муки и качество выпеченного хлеба. Качество клейковины – решающий фактор в определении хлебопекарных свойств зерна. Под качеством клейковины понимают комплекс ее физических и физико-химических свойств – эластичность, упругость, растяжимость, связность, способность к набуханию. Согласно стандартам, в зерне сильных пшениц должно содержаться не менее 28% сырой клейковины, по качеству она должна быть не ниже первой группы. Количество и качество клейковины изменя-

ется в зависимости от региона произрастания, агротехники возделывания, климатических условий года. Большое значение в улучшении качества клейковины имеют генетически обоснованные сортовые особенности (Каракулев В.В., 2012; Мухитов Л. А., 2011; Gauer L.F., 1992; Hertel W., 1974). Физико-химические свойства зерна озимой пшеницы сорта Поволжская 86 за три года исследований представлены в таблице 20.

Таблица 20

Физико-химические свойства зерна озимой пшеницы

Вариант	Год	Стекловидность, %	Масса 1000 зерен, г	Клейковина	
				%	ед. ИДК
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Контроль	2013	64,00	32,12	33,60	99,40
	2014	73,50	41,88	32,80	95,20
	2015	81,00	37,20	28,50	82,30
	В среднем	**72,83**	**37,07**	**31,63**	**92,30**
медь + бор	2013	70,00	33,22	33,60	88,20
	2014	68,50	35,72	29,30	76,50
	2015	80,00	39,57	32,80	87,50
	В среднем	**73,83**	**36,17**	**31,90**	**84,07**
медь + молибден	2013	70,50	32,10	32,80	93,90
	2014	68,50	42,14	30,10	89,10
	2015	82,50	38,12	31,50	72,50
	В среднем	**73,83**	**37,45**	**31,47**	**85,17**
медь + цинк	2013	84,00	35,31	36,00	90,50
	2014	68,50	43,52	32,30	71,80
	2015	83,00	37,76	28,20	79,20
	В среднем	**78,50**	**38,86**	**32,17**	**80,50**
Аммонийная селитра (А.С)	2013	74,50	34,33	30,80	85,10
	2014	66,50	42,07	29,10	70,00
	2015	80,00	36,67	26,15	88,40
	В среднем	**73,67**	**37,69**	**28,68**	**81,17**
Cu+B+AC	2013	79,00	35,90	26,80	82,00
	2014	68,50	43,18	28,40	84,50
	2015	77,00	36,30	26,70	73,10
	В среднем	**74,83**	**38,46**	**27,30**	**79,87**
Cu+Mo+AC	2013	79,00	34,70	28,40	74,00
	2014	63,00	42,79	32,60	76,20
	2015	83,50	36,73	26,30	82,80
	В среднем	**75,17**	**38,07**	**29,10**	**77,67**
Cu+Zn+AC	2013	80,00	34,81	28,00	80,60
	2014	65,50	40,70	29,45	79,00
	2015	85,00	36,42	26,10	74,60
	В среднем	**76,83**	**37,31**	**27,85**	**78,07**

Окончание таблицы 20

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Сульфат аммония (С.А)	2013	74,00	36,02	25,20	82,00
	2014	69,50	39,39	29,65	88,30
	2015	78,5	42,68	31,20	71,00
	В среднем	**74,00**	**39,36**	**28,68**	**80,43**
Cu+B+СА	2013	75,00	34,18	36,80	96,00
	2014	71,50	40,27	32,70	101,00
	2015	80,00	37,05	26,30	85,40
	В среднем	**75,50**	**37,17**	**31,93**	**94,13**
Cu+Mo+СА	2013	80,00	35,32	34,60	93,20
	2014	70,00	41,40	28,90	78,60
	2015	85,00	36,92	26,55	81,20
	В среднем	**78,33**	**37,88**	**30,02**	**84,33**
Cu+Zn +СА	2013	81,50	38,11	34,60	96,70
	2014	74,50	41,54	35,10	84,50
	2015	89,00	35,56	24,95	88,70
	В среднем	**81,67**	**38,40**	**31,55**	**89,97**
Мочевина (М)	2013	72,50	33,80	29,30	88,20
	2014	64,50	39,47	31,25	70,60
	2015	79,50	37,92	33,10	81,00
	В среднем	**72,17**	**37,06**	**31,22**	**79,93**
Cu+B+М	2013	75,00	34,25	32,24	89,60
	2014	72,00	38,25	27,89	93,50
	2015	81,00	40,01	26,60	84,70
	В среднем	**76,00**	**37,50**	**28,91**	**89,27**
Cu+Mo+М	2013	76,00	31,31	31,20	94,00
	2014	72,00	38,85	32,30	91,00
	2015	83,50	35,58	28,90	88,00
	В среднем	**77,17**	**35,25**	**30,80**	**91,00**
Cu+Zn+М	2013	82,50	36,15	35,80	95,60
	2014	77,00	42,83	30,50	76,90
	2015	83,50	37,94	31,25	71,70
	В среднем	**81,00**	**38,97**	**32,52**	**81,40**

Все исследуемые физико-химические показатели качества зерна в той или иной степени связаны с погодными условиями. В зависимости от года исследований погодные условия характеризовались резкими колебаниями температуры и неравномерным распределением осадков. Благодаря сортовым особенностям и применяемой системы удобрений озимая пшеница менее подвержена изменяющимся метеоусловиям. По результатам, представленным

в таблице 20, видно, что стекловидность зерна озимой пшеницы изменялась в пределах 72-81% в среднем по годам. Применением предпосевной обработки семян микроудобрениями Cu+B и Cu+Mo значительно не повлияли на показатель стекловидности, увеличение значений в среднем на 1,4% в сравнении с контролем в обоих вариантах. На фоне применения микроудобрения Cu+Zn-хелата стекловидность была 78,5% в среднем за 3 года исследований, что на 7,8% выше, чем в контрольном варианте. При рассмотрении влияния отдельно азотных подкормок на показатель стекловидности значения были выше на 1,2% в сравнении с контролем в варианте с применением аммонийной селитры, на 1,6% – в варианте с сульфатом аммония, а при использовании мочевины наблюдалось снижение показателя на 0,9% в среднем по годам в сравнении с контролем. Наивысшая стекловидность просматривается во всех вариантах опыта с применением микроудобрения Cu+Zn-хелата в сочетании с азотными подкормками. Так, при комплексном действии микроудобрения Cu+Zn-хелата с аммонийной селитрой стекловидность была 76,83% в среднем за 3 года исследований, при использовании Cu+Zn с сульфатом аммония – 81,67% и сочетание препарата Cu+Zn с мочевиной – 81,0%, что на 5,5; 12,1 и 11,2% выше, чем в контрольном варианте.

Масса 1000 зерен изменялась в зависимости от года, наивысшие значения по всем вариантам опыта прослеживаются в 2014 г, наименьшие – в 2013 г. В среднем за 3 года исследований масса зерен находилась в пределах 35-39 г. Наивысшие значения можно отметить в варианте с применением предпосевной обработки семян микроудобрением Cu+Zn-хелатом – 38,86 г. в среднем за 3 года, что на 4,8% выше, чем в контроле. При комплексном действии препарата Cu+Zn-хелата с сульфатом аммония (38,40 г), Cu+B-хелат с аммонийной селитрой (38,46 г) и Cu+Zn-хелат с мочевиной (38,97 г) наблюдается увеличение значений на 3,6; 3,7 и 5,1%, соответственно, в сравнении с контролем. При использовании подкормки сульфатом аммония отдельно от обработки семенного материала масса 1000 зерен достигла 39,36 г в среднем за 3 года исследований, что на 6,2% выше, чем в контрольном варианте.

Количество клейковины во все годы исследований во всех вариантах находилось практически в одинаковых пределах 25-36%. В среднем за 3 года количество клейковины было на уровне 27-33%, что согласно стандарту соответствует зерну сильных пшениц.

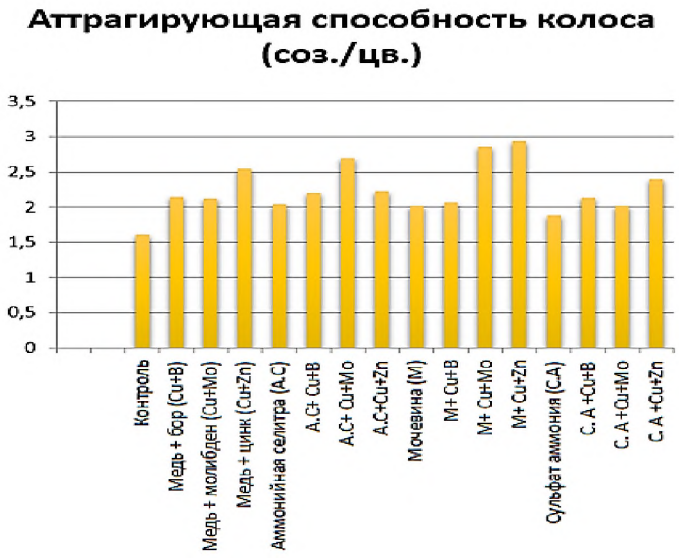


Рис. 6. Аттрагирующая способность колоса

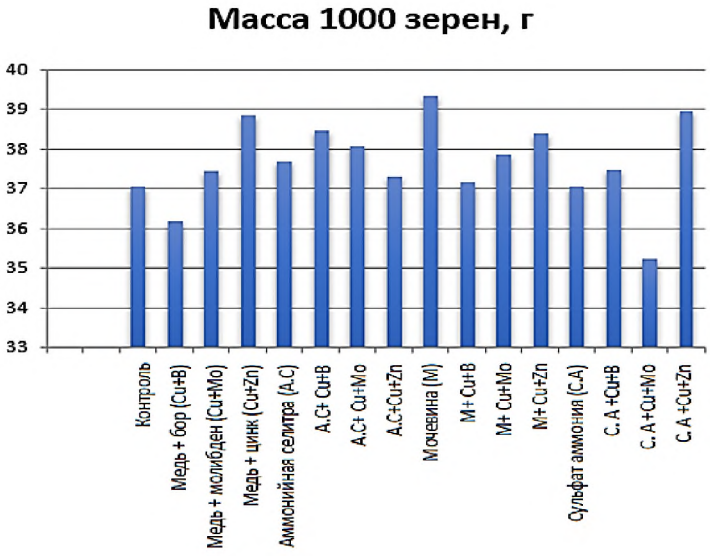


Рис. 7. Масса 1000 зерен

Наибольшее количество клейковины по сравнению с остальными вариантами можно отметить в следующих вариантах: с применением предпосевной обработки семян микроудобрением Cu+Zn-хелатом (32,17%), Cu+Zn-хелатом в сочетании с сульфатом аммония (31,55%) и Cu+Zn-хелатом в сочетании с мочевиной (32,52%) в среднем за 3 года исследований.

Качество клейковины по единицам ИДК по всем вариантам опыта относилось ко II группе и находилось в пределах 77-94 ед. по усредненным данным за 3 года.

По результатам оценки физико-химических свойств зерна озимой пшеницы сорта Поволжская 86, можно сделать вывод, что масса 1000 зерен в зависимости от варианта опыта была в пределах 35,0-39,5 г.; стекловидность во всех вариантах опыта прослеживается высокая (72,0-82,0%); по количеству клейковины образцы относятся к I группе качества (количество клейковины больше 30%), за исключением вариантов с применением предпосевной обработки семян микроудобрениями совместно с аммонийной селитрой, мочевины с Cu+B-хелатом, сульфата аммония (количество клейковины 27,30-29,10%, соответственно); по качеству клейковины все образцы относятся ко II группе качества.

Проанализировав результаты исследований физико-химических показателей качества зерна озимой пшеницы, вернемся к аттрагирующей способности колоса и проследим зависимость между уровнем аттракции и массой зерна. На рисунках 6, 7 показана аттрагирующая способность колоса и масса 1000 зерен.

Каждому варианту опыта соответствуют различные величины аттракции ассимилятов и коэффициенты реализации колоса, что обуславливает разную массу колоса, зерен с одного колоса и массу одного зерна. По усредненным данным в той или иной степени прослеживается зависимости между уровнем аттрагирующей способности и массой зерен. Наивысшая аттрагирующая способность отмечается в вариантах с применением микроудобрения Cu+Zn-хелата, комплексном действии аммонийной селитры с Cu+Mo, мочевины с Cu+Zn и сульфата аммония с Cu+Zn-хелатом. Наивысшая масса зерна прослеживается в вариантах с применением также Cu+Zn-хелата, мочевины, совместном применении Cu+Zn-хелата с мочевиной и Cu+Zn-хелата с сульфатом аммония.

4.4. Урожайность озимой пшеницы и ее структура

В технологии возделывания озимой пшеницы по повышению урожайности и качественных характеристик, применяемые микроэлементы в составе жидких удобрительных стимулирующих смесей в сочетании с азотными удобрениями позволяют реализовать потенциальную урожайность сорта и получить высококачественную продукцию (Абакумов Н.И., 2012; Амиров М.Ф., 2006; Бакаева Н.П., 2016; Созинов А. А., 1976; Каракулев В.В., 2011; Кучеров Д.И., 2007).

Применение предпосевной обработки семян микроудобрениями медь + бор, медь + молибден, медь + цинк в сочетании с различными видами азотных удобрений положительно повлияло на показатели урожайности. Урожайность озимой пшеницы сорта Поволжская 86 за 3 года исследований представлена в таблице 21.

Таблица 21

Урожайность озимой пшеницы сорта Поволжская 86

Вариант	Урожайность, ц/га				Отклонение
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	в среднем	
Контроль	27,8	18,5	29,1	25,1	–
медь + бор	30,4	20,4	31,0	27,3	2,2
медь + молибден	29,9	19,6	31,4	27,0	1,9
медь + цинк	29,1	19,9	31,0	26,7	1,6
Аммонийная селитра(А.С)	35,3	22,7	34,4	30,8	5,7
Cu+B +A.C	37,4	25,5	37,3	33,4	8,3
Cu+Mo +A.C	37,0	23,8	37,0	32,6	7,5
Cu+Zn +A.C	36,6	24,1	36,6	32,4	7,3
Сульфат аммония(С.А)	32,8	21,8	33,5	29,4	4,3
Cu+B +C.A	34,9	24,6	34,9	31,5	6,4
Cu+Mo +C.A	35,3	22,5	35,3	31,0	5,9
Cu+Zn +C.A	34,8	23,7	34,8	31,1	6,0
Мочевина(М)	34,0	21,9	33,7	29,9	4,8
Cu+B +M	36,5	23,6	36,6	32,2	7,1
Cu+Mo +M	36,2	22,6	36,2	31,7	6,6
Cu+Zn +M	36,4	22,3	36,4	31,7	6,6
$НСР_{об}$	1,38	1,50	1,44		
$НСР_{А}$	0,69	0,75	0,72	–	–
$НСР_{В.АВ}$	0,69	0,75	0,72		

Из представленных результатов следует, что увеличение урожайности на фоне применения только предпосевной обработки семян прослеживается во всех вариантах опыта, в большей степени

при использовании микроудобрения Cu + B, увеличения показателей в среднем по годам на 8,8%, в меньшей степени Cu + Mo, (увеличение на 7,6%) и Cu + Zn (увеличение на 6,4%).

Применение отдельно азотных удобрений, без предпосевной обработки семян, также положительно влияли на показатели урожайности, при подкормке аммонийной селитрой увеличение значений было на 22,7%, на фоне применения сульфата аммония и мочевины – на 17,1 и 19,1% соответственно.

Наиболее эффективно на показатель урожайности повлияло совместное применение предпосевной обработки семян Cu+B-хелатом с подкормкой аммонийной селитрой и составило в среднем по годам 30,8 ц/га, что на 33,1% выше, чем в контрольном варианте. Совместное действие микроудобрения Cu+B-хелата с сульфатом аммония и Cu+B-хелата с мочевиной также дают высокие прибавки урожайности – в среднем по годам на 25,5 и 28,3% соответственно. Действие предпосевной обработки семян Cu+Mo-хелатом и Cu+Zn-хелатом с аммонийной селитрой, сульфатом аммония и мочевиной практически одинаково, увеличение значений составило в среднем 23-29%.

Проанализировав данные по урожайности, можно сделать вывод, что в среднем за 3 года исследований происходит увеличение урожайности на фоне применения предпосевной обработки семян препаратом Cu+B-хелата на 8,8%, а наиболее эффективно в комплексе с подкормкой аммонийной селитрой – на 33,1% в сравнении с контролем.

Количество урожая зависит от ряда факторов (погодно-климатических условий года, уровня агротехники и обеспеченности питательными веществами на протяжении вегетации, биологических особенностей сорта и др.), как видно из представленных выше данных, озимая пшеница отзывчива на применение микроэлементов в качестве предпосевной обработки семян, а также на сочетание микроэлементов с азотными удобрениями. Увеличение показателя урожайности отмечено во всех вариантах опыта с применением описанной системы удобрений по сравнению с контрольным, так как в каждый из препаратов хелатного комплексного микроудобрения входит медь, которая участвует в процессах фотосинтеза и дыхания, ускоряет действие многих ферментов, участвует в азотном обмене, биосинтезе хлорофилла и многих других жизненно важный процессах для растительного организма.

Медь в комплексе с другими микроэлементами (бор, молибден, цинк) эффективно воздействует на накопление урожая как отдельно, так и в сочетании с азотными подкормками, положительное действие которых доказано многими авторами. А в зависимости от складывающихся погодных условий года изменяется и наиболее эффективный препарат хелатного комплексного микроудобрения на увеличение показателя урожайности.

Рассмотрим изменения показателя урожайности на примере сорта озимой пшеницы Светоч, применяя такую же систему удобрений, как и в предыдущем опыте, за период с 2014-2015 гг. Урожайность озимой пшеницы сорта Светоч в зависимости от применения предпосевной обработки семян микроудобрениями хелатными комплексными микроудобрениями в сочетании с различными видами азотных удобрений представлена в таблице 22.

Таблица 22

Урожайность озимой пшеницы сорта Светоч

Вариант	Урожайность, ц/га			Отклонение
	2014 г.	2015 г.	в среднем	
Контроль	33,6	27,3	30,5	–
медь + бор	35,0	29,1	32,1	1,6
медь + молибден	34,7	32,9	33,8	3,3
медь + цинк	34,6	32,7	33,7	3,2
Аммонийная селитра(А.С)	41,5	32,5	37,0	6,5
Cu+B +A.C	43,7	33,7	38,7	8,2
Cu+Mo +A.C	44,2	37,1	40,7	10,2
Cu+Zn +A.C	43,3	37,7	40,5	10,0
Сульфат аммония(С.А)	38,6	33,9	36,3	5,8
Cu+B +C.A	39,9	34,9	37,4	6,9
Cu+Mo +C.A	40,4	36,1	38,3	7,8
Cu+Zn +C.A	41,8	37,4	39,6	9,1
Мочевина(М)	37,7	32,1	34,9	4,4
Cu+B +M	39,3	34,5	36,9	6,4
Cu+Mo +M	40,3	37,9	39,1	8,6
Cu+Zn +M	40,4	35,2	37,8	2,3
НСР $_{об}$ НСР $_{А}$ НСР $_{В.АВ}$	5,50 2,75 2,75	4,98 2,49 2,49	–	–

В проведённых исследованиях наивысшие результаты по урожайности достигнуты в вариантах с применением микроудобрений медь + молибден и медь + цинк, практически, в равной степени при

отдельном их применении для инкрустации семян, а также в сочетании с азотными подкормками. Применение микроудобрения медь + бор также оказала влияние на увеличение урожая зерна сорта Светоч, но в меньшей степени, в отличие от сорта Поволжская 86, где эффективность от данного препарата была максимальной. Урожайность зерна озимой пшеницы сорта Светоч в 2014 г. была несколько выше, чем в 2015 г, на что, возможно, могло повлиять благоприятные влажные и теплые условия осени 2014 г, а также достаточное количество осадков в весенние месяцы, за исключением мая. Наивысшие показатели в 2014 г. можно отметить в вариантах с применением микроудобрения медь + молибден в сочетании с аммонийной селитрой – 44,2 ц/га, и медь + цинк с сульфатом аммония – 41,8 ц/га, что на 31,5 и 24,4% выше, чем в контрольном варианте. В среднем за 2014-2015 гг. урожайность озимой пшеницы сорта Светоч была на уровне 30-41 ц/га, в отличие от урожая озимой пшеницы сорта Поволжская 86 в среднем за период 2011-2013 гг. (25-33 ц/га), что в значительной степени связано с погодными условиями и генетическими особенностями, заложенными в сорт.

Показатели урожайности невозможно рассматривать без элементов структуры урожая, которые создают и определяют величину урожая зерна, дают представление за счет каких элементов изменилось количество урожая в большую или меньшую сторону (Марченко Д. М., 2011; Акимова О.И., 2009). Структура урожайности озимой пшеницы сорта Поволжская 86 на фоне применения предпосевной обработки семян микроудобрениями и подкормки азотными удобрениями в среднем за годы исследований представлена в таблице 23.

Обработка семян препаратами микроудобрений и ранневесенняя подкормка азотными удобрениями оказывали влияние на элементы структуры урожая. Применение обработки семян препаратом медь + бор повлияло на увеличение количества стеблей (на 12,7%) и колосьев (на 10,7%), количество колосков с главного колоса (на 4,1%) и зерен с главного колоса (на 25,6%), а также на массу 1000 зерен (на 16,7%) в среднем за 3 года исследований в сравнении с контролем.

Повышение урожайности на фоне комплексного действия предпосевной обработки семян препаратом медь + бор и внесением аммонийной селитры в фазу весеннего кущения произошло за счет увеличения количества стеблей, колосков и зерен с главного колоса, а также массы 1000 зерен. Увеличение значений составило до 32% в среднем за 3 года исследований в сравнении с контролем.

Таблица 23

Структура урожая озимой пшеницы (средняя за 2011-2013гг.)

Вариант	Количество стеблей, шт/м^2	Количество колосьев, шт/ м^2	Высота растений, см.	Длина главного колоса, см.	Количество колосков в главном колосе, шт/м^2	Количество зёрен с главного колоса, г.	Количество зёрен с побочных колосьев,	Масса зерна с главного колоса, г	Масса зерна с побочных колосьев, г.	Масса 1000 зёрен, г.
Контроль	326,0	257,5	57,7	6,7	14,5	16,0	8,2	0,70	0,3	20,5
медь + бор	367,5	285,0	59,5	7,5	15,1	20,1	8,8	0,72	0,6	23,9
медь + молибден	335,5	281,5	61,0	7,1	10,7	15,1	8,6	0,73	0,3	21,6
медь + цинк	359,5	284,5	62,7	7,4	11,0	18,4	8,8	0,70	0,5	23,6
Аммонийная селитра(А.С)	341,5	288,5	60,6	7,2	11,1	20,9	9,6	0,69	0,5	29,5
Cu+B +A.C	347,0	291,0	62,3	6,7	14,6	25,5	11,3	0,73	0,7	35,7
Cu+Mo +A.C	326,0	280,0	62,1	7,4	12,5	22,7	10,9	0,69	0,6	32,5
Cu+Zn +A.C	319,0	282,5	62,8	7,7	14,4	22,0	10,9	0,77	0,8	33,7
Сульфат аммония(С.А)	335,0	277,0	57,9	7,4	11,0	20,2	9,8	0,70	0,6	29,7
Cu+B +C.A	339,5	287,0	56,6	7,7	13,7	21,6	10,7	0,73	0,7	33,2
Cu+Mo +C.A	333,0	276,5	58,2	7,1	12,3	18,7	10,5	0,76	0,7	31,5
Cu+Zn +C.A	334,0	292,0	57,5	7,6	13,4	21,5	11,4	0,72	0,8	32,4
Мочевина(М)	327,5	268,5	59,5	7,5	13,6	16,1	8,3	0,74	0,4	21,3
Cu+B +M	331,4	276,0	59,0	7,4	15,4	23,0	9,0	0,68	0,6	27,5
Cu+Mo +M	328,0	271,5	60,2	7,7	15,1	22,6	8,9	0,73	0,6	25,9
Cu+Zn +M	318,5	274,0	57,8	7,5	12,4	19,8	9,2	0,69	0,7	23,9

Структура урожая озимой пшеницы сорта Светоч на фоне применения предпосевной обработки семян микроудобрениями и подкормки азотными удобрениями в среднем за 2014-2015 гг. представлена в таблице 24.

Таблица 24

Структура урожайности озимой пшеницы
на фоне применения предпосевной обработки семян
микроудобрениями и подкормки азотными удобрениями (за 2014-2015 гг.).

Вариант опыта	Кол-во растений, шт./м^2	Кол-во стеблей, шт./м^2	Кол-во колосьев, шт./м^2	Высота растений, см	Длина главного колоса, см.	Кол-во зерен в главном колосе, шт.	Масса зерна с главного колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Контроль	385	395	450	76	6,0	26	1,0	36,2
медь + бор	422	432	479	82	6,8	28	1,1	37,6
медь + молибден	416	426	477	80	7,1	28	1,1	37,1
медь + цинк	414	424	477	81	6,9	29	1,2	37,8
Аммонийная селитра(А.С)	409	419	464	75	7,0	27	1,1	36,7
Cu+B +A.C	423	443	487	83	7,4	27	1,1	37,3
Cu+Mo +A.C	431	441	476	82	8,3	30	1,2	37,8
Cu+Zn +A.C	422	442	481	82	7,4	32	1,2	38,4
Сульфат аммония(С.А)	412	422	452	81	8,1	27	1,2	37,9
Cu+B +C.A	412	427	462	86	7,3	30	1,1	38,0
Cu+Mo +C.A	425	435	469	85	7,7	27	1,2	38,5
Cu+Zn +C.A	428	438	475	84	6,7	26	1,2	38,0
Мочевина(М)	406	426	457	80	7,5	28	1,1	37,6
Cu+B +M	419	429	470	81	7,4	28	1,1	38,1
Cu+Mo +M	417	427	472	85	7,2	29	1,1	38,9
Cu+Zn +M	424	434	482	87	8,6	30	1,2	38,6

Предпосевная обработка семян озимой пшеницы сорта Светоч микроудобрениями Cu+B, Cu+Mo, Cu+Zn положительно влияла на структуру урожая как отдельно, так и в сочетании с азотными подкормками. Применение микроудобрений способствовало увеличению количества растений, стеблей, колосьев, высоты растений, длины главного колоса, количества зерен в главном колосе и массы 1000 зерен по сравнению с контрольным вариантом.

4.5. Содержание азота в зерне и его вынос с урожаем

Повышение урожайности культуры требует увеличение плодородия почвы за счет повышенных доз минеральных и/или органических удобрений, что влияет на качество получаемой продукции. Как известно, содержание питательных элементов в зерне зависит не только от генетических особенностей сорта, но также и от условий выращивания. Результаты исследований показывают, что урожайность и содержание азота в зерне изменялись в зависимости от применения предпосевной обработки семян микроудобрениями ЖУСС в сочетании с подкормкой азотными удобрениями, что повлияло на величину общего выноса N с зерном (табл. 25).

Таблица 25

Влияние удобрений на содержание азота в зерне и его вынос с урожаем озимой пшеницы сорта Поволжская 86

Вариант опыта	Содержание азота в зерне, %	Общий вынос N урожаем, кг/га	Вынос N на 1 ц зерна, кг/га
Контроль	2,25	60,0	2,39
медь + бор	2,31	71,0	2,60
медь + молибден	2,29	69,4	2,57
медь + цинк	2,30	67,8	2,54
Аммонийная селитра(А.С)	2,58	85,6	2,78
Cu+B +A.C	2,80	100,5	3,01
Cu+Mo +A.C	2,73	95,8	2,94
Cu+Zn +A.C	2,71	94,6	2,92
Сульфат аммония(С.А)	2,50	80,4	2,69
Cu+B +C.A	2,70	93,4	2,90
Cu+Mo +C.A	2,66	90,7	2,86
Cu+Zn +C.A	2,65	90,7	2,86
Мочевина(М)	2,46	77,9	2,65
Cu+B +M	2,64	89,5	2,84
Cu+Mo +M	2,60	86,5	2,79
Cu+Zn +M	2,58	87,1	2,80

Содержание азота в зерне при отдельном применении хелатных микроудобрений было в среднем 2,3%, что на 2,2% выше, чем в контрольном варианте. Отдельное применение азотных удобрений увеличило содержание азота в зерне в среднем на 11,7%, в сравнении с контролем. Наивысшее содержание азота в зерне (2,7-2,8%) отмечалось в вариантах при совместном применении микроудобрений с аммиачной селитрой.

Вынос общего азота в контрольном варианте, без применения удобрений составил 60 кг/га за ротацию. Микроудобрения в хелатной форме увеличили вынос азота на 9,4 кг/га, а применение азотных удобрений – в среднем на 21,3 кг/га в сравнении с контролем. При совместном применении микроудобрений с аммиачной селитрой увеличение выноса азота было на 37 кг/га, при сочетании хелатных микроудобрений с сульфатом аммония и мочевиной – на 27,7 и 31,6 кг/га, соответственно.

Применение хелатных микроудобрений с аммиачной селитрой в большей степени повлияло на вынос азота из почвы с зерном урожая озимой пшеницы сорта Поволжская 86 за ротацию.

Изменения содержания азота в зерне и его вынос с урожаем озимой пшеницы сорта Светоч на фоне применяемых удобрений представлены в таблице 26.

Таблица 26

Влияние удобрений на содержание азота в зерне и его вынос с урожаем озимой пшеницы сорта Светоч

Вариант опыта	Содержание азота в зерне, %	Общий вынос N урожаем, кг/га	Вынос на 1 ц зерна, кг/га
Контроль	2,55	88,5	2,90
медь + бор	2,69	93,2	3,06
медь + молибден	2,83	98,8	3,22
медь + цинк	2,82	96,2	3,21
Аммонийная селитра(А.С)	3,10	123,2	3,33
Cu+B +A.C	3,24	135,1	3,49
Cu+Mo +A.C	3,41	149,4	3,67
Cu+Zn +A.C	3,39	147,8	3,65
Сульфат аммония(С.А)	3,04	118,7	3,27
Cu+B +C.A	3,13	126,0	3,37
Cu+Mo +C.A	3,21	132,1	3,45
Cu+Zn +C.A	3,32	141,4	3,57
Мочевина(М)	2,92	109,9	3,15
Cu+B +M	3,09	122,9	3,33
Cu+Mo +M	3,27	137,6	3,52
Cu+Zn +M	3,17	128,9	3,41

Так, содержание азота в зерне изменялось в зависимости от применяемых удобрений. В вариантах с отдельным применением микроудобрений содержание азота было на 5,5-11,0% больше, чем в контрольном варианте. Наибольшее содержание азота в зерне отмечалось в вариантах при совместном применении микроудобрений в хелатной

форме и азотных подкормок, на уровне 3,1-3,4%, что на 22-33% выше, чем в контрольном варианте.

Вынос общего азота в контрольном варианте, без применения удобрений составил 88,5 кг/га за ротацию. Микроудобрения увеличили вынос азота на 7,5 кг/га, а отдельное применение азотных удобрений – в среднем на 28,7 кг/га в сравнении с контролем. Вынос азота при совместном применении микроудобрений с азотными удобрениями достигал 118-149 кг/га за ротацию, что превышает контрольные значения на 29-60 кг/га.

В большей степени на вынос азота из почвы зерном урожая озимой пшеницы сорта Светоч повлияло совместное применение микроудобрений с аммиачной селитрой.

Изучая влияние применяемых микроудобрений в хелатной форме в качестве предпосевной обработки семян и ранневесенней подкормки различными азотными удобрениями на показатели урожайности и массы 1000 зерен, выявлены наилучшие результаты при совместном использовании двух применяемых удобрений. Урожайность и масса 1000 зерен по усредненным данным в зависимости от применяемых удобрений представлена на схеме 1.

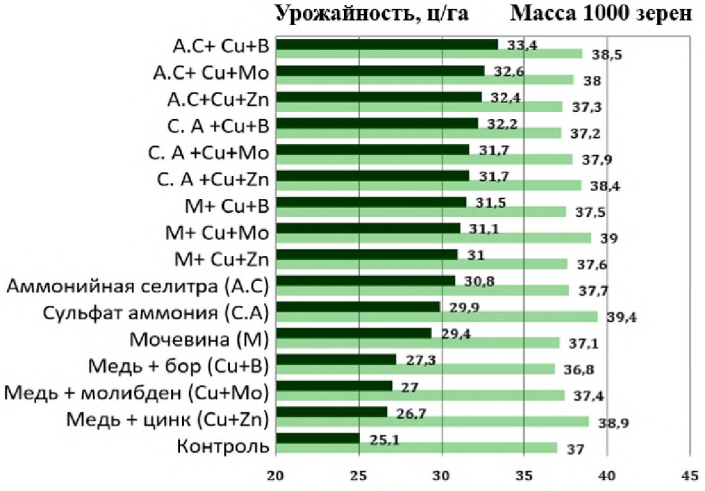


Схема 1. Урожайность и масса 1000 зерен озимой пшеницы сорта Поволжская 86 (варианты с удобрениями расположены в порядке увеличения урожайности по их эффективности)

Показано, что наивысшая урожайность была получена в вариантах при совместном применении микроудобрений с аммиачной селитрой – 32-33 ц/га. Данным вариантам соответствовали значения массы 1000 зерен на уровне 37-38 г. Наивысшие показатели массы 1000 зерен отмечались в вариантах с отдельным применением сульфата аммония (39,4 г) и при совместном применении Cu+Zn-хелата с мочевиной (39,0 г).

Таким образом, изучая эффективность действия микроудобрений в качестве предпосевной обработки семян и подкормки различными азотными удобрениями озимой пшеницы сорта Поволжская 86 на показатели аттрагирующей способности колоса, массы зерна, урожая и его структурных элементов получены положительные результаты. Прослеживалась зависимость между уровнем аттрагирующей способности и массой зерен. Наивысшая аттрагирующая способность отмечалась в вариантах с применением микроудобрения Cu+Zn-хелата, при совместном действии Cu+Mo-хелата с аммиачной селитрой, микроудобрения Cu+Zn-хелата с мочевиной и сульфатом аммония. Наивысшая масса 1000 зерен была в вариантах с применением микроудобрения Cu+Zn-хелата, как отдельно, так и в сочетании с азотными подкормками, причем отдельное применение повлияло наиболее эффективно на показатель массы 1000 зерне, чем комплексное применение.

Наивысшие результаты по урожайности озимой пшеницы сорта Поволжская 86 – 31-33 ц/га получены в вариантах при совместном применении микроудобрений и азотных удобрений, что на 23,5-31,5% выше по сравнению с контролем. Увеличение урожайности от отдельного применения удобрений было менее выражено: азотных подкормок, в среднем на 17-23% и хелатных препаратов микроудобрений, в среднем до 9%. Применение обработки семян препаратом Cu+B-хелата повлияло на увеличение количества стеблей – на 12,7% и колосьев – на 10,7%, количество колосков с главного колоса – на 4,1% и зерен с главного колоса –на 25,6%, в среднем по годам.

Наивысшие результаты по урожайности озимой пшеницы сорта Светоч 34-41 ц/га отмечались в вариантах с применением микроудобрений Cu+Mo-хелата и Cu+Zn-хелата как отдельно, так

и в сочетании с аммиачной селитрой и сульфатом аммония. Применение удобрений также способствовало увеличению количества растений, стеблей, колосьев, высоты растений, длины главного колоса, количества зерен в главном колосе и массы 1000 зерен по сравнению с контролем.

Наивысшее содержание азота в зерне озимой пшеницы сортов Поволжская 86 (2,7-2,8%) и Светоч (3,1-3,4%) отмечалось в вариантах при совместном применении микроудобрений с аммиачной селитрой. Вынос азота при совместном применении микроудобрений с азотными удобрениями достигал у сорта Поволжская 86 91-100 кг/га, у сорта Светоч – 118-149 кг/га за ротацию. В большей степени на вынос азота из почвы с зерном урожая озимой пшеницы сортов Поволжская 86 и Светоч также повлияло совместное применение хелатных микроудобрений с аммиачной селитрой.

ГЛАВА 5. СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА И ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЯЕМЫХ УДОБРЕНИЙ

5.1. Содержание белка в листьях озимой пшеницы по фазам развития

Определение фракционного состава белка в листьях озимой пшеницы сорта Поволжская 86 проводилось в фазу кущения-выхода в трубку. Усредненные данные за 3 года исследований представлены в таблице 27.

Таблица 27

Содержание белка в листьях озимой пшеницы в фазу кущения-выхода в трубку

Вариант	Белок, %				
	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины	Общий белок
Контроль	2,09	0,80	2,04	0,60	5,53
медь + бор	2,04	0,91	2,68	0,70	6,33
медь + молибден	1,73	0,84	2,32	0,70	5,59
медь + цинк	1,90	1,10	2,16	0,82	5,98
Аммонийная селитра(А.С)	2,25	0,92	2,12	0,65	5,94
Cu+B +A.C	2,63	0,94	2,50	0,67	6,74
Cu+Mo +A.C	3,18	1,00	2,65	0,71	7,54
Cu+Zn +A.C	3,47	1,20	2,41	0,75	7,83
Сульфат аммония(С.А)	2,20	0,90	2,19	0,65	5,94
Cu+B +C.A	2,61	1,20	2,37	0,69	6,87
Cu+Mo +C.A	3,26	1,21	2,44	0,70	7,61
Cu+Zn +C.A	3,50	1,33	2,49	0,77	8,09
Мочевина(М)	2,19	0,93	2,07	0,70	5,89
Cu+B +M	3,15	1,14	2,20	0,71	7,20
Cu+Mo +M	2,34	1,22	2,35	0,74	6,65
Cu+Zn +M	3,46	1,26	2,60	0,80	8,12

Как видно из данных таблицы 27, содержание белка в листьях озимой пшеницы в фазе кущения-выхода в трубку находилось на уровне 5-8%, наибольшее количество белка прослеживается во фракции альбуминов, до 3,5%, и во фракции проламинов – до 2,7%, меньше всего белка во фракции глобулинов и глютелинов – на уровне 0,6-1,3%.

Рассматривая отдельно накопление белка в каждой фракции видно, что наибольшее содержание белка во фракции альбуминов прослеживается в вариантах с применением предпосевной обработки семян микроудобрением Cu+Zn-хелатом в сочетании с аммонийной селитрой, сульфатом аммония, мочевиной – 3,47; 3,50 и 3,46% соответственно, что на 1,37-1,41% выше, чем в контроле. Предпосевная обработка семян отдельно от азотных подкормок на фракцию альбуминов влияния не оказала, значения белка были на уровне 1,7-2,0%, что ниже контрольного варианта (2,09%). Варианты с применением азотных подкормок без предварительной обработки семенного материала практически не отличались друг от друга и составили 2,19-2,25%, что на 0,10-0,16% выше, чем в контрольном варианте.

Содержание белка во фракции глобулинов находилось на уровне 0,8-1,3%, преобладающим среди всех был вариант с применением комплексного действия предпосевной обработки семян микроудобрением Cu+Zn в сочетании с азотными подкормками.

Рассматривая характер накопления клейковинных фракций белка видно, что накопление проламинов происходит интенсивнее во всех вариантах опыта. Наибольшее увеличение фракции проламинов (на 31%) прослеживается в варианте с применением микроудобрения медь + бор, при использовании Cu+Mo и Cu+Zn – увеличение на 14% и 6%, соответственно. Применение азотных подкормок отдельно от предпосевной обработки незначительно увеличили показатели белка. Наиболее эффективно оказало влияние комплексное действие микроудобрений и азотных подкормок. Так, в варианте с применением препарата Cu+B в сочетании с аммонийной селитрой содержалось 2,65% белка, что на 30% выше, чем в контрольном варианте. При использовании микроудобрения Cu+Zn в комплексе с сульфатом аммония и Cu+Zn-хелата с мочевиной значения белка были выше на 22 и 27%, соответственно.

Накопление глютелинов в большей степени было в вариантах опыта с применением препарата Cu+Zn-хелата как отдельно, так и в сочетании с азотными подкормками. Так, отдельное применение препарата Cu+Zn повлияло на увеличение белка во фракции глютелинов на 37%. При комплексном действии Cu+Zn с аммонийной селитрой, сульфатом аммония и мочевиной накопление белка было на уровне 0,75; 0,77 и 0,80%, соответственно, что на 25; 28 и 33% выше, чем в контрольном варианте, с содержанием белка 0,60%.

5.2. Изменение содержание белка в зерне в процессе созревания

Накопление веществ в зерне озимой пшеницы происходит в процессе налива и является сложным физиолого-биохимическим процессом, с согласованным взаимодействием вегетативных и репродуктивных органов. Это взаимодействие изменяется в большей степени от условий минерального питания, в частности от обеспеченности растений азотов в период налива зерна. Как известно (Бабицкий А.Ф., 2008; Козьмина Н.П., 1976), синтез белка происходит за счет реутилизации азотистых веществ из вегетативных органов и поглощения из почвы в период налива зерна. При снижении уровня поступления азота к растению отток из вегетативных органов усиливается. В связи с тем, что в процессе накопления запасных веществ погодные условия могут изменяться, и, соответственно, ввиду подвижности азотистых веществ, изменяется и уровень обеспеченности почвы азотом, в наших исследованиях представлены данные изменения белковых веществ по фазам развития.

Содержание белка по фракциям в молочной стадии спелости исследований представлено в таблице 28.

Таблица 28

Содержание белка в стадии молочной спелости зерна озимой пшеницы

Вариант	Белок, %				
	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины	Общий белок
Контроль	3,17	0,32	1,53	0,57	5,59
медь + бор	3,40	0,36	2,50	0,50	6,76
медь + молибден	3,22	0,75	2,59	0,57	7,13
медь + цинк	2,96	0,24	2,35	0,51	6,06
Аммонийная селитра (А.С)	2,84	0,32	2,45	0,44	6,05
Cu+B +A.C	3,50	0,34	2,50	0,76	7,10
Cu+Mo +A.C	4,18	0,22	2,12	0,37	6,89
Cu+Zn +A.C	3,66	0,77	2,52	0,45	7,40
Сульфат аммония (С.А)	3,05	0,39	2,06	0,59	6,09
Cu+B +C.A	3,37	0,86	2,18	0,38	6,79
Cu+Mo +C.A	3,27	0,45	2,08	0,45	6,25
Cu+Zn +C.A	3,71	0,50	2,12	0,30	6,63
Мочевина(М)	4,36	0,63	2,24	0,14	7,37
Cu+B +M	4,54	0,41	2,12	0,37	7,44
Cu+Mo +M	4,05	0,77	1,76	0,85	7,43
Cu+Zn +M	3,52	0,42	2,06	0,44	6,44

Наивысшая концентрация белка в фазе молочной спелости зерна отмечается во фракции альбуминов, значения показателя изменялись в переделах 3,05-4,54% в зависимости от варианта опыта. На втором месте по накоплению белка проламиновая фракция, значения которой были в пределах 1,53-2,59% по вариантам. Менее всего белка во фракциях глобулинов, не превышающее 0,86%, и глютелинов – количество белка не более 0,85%.

Наивысшие значения белка в альбуминовой фракции отмечены в вариантах опыта с применением предпосевной обработки семян микроудобрениями в сочетании с подкормкой мочевиной (до 4,54%). В глобулиновой фракции наибольшее количество белка отмечено в вариантах с применением предпосевной обработки семян препаратом Cu,-Mo-хелатом отдельно от азотных подкормок (0,75%, что на 0,43% выше в абсолютном выражении, чем в контрольном варианте (0,32%)), а также в вариантах с применением Cu+Zn-хелата с подкормкой аммонийной селитрой и Cu+Mo-хелата с мочевиной – 0,77% в обоих вариантах, Cu+B-хелата с подкормкой сульфатом аммония (0,86%). В проламиновой фракции наивысшие значения белка отмечены в вариантах с применением обработки семян микроудобрением медь + бор – 2,59%, а также при комплексном действии медь + бор и медь + цинк с аммонийной селитрой – 2,50 и 2,52%, соответственно. В глютелиновой фракции белок наиболее интенсивно накапливался в вариантах с комплексным действием предпосевной обработки семян препаратом медь + бор и подкормки аммонийной селитрой (0,76%), а также медь + молибден 2 с мочевиной (0,85%), что на 0,19 и 0,28% выше, чем в контрольном варианте, соответственно.

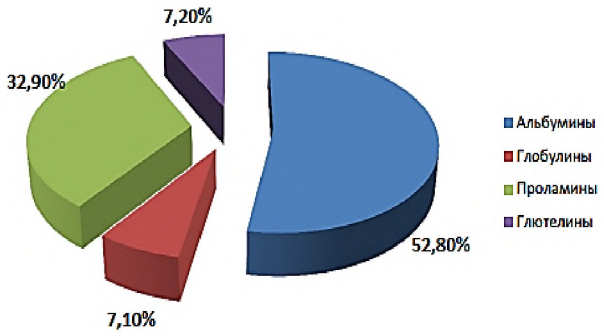


Рис. 8. Фракционный состав белка
в фазу молочной спелости зерна озимой пшеницы, %

Процентное выражении доли каждой фракции в общем количестве белка в фазу молочной спелости зерна сложилось следующим образом: альбумины – 52,8%, глобулины – 7,1%, проламинов – 32,9%, глютелины – 7,2% в среднем по вариантам опыта. Диаграмма представлена на рисунке 8.

Содержание белка по фракциям в стадии восковой спелости зерна озимой пшеницы сорта Поволжская 86 в среднем за 3 года исследований представлено в таблице 29.

Таблица 29

Содержание белка в зерне пшеницы в восковой стадии спелости

Вариант	Белок, %				
	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины	Общий белок
Контроль	2,88	0,87	2,59	1,88	8,22
медь + бор	3,73	0,99	2,58	1,75	9,05
медь + молибден	4,10	0,82	2,35	2,08	9,35
медь + цинк	3,29	1,60	2,54	2,19	9,62
Аммонийная селитра (А.С)	2,92	0,78	2,71	1,83	8,24
Cu+B +A.C	3,83	0,82	2,51	2,14	9,30
Cu+Mo +A.C	4,51	1,14	2,30	2,33	10,28
Cu+Zn +A.C	3,99	0,96	2,79	2,09	9,83
Сульфат аммония (С.А)	4,38	1,28	2,21	2,05	9,92
Cu+B +C.A	3,70	0,94	2,33	2,23	9,20
Cu+Mo +C.A	3,40	1,15	2,77	2,20	9,52
Cu+Zn +C.A	4,04	0,50	2,56	2,38	9,48
Мочевина(М)	4,69	0,78	2,61	1,70	9,78
Cu+B +M	4,87	0,84	2,25	2,01	9,97
Cu+Mo +M	4,38	0,91	2,55	2,08	9,92
Cu+Zn +M	3,85	0,68	2,16	2,53	9,22

Данные таблицы 29, показывают, что в восковой стадии спелости зерна пшеницы происходит снижение фракции альбуминов и в небольшом количестве проламинов, повышается содержание фракции глютелинов и незначительно глобулинов. Суммарный белок по всем вариантам опыта варьировал в пределах 8-10%. Рассматривая изменения суммарного белка в стадии восковой спелости на фоне только предпосевной обработки зерна, наивысшие показатели прослеживаются в варианте с применением Cu+Zn-хелата (9,62%), превышающие

контрольные значения на 1,4% в абсолютном выражении. Азотные подкормки отдельно от микроудобрений в виде сульфата аммония и мочевины увеличили содержание белка в данной стадии спелости, и составили 9,92 и 9,78%, соответственно, что на 1,7 и 1,56% выше в абсолютном выражении, чем в контрольном варианте, значения белка в варианте с применением подкормки аммонийной селитрой были близки к контрольным. Комплексное действие микроудобрений и азотных подкормок во всех вариантах опыта увеличивало содержание белка, превышая контрольные значения в среднем на 1-2% в абсолютном выражении. Наивысшие значения по содержанию белка достигнуты в вариантах с применением Cu+Mo-хелата в сочетании с аммонийной селитрой (10,28%), Cu+Mo-хелата с сульфатом аммония (9,52%) и Cu+B-хелата с мочевиной (9,97%), которые на 2,06; 1,30 и 1,75% выше в абсолютном выражении, чем в контрольном варианте. Процентное выражение доли каждой фракции в общем количестве белка в фазу восковой спелости зерна представленно на рисунке 9.

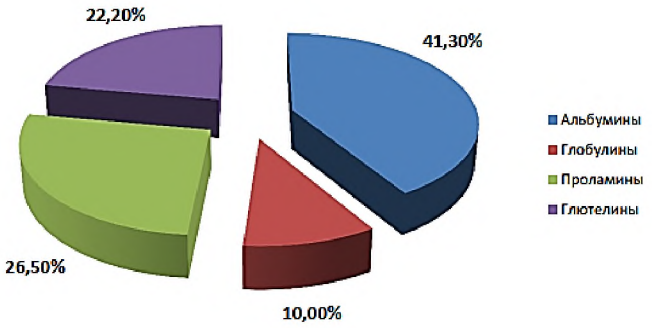


Рис. 9. Фракционный состав белка
в фазу восковой спелости зерна озимой пшеницы, %

Доля каждой фракции в общем количестве белка в фазу восковой спелости зерна сложилось следующим образом: альбумины – 41,3%, глобулины – 10,0%, проламинов – 26,5%, глютелины – 22,2% в среднем по вариантам опыта.

5.3. Фракционный состав белка в стадии полной спелости зерна

Содержание белка по фракциям в стадии полной спелости зерна озимой пшеницы сорта Поволжская 86 за три года исследований представлено в таблице 30.

Проанализировав представленные данные, можно сделать вывод, что на фоне применения предпосевной обработки семян микроудобрениями происходит увеличение каждой фракции белка в среднем за годы исследований в сравнении с контролем, за исключением фракции альбуминов в варианте с применением Cu+B-хелата и Cu+Mo-хелата, снижение показателей до 29%.

В большей степени прослеживается увеличение фракции проламинов в варианте с применением обработки семян микроудобрением Cu+Zn-хелатом, в среднем на 72%, соответственно. Рассматривая отдельно вклад азотных удобрений в накопление белковых фракций, прослеживается следующее. Количество альбуминов увеличивается незначительно, в среднем на 2-9%, а в варианте с применением мочевины наоборот уменьшается на 12,5%. Фракция глобулинов во всех вариантах опыта увеличивается, за исключением варианта с применением препарата медь + молибден совместно с мочевиной. Проламины увеличиваются на фоне применения аммонийной селитры и сульфата аммония в среднем на 24,0 и 45,5% соответственно, наибольшее увеличение показателей глютелинов в среднем за годы исследований было в варианте с применением мочевины, и составило 40,5%.

Комплексное действие предпосевной обработки семян микроудобрениями и подкормки азотными удобрениями в большей степени повлияло на накопление клейковинной фракции белка пшеницы – проламинов.

Совместное действие предпосевной обработки семян микроудобрениями в хелатной форме и подкормки азотными удобрениями в большей степени повлияло на накопление клейковинных фракции белка пшеницы – проламинов и глютелинов.

Таблица 30

Фракционный состав белка в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 в стадии полной спелости

Вариант	Белковые фракции, %															
	2011 г.				2012 г.				2013 г.				в среднем за три года			
	альбумины	глобулины	проламины	глютелины	альбумины	глобулины	проламины	глютелины	альбумины	глобулины	проламины	глютелины	альбумины	глобулины	проламины	глютелины
Контроль	3,87	1,51	3,28	5,27	4,50	1,22	1,64	6,93	3,38	1,67	2,86	7,06	2,6	1,5	3,3	5,7
медь + бор	3,00	2,87	2,97	6,40	2,69	1,67	4,08	7,19	2,61	1,41	2,43	8,76	2,7	2,0	3,2	7,4
медь + молибден	3,23	1,49	4,16	6,87	2,15	1,04	4,12	8,22	4,28	1,90	2,27	7,78	3,2	1,5	3,5	7,6
медь + цинк	3,74	1,56	4,39	6,62	3,00	1,07	5,99	6,52	5,74	2,34	2,98	7,02	4,1	1,7	4,5	6,7
Аммонийная селитра (А.С)	3,66	2,25	2,55	6,39	4,02	1,86	4,20	6,05	4,41	2,19	2,89	8,24	3,2	2,1	4,0	6,9
Cu+B +A.C	3,75	2,26	5,74	5,08	4,18	2,12	5,25	7,58	3,58	1,21	1,37	9,19	3,8	1,9	4,1	7,3
Cu+Mo +A.C	4,20	2,45	5,22	5,88	5,29	1,81	4,25	6,67	3,59	1,79	1,55	9,30	3,7	2,0	4,3	7,3
Cu+Zn +A.C	4,42	2,93	4,87	6,46	3,73	1,26	6,10	6,52	4,77	1,90	2,25	9,01	4,1	2,0	4,7	7,3
Сульфат аммония (С.А)	4,26	2,25	3,95	5,31	4,45	1,64	4,68	4,49	4,12	1,90	2,69	8,71	3,6	1,9	4,5	6,2
Cu+B +C.A	4,77	2,90	4,74	4,77	4,22	1,44	5,33	4,97	**5**,14	1,36	2,66	9,07	3,8	2,1	4,9	6,3
Cu+Mo +C.A	4,81	2,43	4,08	4,97	3,78	2,63	2,73	6,64	4,04	2,54	3,17	8,34	3,3	2,5	4,2	6,7
Cu+Zn +C.A	4,89	2,84	4,96	5,08	6,20	1,99	2,44	6,64	6,46	1,28	3,18	8,38	3,7	2,0	5,7	6,7
Мочевина(М)	2,14	1,47	1,14	9,39	4,25	1,13	2,78	8,14	3,91	2,32	1,52	9,54	3,2	1,9	3,4	7,4
Cu+B +M	2,21	1,51	3,59	7,37	4,84	1,36	5,47	5,70	2,91	2,40	2,02	10,3	3,3	1,8	3,7	7,8
Cu+Mo +M	2,70	2,01	3,22	7,15	2,86	0,96	4,55	8,51	4,88	1,41	1,46	9,83	2,7	2,1	3,6	8,1
Cu+Zn +M	3,44	1,68	4,15	6,00	5,66	2,85	6,37	3,93	5,19	1,42	3,41	7,53	3,1	2,0	4,9	7,2

Процентное выражение доли каждой фракции в общем количестве белка в фазу полной спелости зерна сложилось следующим образом: альбумины – 19,9%, глобулины – 11,4%, проламины – 25,3%, глютелины – 43,4% в среднем по вариантам опыта. Диаграмма представлена на рисунке 10.

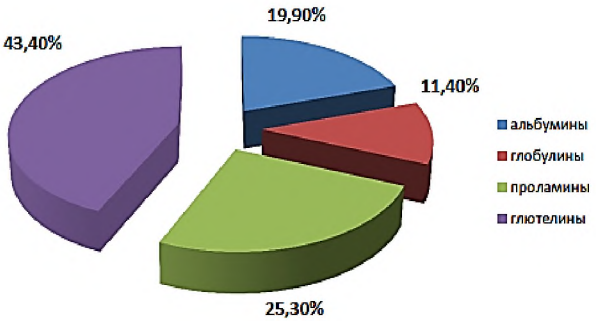


Рис. 10. Фракционный состав белка в фазу восковой спелости зерна озимой пшеницы, %

Суммарное содержание белка в фазу полной спелости зерна озимой пшеницы сорта Поволжская 86 за три года исследований представлено в таблице 31.

Применение предпосевной обработки семян препаратами хелатов положительно повлияло на накопление белка в зерне озимой пшеницы. Так, в большей степени оказало влияние обработка семян препаратом Cu+Zn-хелата, увеличение показателей на 18% в сравнении с контролем в среднем за годы исследований, Cu+B-хелат и Cu+Mo-хелат в меньшей степени – на 6,7 и 10,0% соответственно. Анализируя влияние азотных подкормок отдельно от предпосевной обработки семян видно, что аммонийная селитра и сульфат аммония одинаково подействовали на показатель белка и увеличили значения в среднем на 12-13%, а мочевина – на 10,5%.

Изучая комплексное действие микроудобрений и азотных удобрений видим, что предпосевная обработка семян Cu+Zn-хелатом в сочетании с аммонийной селитрой в большей степени оказала влияние на накопление белка, увеличение которого было на 25,5% в среднем по годам, в меньшей степени Cu+Zn-хелат и Cu+B-хелат с аммонийной селитрой – на 20,3 и 18,8% соответственно.

Применение обработки семян медь + цинк в комплексе с сульфатом аммония дает увеличение показателей на 25,8%, медь + бор и медь + молибден в сочетании с сульфатом аммония – на 18,9 и 16,1%, соответственно. Комплексное действие микроудобрения Cu+Zn-хелат с мочевиной увеличивает количественное содержание белка на 19,5%, действие Cu+B и Cu+Mo в сочетании с мочевиной практически одинаковое, увеличение значений на 14,7-14,9%, соответственно.

Таблица 31

Суммарное содержание белка в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86

Удобрения	Белок, %			
	2011 г	2012 г	2013 г	В среднем
Контроль	13,93	14,29	14,97	14,40
медь + бор	15,24	15,63	15,21	15,36
медь + молибден	15,75	15,53	16,23	15,84
медь + цинк	16,31	16,58	18,08	16,99
Аммонийная селитра(А.С)	14,85	16,13	17,73	16,24
Cu+B +А.С	16,83	19,13	15,35	17,10
Cu+Mo +А.С	17,75	18,02	16,23	17,33
Cu+Zn +А.С	18,68	17,61	17,93	18,07
Сульфат аммония(С.А)	15,77	15,26	17,42	16,15
Cu+B +С.А	17,18	15,96	18,23	17,12
Cu+Mo +С.А	16,29	15,78	18,09	16,72
Cu+Zn +С.А	17,77	17,27	19,30	18,11
Мочевина(М)	14,14	16,30	17,29	15,91
Cu+B +М	14,68	17,37	17,61	16,55
Cu+Mo +М	15,08	16,88	17,58	16,51
Cu+Zn +М	15,27	18,81	17,55	17,21

Таким образом, проанализировав данные по содержанию белка, можно сделать вывод, что наиболее эффективно применение предпосевной обработки семян микроудобрением Cu+Zn-хелатом как отдельно (увеличение белка на 18%), так и в сочетании с различными формами азотных удобрений (увеличение на 19,5-25,8%).

Изменения биохимических показателей качества зерна, в частности белка, зависят от многих взаимосвязанных факторов, в т. ч. и от генетических особенностей сорта, поэтому рассмотрим значения показателей белка сорта Светоч на фоне применения микроудобрений и азотных подкормок (табл. 32).

Таблица 32

Суммарное содержание белка в зерне озимой пшеницы сорта Светоч

Вариант	Белок, %		
	2014 г.	2015 г.	В среднем
Контроль	15,40	15,08	15,24
медь + бор	16,25	15,70	15,98
медь + молибден	16,86	16,10	16,48
медь + цинк	17,20	16,76	16,98
Аммонийная селитра (А.С)	16,41	16,20	16,31
Cu+B +A.C	18,05	18,13	18,09
Cu+Mo +A.C	17,66	17,00	17,33
Cu+Zn +A.C	19,22	17,24	18,23
Сульфат аммония (С.А)	16,90	16,28	16,59
Cu+B +C.A	18,86	18,28	18,57
Cu+Mo +C.A	18,04	16,85	17,45
Cu+Zn +C.A	17,94	17,13	17,54
Мочевина (М)	16,19	16,14	16,17
Cu+B +M	18,20	17,78	17,99
Cu+Mo +M	17,62	16,70	17,16
Cu+Zn +M	17,58	17,10	17,34

Применение предпосевной обработки семян микро-удобрениями медь + бор, медь + молибден и медь + цинк как отдельно, так и в сочетании с азотными подкормками изменяет количественное содержание белка в сторону увеличения.

При отдельном применении микроудобрений наиболее эффективно на белковость зерна пшеницы сорта Светоч повлияла обработка семян Cu+Zn-хелата, также как и в исследованиях зерна пшеницы сорта Поволжская 86, увеличение значений на 11,4% в среднем за годы исследований в сравнении с контролем. В остальных же вариантах при сочетании инкрустации семян хелатами и подкормки азотными удобрениями наиболее действенный среди остальных оказался препарат медь + бор (увеличение белка на 18-22% в сравнении с контролем), в отличие от сорта Поволжская 86, где наивысшие значения показателя белка были достигнуты на фоне микроудобрения медь + цинк.

5.4. Суммарное содержание белка в зерне озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки зерна препаратом Стимулайф и подкормки азотными удобрениями

Продукты переработки зерна удовлетворяют потребность человека в белках на 25-30%. Высокомолекулярные белковые фракции в составе белков определяют технологические свойства муки, ее способность давать высококачественный хлеб (Козьмина Н.П., 1976; Барсукова С.В., Бакаева Н.П., 2005). Новое органо-минеральное удобрение Стимулайф с содержанием гуминовых и фулевых кислот способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и улучшению их качества. В связи с чем, изучение влияния предпосевной обработки зерна препаратом Стимулайф и подкормки азотными удобрениями на содержание белка в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 является актуальным.

Предпосевная обработка семян проводилась органо-минеральным удобрением Стимулайф, с содержанием гуминовых и фулевых кислот 70-80%, из расчета 0,05 л в 10 л воды на 1 т семян. Ранневесенняя подкормка азотными удобрениями: аммонийная селитра, сульфат аммония, и мочевина. Доза препаратов при обработке растений рассчитывалась в соответствии с технологией возделывания и регламентом применения препарата.

Рассчитывались оптимальные дозы при разработке системы удобрений. Под оптимальной понимают такую дозу удобрения, которая обеспечивает получение запланированного урожая культуры с выходом продукции требуемого качества, дает максимальный доход с одного гектара и возможность повышать или сохранять плодородие почвы на заданном уровне. Следует различать *норму и дозу удобрения. Норма удобрения* – это количество удобрения в килограммах действующего вещества на гектар, вносимого под культуру за весь период ее вегетации; *доза удобрения* – это количество удобрения в килограммах действующего вещества на гектар, применяемого в один прием.

Кроме оптимальных доз применяют рациональные дозы удобрений, когда принимают за основу потребность растений в питательных элементах с учетом количества доступных растениям элементов питания в почве, на которой они будут выращиваться. При расчете доз удобрений на планируемый урожай учитываются коэффициенты использования растениями элементов питания из почвы

и удобрений, которые устанавливают в полевом опыте. В исследованиях, в которых учитываются оптимальные дозы потребности растений в питательных элементах с учетом количества доступных растениям элементов питания в почве, с учетом коэффициентов использования растениями элементов питания из почвы и удобрений полевой метод анализа можно считать аналитическим, позволяющим от относительных расчетов прибавок урожая в данном полевом опыте перейти к определению эффективности удобрений, представленных в системе «почва – удобрение – урожай».

Изучение влияния предпосевной обработки семян препаратом Стимулайф и подкормки азотными удобрениями показало эффективное их действие на увеличение содержания белка в зерне. Суммарное содержание белка в зерне озимой пшеницы за период изучения представлено в таблице 33.

Таблица 33

Суммарное содержание белка в зерне озимой пшеницы

Предпосевная обработка семян	Подкормка удобрениями	Содержание белка, %			
		2011 г	2012 г	в среднем	
				%	+/–
Без обработки	Без удобрений	13,9	14,4	14,2	–
Стимулайф		16,6	18,7	17,7	+3,5
Без обработки	Аммонийная селитра	14,9	16,1	15,5	+1,3
Стимулайф		17,7	17,8	17,7	+3,5
Без обработки	Сульфат аммония	15,8	15,3	15,5	+1,3
Стимулайф		18,6	18,7	18,6	+4,4
Без обработки	Мочевина	14,1	16,3	15,2	+1,0
Стимулайф		17,8	18,0	17,9	+3,7
Коэффициент вариации, Cv, %		12,4	8,9	–	–

Из представленных в таблице 33 данных видно, что препарат Стимулайф эффективен для получения зерна с высоким содержанием белка. Так, содержание белка при обработке семян перед посевом удобрением Стимулайф увеличилось в среднем на 3,5% в сравнении с контролем. Внесение азотных удобрений – аммонийной селитры, сульфата аммония, мочевины – без предпосевной обработки семян, увеличивают показатели белка в среднем: на 1,3-1,1%. Наибольшее увеличение белка прослеживается в варианте с применением предпосевной обработки зерна препаратом Стимулайф в сочетании с ранневесенней подкормкой сульфатом аммония, которое составило 18,6%, что на 4,4% больше, чем в контрольном

варианте. Вероятно, увеличение показателей белка связано с составом применяемого органо-минерального удобрения Стимулайф для предпосевной обработки семян, включающим: гуминовые кислоты, переведенные в легкоусвояемые одновалентные соли, и более 30 микроэлементов, что эффективно влияет на биосинтез белка и биохимические процессы в целом.

Так, органо-минеральное удобрение Стимулайф применяемое в качестве предпосевной обработки семян положительно повлияло на количественное содержание белка в зерне озимой пшеницы как отдельно, так и в сочетании с неорганическими азотными удобрениями в виде внекорневой подкормки по вегетации, увеличивая значения белковости, в среднем на 3,5-5%.

5.5. Активность протеолитических ферментов в зерне озимой пшеницы

Протеолитические ферменты (протеиназы) воздействуют на белки и продукты их гидролиза. Пшеничная мука обладает невысокой протеиназной активностью. Повышенная активность протеиназ приводит к ухудшению качества клейковины, лишает ее эластичности, упругости и способности к набуханию. Протеолитические ферменты, воздействуя на пептидные связи в молекулах белка, расщепляют их с образованием пептидов и отдельных аминокислот, что, в свою очередь, влияет на степень и характер изменения механических свойств клейковины, на скорость совершающегося в тесте протеолиза в процессе приготовления хлеба. Активность протеолитических ферментов в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 за три года исследований представлена в таблице 34.

Наивысшая суммарная протеолитическая активность в зерне пшеницы, по результатам таблицы 34, прослеживается в варианте с применением предпосевной обработки семян Cu+B-микроудобрением в сочетании с подкормкой аммонийной селитрой, и составила 1,51 ед., что на 18,9% выше, чем в контрольном варианте. Увеличение значений протеазы на 15,0% наблюдается в вариантах с применением Cu+B-микроудобрения в комплексе с сульфатом аммония и Cu+B-хелата с мочевиной. Изменения протеолитической активности в сторону снижения до 6,3%, в среднем по годам в сравнении с контролем, отмечено в варианте с применением предпосевной обработки семян Cu+Zn-хелатным микроудобрением. Практически

без изменений осталась суммарная протеолитическая активность ферментов при использовании азотных удобрений в качестве подкормки, без предварительной обработки семян хелатными микроудобрениями, значения которых были близки к контрольному варианту (1,27 ед.) и составили в среднем по годам 1,29-1,32 ед. Проанализировав данные таблицы 25, можно сделать вывод, что показатели белка в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 и активность протеолитических ферментов имеют противоположную зависимость, в вариантах опыта с наибольшим содержанием белка в зерне наблюдается наименьшая активность фермента по сравнению с остальными вариантами, и наоборот.

Таблица 34

Активность протеолитических ферментов (в Е)
в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86

Вариант	2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Контроль	1,24±0,12	1,32±0,10	1,24±0,11	1,27±0,11
медь + бор	1,29±0,12	1,42±0,10	1,57±0,09	1,43±0,10
медь + молибден	1,17±0,13	1,37±0,12	1,37±0,12	1,30±0,12
медь + цинк	1,14±0,10	1,15±0,10	1,27±0,12	1,19±0,11
Аммонийная селитра(А.С)	1,28±0,13	1,32±0,10	1,36±0,12	1,32±0,11
Cu+B +А.С	1,38±0,14	1,48±0,10	1,67±0,10	1,51±0,12
Cu+Mo +А.С	1,31±0,11	1,45±0,11	1,61±0,11	1,46±0,11
Cu+Zn +А.С	1,21±0,13	1,34±0,13	1,22±0,12	1,26±0,13
Сульфат аммония(С.А)	1,24±0,11	1,33±0,13	1,29±0,12	1,29±0,12
Cu+B +С.А	1,38±0,12	1,36±0,10	1,41±0,12	1,38±0,11
Cu+Mo +С.А	1,30±0,12	1,42±0,11	1,46±0,11	1,39±0,11
Cu+Zn +С.А	1,27±0,13	1,22±0,12	1,23±0,10	1,24±0,11
Мочевина(М)	1,31±0,12	1,35±0,12	1,26±0,11	1,31±0,12
Cu+B +М	1,34±0,09	1,45±0,13	1,58±0,12	1,46±0,11
Cu+Mo +М	1,28±0,12	1,38±0,10	1,46±0,11	1,37±0,11
Cu+Zn +М	1,22±0,11	1,25±0,12	1,21±0,11	1,23±0,12

Рассмотрим активность протеолитических ферментов в зерне озимой пшеницы сорта Светоч за 2014-2015 гг. (табл. 35).

По данным таблицы 35, протеолитическая активность ферментов увеличивалась во всех вариантах опыта с применением предпосевной обработки семян и подкормки азотными удобрениями в среднем в сравнении с контролем, за исключением вариантов с применением отдельно подкормки сульфатом аммония и мочевиной, снижение показателей до 4,13%. Наивысшая протеолитическая активность ферментов в зерне озимой пшеницы, в среднем за 2 года,

прослеживается в вариантах с применением предпосевной обработки семян препаратом медь-, борсодержащим хелатом, медь-, цинксодержащим хелатом в комплексе с аммонийной селитрой, медь-, цинксодержащим хелатом с сульфатом аммония и медь-, молибденсодержащим хелатом с мочевиной, увеличение показателей на 16-23% в сравнении с контролем. Также, следует отметить, что в вариантах с применением хелатных микроудобрений как отдельно, так и в сочетании с азотными подкормками прослеживается обратная зависимость между протеолитической активностью и количественным содержанием белка, за исключением варианта с применением медь-, цинксодержащего хелата и подкормки аммонийной селитрой, где сохраняется прямая зависимость между двумя показателями.

Таблица 35

Активность протеолитических ферментов (в Е) в зерне озимой пшеницы сорта Светоч

Вариант	2014 г.	2015 г.	В среднем
Контроль	1,13±0,12	1,26±0,10	1,20±0,11
медь + бор	1,18±0,10	1,41±0,10	1,30±0,10
медь + молибден	1,17±0,13	1,29±0,12	1,23±0,13
медь + цинк	1,16±0,10	1,22±0,10	1,19±0,10
Аммонийная селитра (А.С)	1,24±0,09	1,32±0,09	1,28±0,09
Cu+B +A.C	1,03±0,14	1,43±0,10	1,23±0,12
Cu+Mo +A.C	1,08±0,10	1,38±0,11	1,23±0,11
Cu+Zn +A.C	1,27±0,13	1,59±0,13	1,43±0,13
Сульфат аммония (С.А)	1,06±0,11	1,26±0,13	1,16±0,12
Cu+B +C.A	1,33±0,12	1,35±0,10	1,34±0,11
Cu+Mo +C.A	1,37±0,10	1,48±0,11	1,42±0,11
Cu+Zn +C.A	1,40±0,10	1,55±0,12	1,48±0,11
Мочевина(М)	1,17±0,12	1,15±0,12	1,16±0,12
Cu+B +M	1,16±0,09	1,31±0,13	1,23±0,11
Cu+Mo +M	1,39±0,12	1,42±0,10	1,40±0,11
Cu+Zn +M	1,11±0,11	1,52±0,12	1,31±0,12

Обобщенная схема изменения содержания белка и крахмала в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 на фоне применения хелатных микроудобрений и азотных подкормок, построенная по усредненным за 3 года исследований данным, представлена на схеме 2.

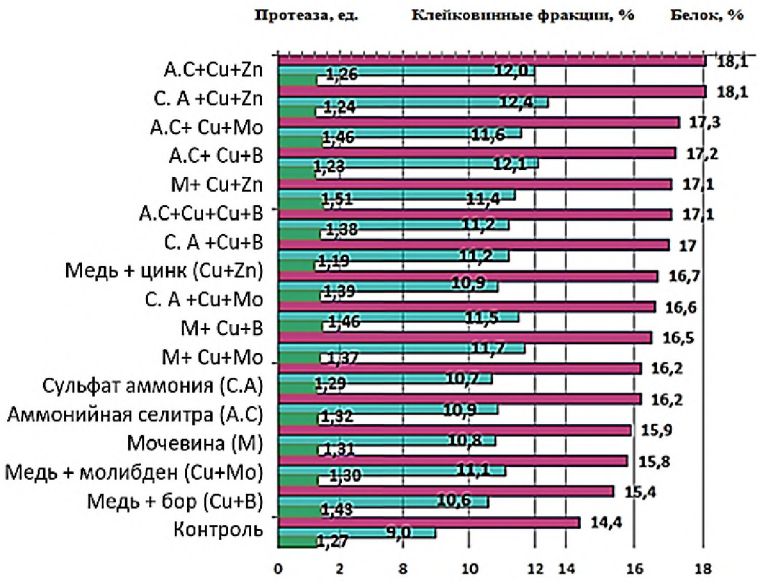


Схема 2. Содержание белка, сумма клейковинных фракций и активность протеолитических ферментов в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 в зависимости от применяемых удобрений (варианты с удобрениями расположены в порядке увеличения белка по их эффективности)

На представленной схеме 2 можно видеть, что наивысшие показатели белка – 18,1%, отмечались в вариантах с применением микроудобрения Cu+Zn-хелата в сочетании с аммиачной селитрой и Cu+Zn-хелата с сульфатом аммония. Данным вариантам соответствовали и наивысшие значения суммы клейковинных фракций белка – 12,0 и 12,4%, соответственно. Данным вариантам с наибольшим содержанием белка соответствовали варианты с наименьшей активностью фермента – 1,24-1,26 ед. Наибольшая активность протеолитических ферментов отмечалась в вариантах с применением Cu+B-хелат, Cu+Mo-хелат с аммиачной селитрой – 1,51 и 1,46 ед., при значениях белка 17,1 и 17,3%, соответственно.

Таким образом, изучение эффективности применяемых хелатных микроудобрений и различных азотных подкормок на посевах озимой пшеницы сортов Поволжская 86 и Светоч на содержание белка в листьях, общего белка в зерне, его фракционного состава по

фазам созревания, а также активности протеолитических ферментов показали следующее. Содержание белка в листьях озимой пшеницы сорта Поволжская 86 в фазе кущения-выхода в трубку находилось на уровне 5-8%, наибольшее количество белка отмечалось во фракции альбуминов, до 3,5%, и во фракции проламинов – до 2,7%, меньше всего белка было во фракции глобулинов и глютелинов – на уровне 0,6-1,3%. В процессе созревания зерна, в стадии молочной спелости, отмечалось наибольшее количество общего белка в вариантах опыта с применением микроудобрения Cu+Zn-хелата в сочетании с аммиачной селитрой и Cu+B-хелата, Cu+Mo-хелата с мочевиной. К стадии восковой спелости наибольшее содержание общего белка было в варианте с применением Cu+Mo-хелата в сочетании с аммиачной селитрой, также сохранилось эффективное действие Cu+B-хелата, Cu+Mo-хелата с мочевиной, как и в стадии молочной спелости. В стадии полной спелости зерна озимой пшеницы сорта Поволжская 86 наиболее эффективно на показатели общего белка повлияло применение предпосевной обработки семян микроудобрением Cu+Zn-хелата как отдельно – увеличение белка на 18%, так и в сочетании с различными азотными удобрениями – увеличение на 19-26%. Общее содержание белка в зерне озимой пшеницы сорта Светоч в стадии полной спелости было наивысшим на фоне отдельного применения Cu+Zn-хелата, увеличение значений на 11,4%, а также при совместном действии медь-бор-хелата и азотных удобрений – увеличение белка на 18-22%. Данным вариантам соответствовала протеолитическая активность на уровне 1,19-1,34 ед. Наивысшая протеолитическая активность ферментов в зерне отмечалась в вариантах с применением препарата Cu+Zn-хелата в сочетании с аммиачной селитрой и сульфатом аммония – 1,43 и 1,48 ед., при значениях белка 18,2 и 17,5%, соответственно.

ГЛАВА 6. СОДЕРЖАНИЕ КРАХМАЛА И АКТИВНОСТЬ АМИЛОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЯЕМЫХ УДОБРЕНИЙ

Важнейшая составная часть зерна – углеводы, представляющие собой основные энергетические ресурсы, сконцентрированные в клетках эндосперма зерновки. Основными считаются – крахмал, сахара, клетчатка, гемицеллюлоза, пентозаны (Третьяков Н.Н., 1998).

По количеству легкоусвояемых углеводов вырабатываемые из зерна мука и крупа стоят на первом месте среди других продуктов питания человека. В зависимости от генотипа сорта и условий выращивания количество крахмала в зерне может изменяться в широких пределах от 49 до 73%. Крахмальные зерна содержат два типа молекул крахмала – амилозу (20-27%) и амилопектин (73-77%). Эти полимеры состоят и остатков глюкозы. Разветвленные молекулы амилопектина содержат в своем составе около 40 тыс. и более остатков глюкозы, а линейные молекулы амилозы – около 1 тыс.

Зерно пшеницы содержит в себе небольшое количество сахаров, не превышающее 3%, но играющие ведущую роль при выпечке хлеба, ввиду того, что служит источником энергии для жизнедеятельности дрожжей и молочнокислых бактерий. Сахара зерна пшеницы представлены моносахаридами, дисахаридами и трисахаридами. Также в зерне содержится много пентозанов, метилпентозанов, полиуронидов и других полисахаридов (Созинов А.А., 1983; Толстоусов В.П., 1974).

В процессе роста и развития растений пшеницы происходит постоянное изменение углеводов. Наибольшие превращения углеводов происходит при прорастании семян и в дальнейшем при отложении их в запасных органах. Созревание злаков сопровождается интенсивным оттоком растворимых углеводов из листьев к формирующемуся зерну и синтезом крахмала в нем. Наивысшее количество крахмала (60-70%) отмечается в период, начиная со стадии молочной спелости до начала восковой, когда происходит усиленное образование углеводов (Малахова А.А., 2014; Коданев И.М., 1976; Кретович В.Л., 1980).

6.1. Количественное содержание моно-, дисахаридов и редуцирующих сахаров в зерне озимой пшеницы

В спелом зерне пшеницы содержится от 3 до 6% сахаров, основная часть которых сосредоточена в зародыше. В эндосперме их расположение преимущественно в периферийной части, меньше в центре. Сахарам зерна отводится важная роль в первый период рост зародыша, также они имеют определенное значение и при выпечке хлеба: развитие дрожжей и молочнокислых бактерий может протекать только при наличии сахаров.

Содержание моно-, дисахаридов и редуцирующих сахаров в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 представлено в таблице 36.

Таблица 36

Содержание моно-, дисахаридов и редуцирующих сахаров в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86

Вариант опыта	Количество сахаров, %							
	2013 г.		2014 г.		2015 г.		В среднем	
	Моно- и дисахариды	Редуцирующие сахара	Моно- и дисахариды	Редуцирующие сахара	Моно- и дисахариды	Редуцирующие сахара	Моно- и дисахариды	Редуцирующие сахара
Контроль	1,80	0,15	1,20	0,15	2,10	0,75	1,70	0,35
медь + бор	2,55	0,45	1,65	0,30	2,40	0,60	2,20	0,45
медь + молибден	2,85	0,75	1,50	0,35	3,00	0,75	2,45	0,62
медь + цинк	2,40	0,15	1,35	0,30	2,55	0,90	2,10	0,45
Аммонийная селитра (А.С)	1,95	0,30	1,20	0,60	2,55	0,75	1,90	0,55
Cu+B +A.C	2,25	0,30	2,40	0,45	2,25	1,05	2,30	0,60
Cu+Mo +A.C	3,15	0,15	2,55	0,30	3,15	0,90	2,95	0,45
Cu+Zn +A.C	2,40	0,30	1,65	0,45	2,70	0,90	2,25	0,55
Сульфат аммония (С.А)	1,95	0,45	1,65	0,15	1,95	0,70	1,85	0,43
Cu+B +C.A	3,60	0,30	2,10	0,30	2,85	0,75	2,85	0,45
Cu+Mo +C.A	2,40	0,15	2,10	0,15	3,15	0,95	2,55	0,42
Cu+Zn +C.A	2,10	0,75	1,80	0,15	2,55	1,01	2,15	0,64
Мочевина(М)	1,80	0,45	1,80	0,20	3,00	0,75	2,20	0,47
Cu+B +M	2,70	0,45	1,95	0,15	3,30	0,95	2,65	0,52
Cu+Mo +M	2,85	0,45	2,25	0,45	3,75	0,60	2,95	0,50
Cu+Zn +M	2,25	1,55	1,95	0,15	1,65	0,90	1,95	0,87

По данным содержания сахаров в зерне озимой пшеницы, видно, что их значение в большей степени складывается за счет накопления моно- и дисахаридов, показатели которых в зависимости от варианта опыта достигали 2,9% в среднем за 3 года, значения редуцирующих сахаров находились в пределах 0,3-0,9% в среднем. Увеличение сахаров в зерне озимой пшеницы на фоне применения предпосевной обработки семян и подкормки азотными удобрениями прослеживается во всех вариантах опыта. В большей степени на накопление моно- и дисахаридов повлияла предпосевная обработка семян микроудобрением медь-, молибденсодержащим хелатом, увеличив значения в среднем по годам в сравнении с контролем на 0,75%, в сочетании с аммонийной селитрой и мочевиной – увеличение на 1,25%, а применение медь-, борсодержащего хелата в комплексе с сульфатом аммония – на 1,15% в сравнении с контролем. Влияние на накопление редуцирующих сахаров в большей степени прослеживается в вариантах с применением отдельно медь-, молибденсодержащего хелата (увеличение показателей на 0,27%), медь + бор в сочетании с аммонийной селитрой (на 0,25%), медь + цинк в сочетании с сульфатом аммония (на 0,29%) и мочевиной (на 0,52%).

Таблица 37

Показатели углеводов в зерне озимой пшеницы на фоне применения микроудобрений и азотных подкормок в сравнении с контролем, в среднем за годы исследований

Вариант опыта	Количество сахаров, %		Крахмал, %
	Моно- и дисахариды	Редуцирующие сахара	
Контроль	1,70	0,35	55,6
медь + бор	2,20	0,45	63,8
медь + молибден	2,45	0,62	62,1
медь + цинк	2,10	0,45	61,1
Аммонийная селитра (А.С)	1,90	0,55	57,4
Cu+B +A.C	2,30	0,60	67,3
Cu+Mo +A.C	2,95	0,45	65,6
Cu+Zn +A.C	2,25	0,55	65,8
Сульфат аммония (С.А)	1,85	0,43	57,6
Cu+B +C.A	2,85	0,45	66,1
Cu+Mo +C.A	2,55	0,42	67,3
Cu+Zn +C.A	2,15	0,64	65,9
Мочевина(М)	2,20	0,47	58,2
Cu+B +M	2,65	0,52	66,7
Cu+Mo +M	2,95	0,50	66,1
Cu+Zn +M	1,95	0,87	60,0

В таблице 37 представлены усредненные за три года данные по содержанию сахаров и крахмала в зерне озимой пшеницы на фоне применения предпосевной обработки семян микроудобрениями и подкормки азотными удобрениями.

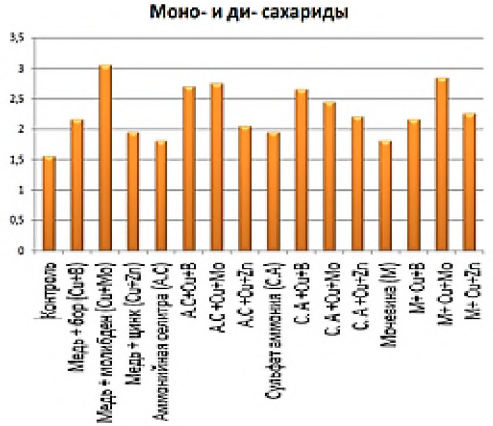


Рис. 11. Моно- и дисахариды в зерне озимой пшеницы на фоне применяемых удобрений



Рис. 12. Редуцирующие сахара в зерне озимой пшеницы на фоне применяемых удобрений

Изучив изменения показателей содержания углеводов относительно контроля, видно, что во всех вариантах с применением как отдельно хелатных удобрений, так и в сочетании с азотными подкормками содержание сахаров выше контроля.

Максимальные значения по содержанию моно- и дисахаридов (рис. 11) прослеживаются в вариантах с применением микроудобрения Cu + Mo, Cu + Mo в сочетании с аммонийной селитрой, Cu + Mo с мочевиной и Cu + B с сульфатом аммония.

Максимум содержания редуцирующих сахаров (рис. 12) достигнут в вариантах с применением Cu + Mo, Cu + B в сочетании с аммонийной селитрой, Cu + Zn в сочетании с мочевиной и Cu + Zn с сульфатом аммония. Показатели крахмала в среднем за три года исследований достигали максимальных значений в вариантах с применением микроудобрения Cu + B, как отдельно, так и в сочетании с аммонийной селитрой и мочевиной. В варианте с применением в качестве подкормки сульфата аммония максимальные значения наблюдаются при комплексном действии с Cu + Mo-микроудобрением.

6.2. Содержание крахмала в зерне озимой пшеницы

Одним из самых значимых продуктов, получаемых из пшеничной муки, является хлеб и хлебобулочные изделия. Качество зерна пшеницы определяется не только по количеству белка, но и содержанию крахмала и сахаров, играющих важную роль при замесе теста и выпечке хлеба. Применение системы удобрений под озимую пшеницу в комплексе с сортовыми особенностями, климатическими условиями и приемами агротехники могут оказать существенное влияние на данные показатели. Содержание крахмала в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 за три года исследований представлено в таблице 38.

Таблица 38

Содержание крахмала в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86

Вариант	Количество крахмала, %			
	2011 г	2012 г	2013 г	В среднем
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Контроль	53,2	57,4	55,8	55,5
медь + бор	59,3	58,6	64,4	60,8
медь + молибден	55,1	65,6	59,0	59,9
медь + цинк	57,9	58,1	61,2	59,1

Окончание таблицы 38

1	*2*	*3*	*4*	*5*
Аммонийная селитра (А.С)	53,4	59,8	58,1	57,1
Cu+B +А.С	61,6	64,1	67,1	64,3
Cu+Mo +А.С	67,0	68,7	68,0	67,9
Cu+Zn +А.С	60,0	63,7	63,5	62,4
Сульфат аммония (С.А)	54,6	58,5	56,2	56,4
Cu+B +С.А	61,5	69,1	65,3	65,3
Cu+Mo +С.А	64,8	67,2	67,5	66,5
Cu+Zn +С.А	60,8	60,9	64,7	62,1
Мочевина(М)	53,8	58,8	56,9	56,5
Cu+B +М	60,4	67,7	68,7	65,6
Cu+Mo +М	66,0	66,2	62,5	64,9
Cu+Zn +М	54,3	61,9	63,7	60,0

Содержание крахмала в зерне озимой пшеницы сорта Светоч за годы исследований представлено в таблице 39.

Таблица 39

Содержание крахмала в зерне озимой пшеницы сорта Светоч

Вариант	Количество крахмала, %		
	2014 г.	2015 г.	В среднем
Контроль	55,0	56,0	55,6
медь + бор	62,3	64,6	63,8
медь + молибден	65,0	62,4	62,1
медь + цинк	61,6	60,6	61,1
Аммонийная селитра(А.С)	56,8	57,4	57,4
Cu+B +А.С	69,4	65,4	67,3
Cu+Mo +А.С	66,0	62,8	65,6
Cu+Zn +А.С	65,7	68,1	65,8
Сульфат аммония(С.А)	58,4	58,2	57,6
Cu+B +С.А	65,8	67,2	66,1
Cu+Mo +С.А	68,5	65,8	67,3
Cu+Zn +С.А	63,4	69,6	65,9
Мочевина(М)	58,7	59,1	58,2
Cu+B +М	63,0	68,5	66,7
Cu+Mo +М	66,8	69,1	66,1
Cu+Zn +М	61,9	63,7	60,0

По результатам, представленным в таблицах 38, 39, можно сделать вывод, что применение предпосевной обработки семян хелатными микроудобрениями и подкормки азотными удобрениями положительно повлияло на накопление крахмала в зерне озимой пшеницы. В зависимости от года исследования и варианта опыта пока-

затели крахмала изменялись в пределах 54-70%. Наименьшее содержание крахмала в 2013 г. в зерне озимой пшеницы отмечено в варианте с применением медь-, цинксодержащего хелатного микроудобрения в комплексе с мочевиной, наибольшее – в 2015 г. в варианте с применением Cu + Zn-микроудобрения в сочетании с сульфатом аммония. Резкого изменения показателей в зависимости от года не наблюдалось. Усредненные данные за три года исследования показали, что наивысшие значения показателей прослеживаются в варианте с применением отдельно предпосевной обработки семян Cu+B-микроудобрениями, и составило 63,8%, что на 14,7% выше, чем в контрольном варианте, увеличение показателей крахмала на фоне применения Cu + Mo и Cu + Zn в среднем на 11,7 и 9,9%, соответственно. Применение отдельно азотных удобрений незначительно увеличило показатели крахмала, в среднем на 3,2-4,7%. Наиболее эффективно на увеличение показателей крахмала повлияла предпосевная обработка семян медь-, борсодержащим хелатным микроудобрением в комплексе с аммонийной селитрой (на 21%), Cu + B с мочевиной (на 20%) и Cu + Mo с сульфатом аммония (на 21%).

Эффективность совместного применения изучаемых удобрений на показатели крахмала отмечалась во всех вариантах опыта с применением препаратов хелатов и азотных подкормок. Содержание крахмала в зерне озимой пшеницы находилось в пределах 55-69% – у сорта озимой пшеницы Поволжская 86, и на уровне 55-68% – у сорта Светоч, в среднем. Наиболее эффективно на увеличение показателей крахмала в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 повлияла предпосевная обработка семян микроудобрением Cu+Mo-хелата, как отдельно – увеличение значений на 8,1%, так и в сочетании с аммиачной селитрой – на 22,3%.

В зерне озимой пшеницы сорта Светоч наблюдалось повышение крахмала при совместном применении препарата Cu+Mo-хелата с сульфатом аммония – на 21,1% и с мочевиной – на 22,5%.

Согласно полученным данным между содержанием крахмала в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 и суммарным количеством сахаров отмечалась прямая зависимость. В варианте опыта с применением микроудобрения Cu+Mo-хелата в сочетании с аммиачной селитрой было наивысшее значение показателя крахмала – 67,9%, с высоким содержанием сахаров (3,57%). С уменьшением

количества крахмала, снижалось и общее количество сахаров, за исключением вариантов с отдельным применением Cu+Mo-хелата и Cu+Mo-хелата в сочетании с мочевиной, в которых общее содержание сахаров было наивысшим – 3,60 и 3,40%, при количестве крахмала 60,0 и 64,9%, соответственно.

6.3. Активность амилолитических ферментов в зерне озимой пшеницы

Ферменты представляют собой вещества белковой природы, катализирующие различные реакции. Действие ферментов специфично, каждый фермент катализирует только определенную реакцию для одного вещества или группы веществ идентичного строения (Плешков Б.П., 1976; Jenkinson, D.S., 1986). Все ферменты чувствительны к температуре и реакции среды. Действие любого фермента осуществляется при определенных оптимальных значениях температуры и кислотности среды, при которых он наиболее активен (оптимальные условия), изменение данных условий приводит к снижению или прекращению активности фермента. Активность многих ферментов изменяется в зависимости от присутствия определенных химических веществ, некоторые из которых могут активировать ферменты (активаторы), или наоборот, снижать их активность (ингибиторы).

В зерне присутствуют различные ферменты, сосредоточенные в основном в зародыше и периферийных частях зерна. Ферментативная активность муки зависит от условий произрастания, хранения, сушки и кондиционирования зерна. Повышенной активностью ферментов отличается проросшее зерно. Прогревание зерна при высушивании или кондиционирование снижают ферментную активность (Ниловская Н.Т., 2009; Куркаев В.Т., 1977).

Активность ферментов проявляется только в растворе, поэтому при хранении сухого зерна и муки их действие почти не наблюдается. В хлебопечении при замесе теста многие ферменты начинают катализировать реакции разложения сложных веществ муки. Скорость разложения сложных нерастворимых веществ муки на более простые водорастворимые вещества под действием собственных ферментов, регулируется автолитической активностью. Низкая автолитическая

активность муки, так же как и высокая отрицательно влияют на качество теста и хлеба. С целью контроля, регулирования и влияния на автолитические процессы в производстве хлеба, необходимо знать свойства важнейших ферментов муки, действующих на белки, крахмал и другие компоненты муки (Козьмина Н.П., 1978).

Амилолигические ферменты (амилазы) воздействуют на крахмал. α-амилаза превращает крахмал в декстрины, образуя небольшое количество мальтозы. β-амилаза водействует на крахмал или на декстрины, образуя значительное количество мальтозы. Совместное действие α- и β-амилаз приводит практически к полной гидролизации крахмала, так как декстрины осахариваются достаточно легко.

Технологическое значение амилолитических ферментов различно. β-амилаза, способствует накоплению сахаров, необходимых для спиртового брожения в тесте за счет осахаривания крахмала, а α-амилаза, ухудшает качество хлебных изделий, превращая крахмал в декстрины. Декстрины по сравнению с крахмалом плохо набухают в воде. Мякиш с повышенным содержанием декстринов становится липким и влажным даже при нормальной влажности хлеба (Дэвис, Д., 1996; Heldt, H.-W., 2005).

Активность амилолитических ферментов в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 в таблице 40.

Проанализировав данные таблиц 40, 41, можно сделать вывод, что на активность α-амилазы в зерне озимой пшеницы повлияло отдельно применение предпосевной обработки семян микроудобрениями Cu + B, Cu + Mo, Cu + Zn, увеличение значений в среднем по годам в сравнении с контролем на 3,02; 4,79 и 18,47%, соответственно, а также сочетание хелатных микроудобрений с аммонийной селитрой – увеличение в среднем по годам на 4,68-12,82%, соответственно. Применение подкормки сульфатом аммония и мочевиной, как отдельно, так и в сочетании с предпосевной обработкой семян хелатными препаратами, практически во всех вариантах опыта повлияло на снижение показателей в среднем по годам до 3,78%, за исключением медь-, борсодержащего хелата в комплексе с сульфатом аммония и медь-, борсодержащего хелата с мочевиной, где наблюдается увеличение значений на 0,80 и 2,45%, соответственно.

Таблица 40

Активность амилолитических ферментов в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86
(мг гидролизованного крахмала на 1 г муки)

Вариант	2011 г.			2012 г.			2013 г.		
	Активность α-амилазы	Активность β-амилазы	Суммарная активность амилаз	Активность α-амилазы	Активность β-амилазы	Суммарная активность амилаз	Активность α-амилазы	Активность β-амилазы	Суммарная активность амилаз
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
Контроль	17,48	164,11	181,59	17,05±0,55	151,86±1,20	168,91±1,28	24,03±0,68	143,31±1,25	167,34±1,31
медь + бор	17,03	163,47	180,50	18,17±0,56	159,08±1,21	177,25±1,27	21,86±0,62	146,48±1,30	168,34±1,30
медь + молибден	18,66	171,57	190,23	19,18±0,61	164,84±1,21	184,02±1,31	20,38±0,62	149,33±1,28	169,71±1,29
медь + цинк	19,02	172,68	191,70	18,95±0,59	169,42±1,23	188,37±1,28	26,73±0,64	162,98±1,19	189,71±1,32
Аммонийная селитра(А.С)	17,23	157,01	174,24	17,22±0,58	159,66±1,25	176,88±1,28	24,12±0,62	143,67±1,21	167,79±1,32
Cu+B +A.C	16,57	158,88	175,45	18,50±0,61	172,29±1,21	190,79±1,30	19,72±0,63	151,36±1,21	171,08±1,29
Cu+Mo +A.C	16,94	169,21	186,15	19,54±0,61	167,15±1,22	186,69±1,30	24,32±0,68	152,17±1,25	176,49±1,28
Cu+Zn +A.C	22,01	169,41	191,42	18,41±0,65	158,62±1,22	177,03±1,28	22,92±0,67	168,18±1,25	191,1±1,23
Сульфат аммония(С.А)	19,30	151,02	170,32	18,62±0,61	157,31±1,23	175,93±1,25	22,33±0,68	155,04±1,30	177,37±1,28
Cu+B +C.A	17,35	163,62	180,97	19,00±0,61	157,35±1,23	176,35±1,25	19,24±0,65	159,77±1,26	179,01±1,22
Cu+Mo +C.A	23,53	165,38	188,91	19,33±0,62	162,19±1,24	181,52±1,25	21,05±0,68	152,85±1,21	173,9±1,22
Cu+Zn +C.A	18,16	175,69	193,85	20,82±0,62	167,80±1,25	188,62±1,28	22,85±0,68	173,61±1,28	196,46±1,24
Мочевина(М)	19,10	167,50	186,60	18,03±0,62	159,22±1,25	177,25±1,28	23,31±0,69	148,04±1,28	171,35±1,24
Cu+B +M	22,45	154,82	177,27	19,88±0,63	165,91±1,26	185,79±1,22	24,29±0,60	165,14±1,22	189,43±1,28
Cu+Mo +M	16,19	166,26	182,45	21,05±0,62	165,67±1,22	186,72±1,28	20,02±0,61	158,17±1,25	178,19±1,28
Cu+Zn +M	17,03	175,65	192,68	22,3±0,61	169,16±1,23	191,46±1,26	23,19±0,62	151,72±1,11	174,91±1,28

Продолжение таблицы 40

Активность амилолитических ферментов в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 (мг гидролизованного крахмала на 1 г муки) 2014 г.

Вариант	2014 г.			2015 г.		
	Активность α-амилазы	Активность β-амилазы	Суммарная активность амилаз	Активность α-амилазы	Активность β-амилазы	Суммарная активность ами-лаз
1	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*
Контроль	19,79±0,71	165,03±1,25	184,82±1,38	17,42±0,63	166,52±1,45	183,94±1,38
медь + бор	19,72±0,69	165,31±1,25	185,03±1,35	18,75±0,63	160,82±1,42	179,57±1,42
медь + молибден	21,22±0,69	161,62±1,13	182,84±1,38	17,07±0,63	156,38±1,42	173,45±1,35
медь + цинк	20,26±0,65	172,99±1,32	193,25±1,35	22,04±0,55	169,04±1,30	191,08±1,45
Аммонийная селитра(А.С)	19,84±0,65	164,09±1,25	183,93±1,35	16,78±0,61	159,97±1,43	176,75±1,45
Cu+B +A.C	16,55±0,65	169,57±1,25	186,12±1,35	22,19±0,58	158,12±1,45	191,31±1,45
Cu+Mo +A.C	17,06±0,66	166,26±1,25	183,32±1,38	19,39±0,61	164,22±1,45	183,61±1,45
Cu+Zn +A.C	18,93±0,66	175,28±1,25	194,21±1,38	20,12±0,61	170,30±1,42	190,42±1,43
Сульфат аммония(С.А)	18,58±0,65	162,21±1,32	180,79±1,38	16,61±0,68	163,71±1,42	180,32±1,43
Cu+B +C.A	21,61±0,69	164,59±1,22	186,20±1,38	19,42±0,65	174,01±1,45	193,43±1,40
Cu+Mo +C.A	21,93±0,65	166,24±1,21	188,17±1,32	22,70±0,57	157,21±1,45	179,91±1,42
Cu+Zn +C.A	20,36±0,65	170,68±1,29	191,04±1,33	19,65±0,62	162,20±1,40	181,85±1,43
Мочевина(М)	23,97±0,69	162,97±1,25	186,94±1,36	22,32±0,65	155,30±1,45	177,62±1,42
Cu+B +M	25,65±0,66	171,00±1,22	196,65±1,35	18,30±0,61	176,46±1,41	194,76±1,45
Cu+Mo +M	21,81±0,65	169,10±1,22	190,91±1,33	16,33±0,61	166,45±1,41	182,78±1,42
Cu+Zn +M	20,01±0,70	162,83±1,22	182,84±1,36	24,00±0,65	157,22±1,41	188,22±1,42

Таблица 41

Активность амилолитических ферментов в зерне озимой пшеницы сорта Светоч (мг гидролизованного крахмала на 1 г муки)

Вариант	2014 г.			2015 г.		
	Активность α-амилазы	Активность β-амилазы	Суммарная активность амилаз	Активность α-амилазы	Активность β-амилазы	Суммарная активность амилаз
Контроль	19,79±0,71	165,03±1,25	184,82±1,38	17,42±0,63	166,52±1,45	183,94±1,38
медь + бор	19,72±0,69	165,31±1,25	185,03±1,35	18,75±0,63	160,82±1,42	179,57±1,42
медь + молибден	21,22±0,69	161,62±1,13	182,84±1,38	17,07±0,63	156,38±1,42	173,45±1,35
медь + цинк	20,26±0,65	172,99±1,32	193,25±1,35	22,04±0,55	169,04±1,30	191,08±1,45
Аммонийная селитра(А.С)	19,84±0,65	164,09±1,25	183,93±1,35	16,78±0,61	159,97±1,43	176,75±1,45
Cu+B +A.C	16,55±0,65	169,57±1,25	186,12±1,35	22,19±0,58	158,12±1,45	191,31±1,45
Cu+Mo +A.C	17,06±0,66	166,26±1,25	183,32±1,38	19,39±0,61	164,22±1,45	183,61±1,45
Cu+Zn +A.C	18,93±0,66	175,28±1,25	194,21±1,38	20,12±0,61	170,30±1,42	190,42±1,43
Сульфат аммония(С.А)	18,58±0,65	162,21±1,32	180,79±1,38	16,61±0,68	163,71±1,42	180,32±1,43
Cu+B +C.A	21,61±0,69	164,59±1,22	186,20±1,38	19,42±0,65	174,01±1,45	193,43±1,40
Cu+Mo +C.A	21,93±0,65	166,24±1,21	188,17±1,32	22,70±0,57	157,21±1,45	179,91±1,42
Cu+Zn +C.A	20,36±0,65	170,68±1,29	191,04±1,33	19,65±0,62	162,20±1,40	181,85±1,43
Мочевина(М)	23,97±0,69	162,97±1,25	186,94±1,36	22,32±0,65	155,30±1,45	177,62±1,42
Cu+B +M	25,65±0,66	171,00±1,22	196,65±1,35	18,30±0,61	176,46±1,41	194,76±1,45
Cu+Mo +M	21,81±0,65	169,10±1,22	190,91±1,33	16,33±0,61	166,45±1,41	182,78±1,42
Cu+Zn +M	20,01±0,70	162,83±1,22	182,84±1,36	24,00±0,65	157,22±1,41	188,22±1,42

Рассматривая суммарную активной α-амилазы в целом за годы исследований прослеживается изменчивость данного показателя в зависимости от года исследования, что связано, вероятно, с погодными условиями и генотипом сорта. В среднем по годам наивысшая суммарная активность прослеживается в вариантах с применением отдельно предпосевной обработки семян препаратом медь-, цинксодержащего хелата, и составила 181,53 ед., что на 2,13% выше, чем в контрольном варианте, а также на фоне применения медь-, борсодержащего хелата в сочетании с аммонийной селитрой (на 2,73% выше, чем в контроле), медь-, цинксодержащий хелат в сочетании с сульфатом аммония (на 2,00% выше, чем в контроле) и мочевиной (на 2,46% выше, чем в контроле).

При анализе данных по активности амилолитических ферментов на фоне применяемых микроудобрений и азотных подкормок с количественным содержанием крахмала отмечается обратная зависимость. В большинстве вариантов с наивысшим содержанием крахмала отмечается наименьшая амилолитическая активность фермента. Так, по усредненным за три года данным, содержание крахмала преобладало в вариантах с применением предпосевной обработки семян Cu + Zn-микроудобрениями, а наивысшая активность амилолитических ферментов – в вариантах с применением препарата Cu + Zn. В составе медь-, борсодержащего хелата присутствует микроэлемент бор, способствующей лучшему усвоению кальция и его использования, который в свою очередь является активатором фермента α-амилазы, а также медь, являющаяся составной частью важнейших окислительных ферментов, осуществляющие реакции окисления переносом электронов с субстрата к молекулярному кислороду, который является акцептором электронов. Также на активность ферментов влияют не только температура, кислотность среды, активаторы и ингибиторы, но и непосредственно концентрация самого субстрата. При низкой концентрации субстрата скорость реакции возрастает пропорционально его концентрации, но по мере увеличения концентрации эта пропорция нарушается и ферментативная активность возрастает все медленнее. В связи с чем, количество крахмала-субстрата в зерне пшеницы во всех вариантах опыта с хелатными микроудобрениями и азотных подкормок находилось на высоком уровне (до 68%), а ферментативная активность возрастала до определенного уровня и наивысшим

образом проявилась в вариантах с применением Cu + Zn-микроудобрения. Изменение активности амилолитических ферментов в зерне озимой пшеницы от количества крахмала представлено на схеме 3, где отображены выборочные значения вариантов опыта с наибольшим содержанием крахмала и соответствующие этим вариантам значения ферментативной активности, и наоборот на втором рисунке. Диаграмма построена по усредненным за три года данным.

Содержание крахмала, сахаров (общ.) и активность амилолитических ферментов в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 в зависимости от применяемых удобрений представлено на схеме 3.

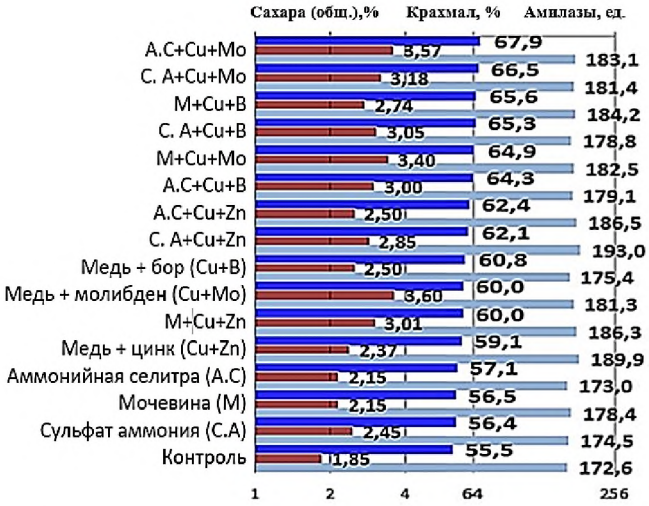


Схема 3. Содержание крахмала, сумм асахаров (общ.) и активность амилолитических ферментов в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 в зависимости от применяемых удобрений (варианты с удобрениями расположеныв порядке увеличения крахмала по их эффективности)

На схеме 3 видно, наивысшие показатели крахмала в зерне озимой пшеницы были в вариантах с применением микроудобрения Cu+Mo-хелата в сочетании с аммиачной селитрой, Cu+Mo-хелата с сульфатом аммоний, Cu+B-хелата с мочевиной – 67,9; 66,5 и 65,6%. Соответствующее данным вариантам общее количество сахаров на

уровне 2,7-3,6% и активность амилолитических ферментов в пределах 181-184 ед. Наименьшее количество крахмала отмечалось в контрольном варианте – 55,5%, с содержанием общих сахаров 1,85% и активностью ферментов – 172,6 ед.

Таким образом, изучая эффективность действия применяемых хелатных микроудобрений и азотных удобрений на содержание в зерне озимой пшеницы сахаров, крахмала и активность амилолитических ферментов можно сделать следующее обобщение. Увеличение сахаров в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 на фоне применяемых удобрений отмечалось во всех вариантах опыта, в большей степени на накопление моно- и дисахаридов повлияло отдельное применение микроудобрения Cu+Mo, увеличение значений на 1,5%, в сочетании с аммиачной селитрой и мочевиной – на 1,2-1,3%, а применение медь + бор (Cu+B) хелата в сочетании с сульфатом аммония – на 1,1%. Накопление редуцирующих сахаров в большей степени было на фоне применения как отдельно А.С+ Cu+Mo хелата – увеличение показателей на 0,25%, так и в сочетании с азотными удобрениями – увеличение на 0,43-0,82%. Наивысшие показатели крахмала в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 наблюдались в вариантах с применением микроудобрения Cu+Mo и Cu+B хелатов в сочетании с азотными удобрениями – 64-68%, ферментативная активность соответствующая данным вариантам была на уровне 179-184 ед. В вариантах с наименьшим содержанием крахмала – 55-57%, ферментативная активность была на уровне 172-174 ед. Наивысшая ферментативная активность прослеживалась в вариантах опыта с применением микроудобрения Cu+Znхелата – до 193 ед., где отмечались значения крахмала меньше, чем в вариантах с применением Cu+Mo хелата и Cu+B хелата, но больше контрольного. Наивысшие показатели крахмала в зерне озимой пшеницы сорта Светоч на уровне 67-68% были в вариантах с применением микроудобрения Cu+B хелата в сочетании с аммиачной селитрой, Cu+Mo хелата в сочетании с мочевиной и сульфатом аммония, ферментативная активность соответствующая данным вариантам была на уровне 188-196 ед.

6.4. Азотно-углеводное соотношение на фоне применяемых удобрений

Как известно, на протяжении всей вегетации растений пшеницы, поступающие в зерно минеральные и органические соединения, подвергаются химическим превращениям с образованием в конечном итоге, в большей степени, белковых веществ и углеводов (Носатовский А. И, 1965). Азотно-углеводное соотношение связано с энергией фотосинтеза и дыхания, которые зависимы от условий окружающей среды при формировании и росте зерна. Факторы, влияющие на интенсивность этих процессов определяют величину накопления углеводов в зерне и соотношение азота и углеводов, и следовательно, количество белка. Определяющими факторами углеводно-белкового соотношения выступают: минеральное питание в различных элементах, температура и влажность воздуха, влажность почвы, интенсивность освещения. Во все годы исследования при обработке семян только микроудобрениями прослеживается увеличение значений белка на фоне применения Cu+Zn-хелата, что связано, вероятнее всего, с содержанием меди и цинка в легкоусвояемой для растений форме, которые в своем сочетании, помимо ряда других преимуществ, активно повлияли на процессы дыхания. Независимо от изменяющихся погодных условий от года к года можно наблюдать увеличение показателей белка, за счет обработки семян и повышения тем самым устойчивости растений к неблагоприятным условия окружающей среды.

Эффективность применения в комплексе и микроудобрений и азотных подкормок объясняется тем, что обработанные семена пшеницы хелатными микроудобрениями с содержанием двух элементов в активной форме. Это позволяет получать наиболее устойчивые растения с начала вегетации, а своевременные подкормки азотными удобрениями (аммонийной селитрой, сульфатом аммония и мочевиной) влияют на дальнейшее формирование высокого урожая, без снижения качества, что обеспечивается, по нашему мнению, за счет микроэлементов меди, молибдена, бора и цинка, влияющие на биосинтез основных органических соединений. Ранневесенняя подкормка азотными удобрениями способствует быстрому отрастанию растений после перезимовки, а также активизации физиологических процессов, ускоряющих кущение, развитие

колоса и налив зерна, что в определенной степени влияет на увеличение урожая. Азотное питание необходимо в период активного развития весной и закладки репродуктивных органов, во избежание азотного голодания и снижения урожая и его качества. Также азоту принадлежит ведущая роль по улучшению качества зерна и повышению его белковости. Так, аммонийная селитра содержит 34-35% азота, сочетающий в себе быстродействующий нитратный азот с, менее подвижным, аммиачным азотом. Механизм его воздействия на растения основан на обогащении азотом хлорофилла, который участвует в росте живых клеток, в результате происходит увеличение вегетативной массы, повышение содержания клейковины и белка. Сульфат аммония – содержит в своем составе 20,5-21,0% азота и 24% серы в виде сульфата анионов. Относится к аммиачным удобрениям и в отличие от нитратных форм удобрений медленнее вымывается из почвы, ввиду того, что содержащийся в нем азот находится в форме катиона. Катион в процессе нитрификации переходит в анион и лишь после этого его подвижность в почвенном растворе увеличивается. Помимо низкой миграции, сульфат аммония обладает высокой усвояемостью корнями растений, что обеспечивает питание растений на протяжении длительного времени, а входящая в состав данного удобрения сера является источником незаменимых аминокислот и влияет на синтез питательных веществ, необходимых для формирования зерна высокого качества. Мочевина (карбамид) – высококонцентрированное, безбалластное азотное удобрение, с содержанием 46% азот в амидной форме. Обогащение почвы азотом осуществляется медленно, так как разложение мочевины – это гидролитический процесс, протекающий под действием фермента уреазы, в результате которого образуется углекислый аммоний.

Таким образом, можно сделать вывод, что микроудобрения в хелатной форме положительно влияют на показатели белка, изменяя наиболее эффективно действующее сочетании микроэлементов в зависимости от сорта, года исследования и сложившихся погодных условий, за исключением отдельного использования препаратов, где неизменно лучшим был препарат Cu+Zn-хелат. Применение азотных подкормок без инкрустации семян микроудобрениями повышают показатели белка, но не более чем на 10%.

6.5. Корреляционный анализ урожайности с изученными показателями

По полученным показателям массы 1000 зерен, белка и крахмала был проведен корреляционный анализ с урожайностью. Коэффициенты корреляции и уравнения регрессии по урожайности и показателям качества зерна озимой пшеницы в зависимости от применяемых удобрений представлены в таблицах 42-44.

Представленные в таблице 42 коэффициенты корреляции по связи урожайность и массой 1000 зерен показывают, что они являются средне-сильные, прямые.

Таблица 42

Коэффициенты корреляции и степень зависимости изучаемых признаков (урожайность – массы 1000 зерен)

Признаки		Коэффициент корреляции	Степень зависимости	Уравнение регрессии
Урожайность – m1000 зерен	Без удобрений	0,66	средняя, прямая	y = 0,32x+36,6
	В целом, по всем обработкам и подкормкам	0,76	сильная, прямая	y = 0,95x+38,8
	Предпосевная обработка семян	0,51	средняя, прямая	y = 0,21x+61,2
	Подкормка удобрениями	0,58	средняя, прямая	y = 0,17x+16,2
	Микроудобрения + аммиачная селитра	0,56	средняя, прямая	y = 0,95x+38,8
	Микроудобрения + сульфат аммония	0,49	средняя, прямая	y = 0,55x+36,7
	Микроудобрения + мочевина	0,89	сильная, прямая	y = 0,95x+38,9

В контрольном варианте, без удобрений r=0,66, а в целом, по всем обработкам и подкормкам значительно выше r=0,76. Поведенный анализ отдельно предпосевной обработки семян и подкормки удобрениями, выявил среднюю, прямую корреляцию r=0,51-0,58. Сравнительную величину коэффициентов корреляции имели варианты предпосевной обработки семян микроудобрениями с аммиачной селитрой и сульфатом аммония r=0,49-0,56. Вариант предпосевной обработки семян микроудобрениями и подкормкой мочевиной дал значительную величину коэффициента корреляции, превышающую по всем обработкам и подкормкам, в целом, равную r=0,89, со степенью зависимости сильной, прямой.

Так, корреляционный анализ урожайности и массы 1000 зерен в варианте предпосевной обработки семян микроудобрениями и подкормкой мочевиной, а также по всем обработкам и подкормкам, в целом, имели наивысшие коэффициенты корреляции, равные r=0,89 и r=0,76, соответственно, что отвечало степени зависимости – сильной, прямой.

Коэффициенты корреляции представленные в таблице 43 показывают, что степень зависимости между урожайностью и содержанием белка является средне- сильной, обратной.

Таблица 43

Коэффициенты корреляции и степень зависимости изучаемых признаков (урожайность – белок)

Признаки		Коэффициент корреляции	Степень зависимости	Уравнение регрессии
Урожайность – белок	Без удобрений	-0,58	средняя, обратная	y= -1,52x+14,8
	В целом, по всем обработкам и подкормкам	-0,46	средняя, обратная	y = -1,31x+13,7
	Предпосевная обработка семян	-0,53	средняя, обратная	y = -1,71x+13,8
	Подкормка удобрениями	-0,99	сильная, обратная	y = 0,45x+15,9
	Микроудобрения + аммиачная селитра	-0,94	сильная, обратная	y = 0,55x+17,2
	Микроудобрения + сульфат аммония	-0,76	сильная, обратная	y = 0,95x+38,8
	Микроудобрения + мочевина	-0,99	сильная, обратная	y = -0,3x+18,4

В контрольном варианте, без удобрений r = -0,58, а в целом, по всем обработкам и подкормкам несколько ниже r = -0,46. Поведенный анализ отдельно предпосевной обработки семян, выявил среднюю, обратную корреляцию r = -0,53. Подкормка минеральными удобрениями имела коэффициент корреляции r = -0,99, со степенью зависимости сильной, обратной. Сравнительную величину коэффициентов корреляции имели варианты совместной предпосевной обработки семян микроудобрениями и подкормки удобрениями r = -0,76 – -0,99, со степенью зависимости сильной, обратной.

Так, корреляционный анализ урожайности и содержания белка выявил степень зависимости средне- сильную, обратную. В вариантах в целом, по всем обработкам и подкормкам, а также по предпосевной обработке семян имели степень зависимости среднюю обратную, r = -0,46 – -0,53, где коэффициент был несколько выше

контрольного варианта r = -0,58. Вариант подкормка удобрениями и совместное применение предпосевной обработки семян и подкормки удобрениями дали более низкое значение коэффициента корреляции по сравнению с вариантом без удобрений, в среднем, r = -0,92, что соответствовало степени зависимости признаков урожайности и белковости как сильная, обратная.

Средняя отрицательная корреляция между урожайностью и содержанием белка, в варианте без удобрений, объясняется антагонизмом этих признаков в растении пшеницы и невозможности получения высоких урожаев при достаточно высокой белковости.

Коэффициенты корреляции, представленные в таблице 44 показывают, что степень зависимости между урожайностью и содержанием крахмала является сильной, прямой.

Таблица 44

Коэффициенты корреляции и степень зависимости изучаемых признаков (урожайность – крахмал)

Признаки		Коэффициент корреляции	Степень зависимости	Уравнение регрессии
Урожайность – крахмал	Без удобрений	0,58	сильная, прямая	y = 0,195x+63,7
	В целом, по всем обработкам и подкормкам	0,78	сильная, прямая	У = 0,375x+33,5
	Предпосевная обработка семян	0,61	сильная, прямая	y = 0,27x+61,17
	Подкормка удобрениями	0,79	сильная, прямая	y = 0,38x+56,07
	Микроудобрения + аммиачная селитра	0,69	сильная, прямая	y = 0,312x+44,13
	Микроудобрения + сульфат аммония	0,68	сильная, прямая	y = 0,251x+38,4
	Микроудобрения + мочевина	0,72	сильная, прямая	y = 0,35x+65,4

В контрольном варианте, без удобрений коэффициент корреляции r = 0,58, а в целом, по всем обработкам и подкормкам значительно выше r = 0,78. Поведенный анализ отдельно предпосевной обработки семян и подкормки удобрениями, выявил среднюю, прямую корреляцию r = 0,61…0,79. Сравнительную величину коэффициентов корреляции имели варианты предпосевной обработки семян микроудобрениями с аммиачной селитрой и сульфатом аммония r = 0,69-0,68. Вариант предпосевной обработки семян микроудобрениями и подкормкой мочевиной дал значительную величину

коэффициента корреляции, превышающую варианты предпосевной обработки семян микроудобрениями с аммиачной селитрой и сульфатом аммония, равную r = 0,72, со степенью зависимости сильной, прямой.

Так, корреляционный анализ показателей урожайности и содержания крахмала по всем опытным вариантам, предпосевной обработки семян микроудобрениями, подкормки минеральными удобрениями, а также при их совместном действии выявили степень зависимости признаков как сильная, прямая, что обеспечивалось сравнимыми коэффициентами корреляции r = 0,61-0,79.

Выявлено, что корреляционные взаимоотношения между такими показателями как между критериями качества как содержание белка и крахмала

Согласно полученным результатам, наивысшая степень зависимости была между показателями урожайности и крахмала (r = 0,96) в среднем за годы исследований. Между показателями урожайности и массы 1000 зерен отмечалась слабая, прямая зависимость (r = 0,52). Зависимость между показателями урожайности и амилолитическими ферментами (α, β, α+β), крахмалом и массой 1000 зерен, а также крахмалом и стекловидностью была слабой и практически одинаковой, на уровне 0,37-0,41.

Таким образом, корреляционный анализ урожайности и массы 1000 зерен в варианте предпосевной обработки семян микроудобрениями и подкормкой мочевиной, а также по всем обработкам и подкормкам, в целом, имели наивысшие коэффициенты корреляции, равные r = 0,89 и r = 0,76, соответственно, что отвечало степени зависимости – сильной, прямой.

Корреляционный анализ урожайности и содержания белка выявил степень зависимости средне- сильную, обратную. В вариантах в целом, по всем обработкам и подкормкам, а также по предпосевной обработке семян имели степень зависимости среднюю обратную, r = –0,46- –0,53, где коэффициент был несколько выше контрольного варианта r = –0,58. Вариант подкормка удобрениями и совместное применение предпосевной обработки семян и подкормки удобрениями дали более низкое значение коэффициента корреляции по сравнению с вариантом без удобрений, в среднем, r = –0,92.

Корреляционный анализ показателей урожайности и содержания крахмала по всем опытным вариантам, предпосевной обработки семян микроудобрениями, подкормки минеральными удобрениями, а также

при их совместном действии выявили степень зависимости признаков как сильная, прямая, что обеспечивалось сравнимыми коэффициентами корреляции r = 0,61-0,79.

По изученным показателям суммы клейковинных фракций и суммы низко-молекулярных сахаров, был проведен корреляционный анализ с важнейшем показателем характеризующим агротехнологический процесс – урожайностью. Коэффициенты корреляции и уравнения регрессии по урожайности и показателям качества зерна озимой пшеницы в зависимости от применяемых удобрений представлены в таблицах 45, 46.

Представленные в таблице 45 коэффициенты корреляции по связи урожайность и суммы клейковинных фракций показывают, что они являются средне-сильные и обратные

Таблица 45

Коэффициенты корреляции и степень зависимости изучаемых признаков (урожайность – Σ клейковинных фракций)

Признаки		Коэффициент корреляции	Степень зависимости	Уравнение регрессии
Урожайность – Σ клейковинных фракций	Без удобрений	–0,52	средняя, обратная	y = –1,33x+12,4
	В целом, по всем обработкам и подкормкам	–0,38	средняя, обратная	y = –1,25x+11,2
	Предпосевная обработка семян	–0,50	средняя, обратная	y = –1,53x+10,2
	Подкормка удобрениями	–0,79	сильная, обратная	y = 0,29x+14,4
	Микроудобрения + Аммиачная селитра	–0,88	сильная, обратная	y = 0,44x+15,9
	Микроудобрения + сульфат аммония	–0,87	сильная, обратная	y =0,86x+37,1
	Микроудобрения + мочевина	–0,89	сильная, обратная	y = –0,4x+17,3

В контрольном варианте, без удобрений r = –0,52, а в целом, по всем обработкам и подкормкам несколько ниже r = –0,38. Поведенный анализ отдельно предпосевной обработки семян, выявил среднюю, обратную корреляцию r = –0,5. Подкормка минеральными удобрениями имела коэффициент корреляции r = –0,79, со степенью зависимости сильной, обратной. Сравнительную величину коэффициентов корреляции имели варианты совместной предпосевной обработки семян микроудобрениями и подкормки удобрениями

r = –0,87 –0,89, со степенью зависимости сильной, обратной.

Так, корреляционный анализ урожайности и суммой суммы клейковинных фракций выявил степень зависимости средне- сильную, обратную. В вариантах в целом, по всем обработкам и подкормкам, а также по предпосевной обработке семян имели степень зависимости среднюю обратную, r = –0,38 –0,50, где коэффициент был несколько выше контрольного варианта r = –0,52. Вариант подкормка удобрениями и совместное применение предпосевной обработки семян и подкормки удобрениями дали более низкое значение коэффициента корреляции по сравнению с вариантом без удобрений, в среднем, r = –0,79, что соответствовало степени зависимости признаков урожайности и суммы клейковинных фракций как сильная, обратная.

Средне-сильная отрицательная корреляция между урожайностью и суммой клейковинных фракций, в варианте без удобрений, объясняется антагонизмом этих признаков в растении пшеницы и невозможности получения высоких урожаев при достаточно высокой белковости.

Коэффициенты корреляции, представленные в таблице 46 показывают, что степень зависимости между урожайностью и суммой клейковинных фракций является средне-сильной, обратной, степень зависимости между урожайностью и суммой низко-молекулярных сахаров является средне-сильной, прямой.

В контрольном варианте, без удобрений коэффициент корреляции r = 0,43, а в целом, по всем обработкам и подкормкам значительно выше r = 0,72. Поведенный анализ отдельно предпосевной обработки семян и подкормки удобрениями, выявил среднюю, прямую корреляцию r = 0,66-0,74. Сравнительные величины коэффициентов корреляции были в вариантах предпосевной обработки семян микроудобрениями с аммиачной селитрой, сульфатом аммония и мочевиной r = 0,62-0,65, со степенью зависимости сильной, прямой.

Так, корреляционный анализ показателей урожайности и суммой низко-молекулярных сахаров по всем опытным вариантам, предпосевной обработки семян микроудобрениями, подкормки минеральными удобрениями, а также при их совместным действии выявили степень зависимости признаков как сильная, прямая, что обеспечивалось сравнимыми коэффициентами корреляции r = 0,62-0,75.

Таблица 46

Коэффициенты корреляции и степень зависимости изучаемых признаков (урожайность – суммой низко-молекулярных сахаров)

Признаки		Коэффициент корреляции	Степень зависимости	Уравнение регрессии
Урожайность – Σ низко-молекулярных сахаров	Без удобрений	0,43	средняя, прямая	y = 0,18x+64,3
	В целом, по всем обработкам и подкормкам	0,72	сильная, прямая	y = 0,36x+31,2
	Предпосевная обработка семян	0,66	сильная, прямая	y = 0,30x+59,2
	Подкормка удобрениями	0,74	сильная, прямая	y = 0,32x+51,7
	Микроудобрения + аммиачная селитра	0,65	сильная, прямая	y = 0,31x+41,1
	Микроудобрения + сульфат аммония	0,64	сильная, прямая	y = 0,30x+38,2
	Микроудобрения + мочевина	0,62	сильная, прямая	y = 0,29x+62,5

Таким образом, коэффициенты корреляции показывают, что степень зависимости между урожайностью и суммой клейковинных фракций является средне-сильной, обратной.

Корреляционный анализ показателей урожайности и суммой низко-молекулярных сахаров по всем опытным вариантам, предпосевной обработки семян микроудобрениями, подкормки минеральными удобрениями, а также при их совместным действии выявили степень зависимости признаков как сильную, прямую, что обеспечивалось сравнимыми коэффициентами корреляции r = 0,62-0,75.

Глава 7. ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

7.1. Урожайность пшеницы яровой при применении цинковых и медных хелатных форм удобрений

Величина урожайности зерна яровой пшеницы сорта Кинельская Нива за три года изучения влияния полного минерального удобрения $N_{30}P_{30}K_{30}$, биологически активных веществ Альбита и Аминока, а также Cu и Zn-хелатных микроэлементных удобрений представлена в таблице 47.

Таблица 47

Влияние предпосевной обработки семян микроэлементными удобрениями в хелатной форме и биологически активными веществами на урожайность яровой пшеницы, в среднем за три года иследований

Вариант предпосевной обработки семян	Удобрения	Урожайность зерна, т/га				Прибавка	
		2020	2021 г.	2022 г.	Средняя	±, т/га	%
Без обработки	Без удобрений	1,81	1,64	2,50	1,98	-	–
	Удобренный фон	1,95	2,08	3,12	2,38	0,4	20,2
Альбит	Без удобрений	1,88	1,80	2,57	2,08	0,1	5,10
	Удобренный фон	2,20	2,16	2,94	2,43	0,45	22,7
Аминокат	Без удобрений	1,76	1,68	2,62	2,02	0,04	2,20
	Удобренный фон	2,21	1,98	3,15	2,45	0,47	23,7
Zn-хелат	Без удобрений	2,25	1,88	2,69	2,27	0,29	14,6
	Удобренный фон	2,38	2,16	3,37	2,64	0,66	33,3
Cu-хелат	Без удобрений	2,23	1,84	2,59	2,22	0,27	12,1
	Удобренный фон	2,32	2,14	3,24	2,57	0,59	29,8
НСР05 по фактору *A*		0,10	0,13	0,08	–	–	–
НСР05 по фактору *B*		0,06	0,07	0,06	–	–	–
НСР05 по взаимодействию факторов *A* и *B*		0,12	0,11	0,07	–	–	–
НСР05 общая		0,12	0,12	0,09	–	–	–

Средний показатель урожайности в варианте без обработки и без удобрений оказался равным 1,98 т/га, по удоренному фону величина урожайности увеличилась на 29,2%. По сравнению с контрольным вариантом, применение Альбита и Аминоката, как без удобрений, так и с минеральными удорениями повысило величину урожайности на 5,1%-2,2% и 22,7%-23,7%, соответственно. Повышение урожайности произошло при применении Zn и Cu хелатов, без удобрений их влияние повысило данный показатель на 14,6% - 12,1%, совместное использование минеральных удобрений и хелатов – на 33,3%-29,8%, соответственно.

Так, по сравнению с вариантом без удобрений и без обработки, усредненные показатели урожайности имели повышенные значения. При предпосевной обработке семян Альбитом и Аминокатом увеличение составило на 2–5% без удобрений и на 23-24% с удобрениями. Применение Zn и Cu хелатов без удобрений оказало положительное влияние на 12–15%, с минеральными удобренями на значительную величину – 30–33%.

Воздействие предпосевной обработки Zn и Cu хелатами оказалось более значительным на показатели урожайности по сравнению с биологически активными веществами, как без минеральных удобрений, так и при их совместном применении – на 7-10%.

Влияние предпосевной обработки семян микроэлементными удобрениями в хелатной форме и биологически активными веществами на структуру урожая яровой пшеницы преведены в таблице 48.

При сравнении представленных данных в таблице 48, влияния предпосевной обработки семян микроэлементными удобрениями Zn и Cu в хелатной форме и биологически активными веществами Альбитом и Аминокатом на структуру урожая яровой пшеницы, в среднем за три года иследований относительно варианта без обработки и удобрений, имевший наименьшие значения, то наибольшие значения показателей структуры урожая оказались при обрабортке Zn в хелатной форме на фоне минерального удобрения – повышение составило на 0,7% количества растений, до 1,8% количества стеблей и длины главного колоса, от 6 до 7,4% количества колосьев, высоты растений, массы зерна с главного колоса и на 18% произошло увеличение количеста зерен в главном колосе. Другие изученные варианты имели близкие или незначительно меньшие значения.

Таблица 48

Предпосевная обработка семян микроэлементными удобрениями в хелатной форме и биологически активными веществами на структуру урожая яровой пшеницы, в среднем за три года иследований

Вариант предпосевной обработки	Удобрения	Кол-во растений шт./м²	Кол-во стеблей, шт./м²	Кол-во колосьев, шт./м²	Высота растений, см	Длина главного колоса, см	Кол-во зерен в главном колосе, шт.	Масса зерна с главного колоса, г
Без обработки	Без удобрений	455	470	464	54	5,5	16	0,54
	Удобренный фон	457	472	470	56	5,6	17	0,58
Альбит	Без удобрений	455	470	468	55	5,5	17	0,54
	Удобренный фон	458	474	483	57	5,6	18	0,57
Аминокат	Без удобрений	456	472	470	54	5,5	17	0,54
	Удобренный фон	457	475	484	56	5,6	18	0,57
Zn-хелат	Без удобрений	454	474	474	56	5,5	18	0,55
	Удобренный фон	458	478	492	58	5,6	19	0,58
Cu-хелат	Без удобрений	455	473	473	55	5,5	17	0,53
	Удобренный фон	458	476	488	57	5,6	18	0,57

Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы микроэлементными удобрениями в хелатной форме и биологически активными веществами на неудобренных вариантах и с полными минеральными удобрениями на качество семян яровой пшеницы, такие как масса натурная и 1000 зерен, стекловидность и белковость, качество клейковины за 2021 и 2022 года представлено в таблицах 49 и 50.

Представленные данные в таблице 49 показывают, что показатели качества семян яровой пшеницы наименьшие показатели имели в варианте без обработки и без минеральных удобрений. Наибольшие значения натурной массы оказались при обработке Zn в хелатной форме на фоне минерального удобрения – повышение составило на 14%, массы 1000 зерён до 47%, стекловидности и белковости до 20% и более чем на 30% произошло увеличение качество клейковины. Показатели качества семян яровой пшеницы во всех следующих вариантах имели незначительно меньшие значения.

Таблица 49

Предпосевная обработка семян микроэлементными удобрениями в хелатной форме и биологически активными веществами на качество семян яровой пшеницы, в 2021 г.

Вариант предпосевной обработки	Удобрения	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность,%	Белок, %	Клейковина	
						%	ИДК, ед. прибора
Без обработки	Без удобрений	647	26,8	54	12,8	26,6	57
	Удобренный фон	689	27,3	56	13,3	27,0	62
Альбит	Без удобрений	694	29,0	58	13,2	29,3	64
	Удобренный фон	727	34,5	59	14,8	31,7	76
Аминокат	Без удобрений	703	31,6	58	14,4	30,3	58
	Удобренный фон	721	38,6	58	14,9	33,6	67
Zn-хелат	Без удобрений	727	34,6	60	13,2	30,8	63
	Удобренный фон	738	39,5	62	15,4	34,8	77
Cu-хелат	Без удобрений	721	34,2	57	14,1	31,6	67
	Удобренный фон	734	38,9	60	15,2	32,0	74

Таблица 50

Влияние предпосевной обработки семян микроэлементными удобрениями в хелатной форме и биологически активными веществами на качество семян яровой пшеницы, в 2022 г.

Вариант предпосевной обработки	Удобрения	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Белок, %	Клейковина	
						%	ИДК, ед. прибора
Без обработки	Без удобрений	714	28,3	58	12,1	25,5	56
	Удобренный фон	728	31,1	62	13,0	26,4	57
Альбит	Без удобрений	740	31,5	60	12,8	25,8	64
	Удобренный фон	753	35,8	69	14,1	26,7	66
Аминокат	Без удобрений	748	32,2	60	13,5	26,6	57
	Удобренный фон	771	36,,6	67	13,7	27,4	61
Zn-хелат	Без удобрений	758	32,8	59	12,8	25,9	61
	Удобренный фон	785	40,5	68	14,4	27,7	68
Cu-хелат	Без удобрений	753	32,0	62	13,7	26,2	63
	Удобренный фон	777	39,2	64	14,1	27,2	67

Качество семян яровой пшеницы при предпосевной обработке семян полным минеральнымо удобрением $N_{30}P_{30}K_{30}$, биологически активными веществами Альбит и Аминок, а также Cu и Zn-хелатными микроэлементными удобрениями за 2022 г. представлено в таблице 50.

Следует отметить, что представленные данные качественных показателей семян яровой пшеницы, полученные в 2022 году, существенно отличаются от прошлого года. Так, по сравнению с контрольным вариантом, вариант обработки Zn-хелатом и минеральным удобрениям имел повышенные показатели – натурной массы на 10%, массы 1000 зерён до 43%, стекловидности и белковости до 19% и до 21% увеличилось качество клейковины. При сравнении показателей качества семян яровой пшеницы во всех следующих вариантах, то они имели сравнительно меньшие значения.

7.2. Предпосевная оработка семян яровой пшеницы сорта Тулайковская 10 органо-минеральными препаратами Стимулайф и Зеленит

Изучались предпосевные оработки семян органо-минеральными препаратами Стимулайф и Зеленит при возделывании яровой пшеницы сорта Тулайковская 10 на показатели урожайности, массы 1000 зерен, содержание белка и суммы сахаров в зависимости от предшественников озимая пшеница и озимая тритикале представлены в таблице.

Таблица 51

Значение урожайности, массы 1000 зерен, содержание белка и сумма сахаров в зависимости от предшественников и влияния органо-минеральных удобрений, в среднем за период изучения

Варианты предпосевной обработки	Урожайность, т/га	Масса 1000 зерн, г	Белок, %	Сахара, %
Предшественник озимая пшеница				
Без обработки	1,88	29,3	12,8	2,96
Стимулайф	2,04	32,2	13,3	3,46
Стимулайф+ гербицид	2,11	32,8	13,6	3,67
Зеленит	2,15	31,7	13,7	3,91
Предшественник озимая тритикале				
Без обработки	1,95	32,2	13,0	3,17
Стимулайф	2,10	34,1	13,6	3,67
Стимулайф+ гербицид	2,24	35,1	13,8	39,0
Зеленит	2,22	34,5	14,0	4,08
$НСР_{05}$	1,3	0,6	0,9	1,2

Урожайность зерна яровой мягкой пшеницы сорта Тулайковская 10 по предшественнику озимая пшеница в варианте без предпосевной обработки в среднем за три года исследований составила 1,88 т/га (Бакаева Н.П., 2018). Проведенная подкормка в фазу кущение препаратом Стимулайф увеличила этот показатель на 4%, а препаратом Зеленит на 14,4%. Величина урожайности полученная по предшественнику озимая тритикале была выше на 3,7% по сравнению с величиной по предшественнику озимая пшеница. В этом варианте опыта обработка препаратами Стимулайф и Зеленит также повысила урожайность на 7,6 и 13,8%, соответственно, по сравнению с вариантом без обработки.

Стимулайф, как органоминеральное удобрение возможно применять совместно с гербицидами или другими веществами, которые могут вызывать стрессовые ситуации для метаболического процесса растений. В этом случае, проявляются защитно-стимулирующее и адаптогенное действие гуминовых кислот (Ларионов Ю.С., Новокрещинов Е.П., Узянбаев А.Х., 2004). Этот эффект был обнаружен при совместном действии Стимулайфа и гербицида Калибр, который применялся против однолетних двудольных сорняков. Так, величина урожайности была выше на 12 и 15 %, соответственно по предшественникам озимой пшенице и озимой тритикале.

Масса 1000 зерен характеризует количество веществ, содержащихся в зерне, и является важнейшим показателем качества зерна. Чем больше масса 1000 зерен тем более крупное зерно. В таком зерне больше эндосперма и меньше оболочек, а, следовательно, и выше выход готовых продуктов из зерна. За период исследований масса 1000 зерен составила от 29,3 до 34,5 г. По предшественнику озимая пшеница в варианте без обработки в среднем за три года исследований этот показатель был равен 1,88 т/га. Проведенная подкормка в фазу кущение препаратом Стимулайф увеличила этот показатель на 10%, а препаратом Зеленит на 8,2%. Величина массы 1000 зерен полученная по предшественнику озимая тритикале была выше на 10% по сравнению с величиной по предшественнику озимая пшеница. В этом варианте опыта обработка препаратами как Стимулайф, так и Зеленит повысила показатель массы 1000 зерен в равной мере на 7%, по сравнению с вариантом без подкормки. Совместное действие Стимулайфа и гербицида увеличило массу 1000 зерен на 9-12%, соответственно по предшественникам озимой пшенице и озимой тритикале.

Содержание белка в зерне яровой пшеницы составило от 12,8 до 14%. По предшественнику озимая тритикале значения содержания белка было большим на 1,1%. При сравнении варианта без подкормки с применением Стимулайфа и Зеленита, содержание белка увеличивалось на 4% и 7%, соответственно. Совместное действие Стимулайфа и гербицида увеличило содержание белка на 6 %, как по озимой пшенице, так и по озимой тритикале.

Углеводы являются основными веществами зерна пшеницы и представляют собой энергетические ресурсы, сконцентрированные в клетках эндосперма. Определялась сумма моно- и дисахаридов в зерне яровой пшеницы, которая составляла от 2,96 до 4,08 %. По предшественнику озимой тритикале содержание их было больше на 7 %, по сравнению с озимой пшеницей. Содержание сахаров в варианте с применением Стимулайфа было большим на 16-17%, а с применением Зеленита на 29-32% по сравнению с вариантом без подкормки. Совместное действие Стимулайфа и гербицида увеличило содержание сахаров на 23 %, как по озимой пшенице, так и по озимой тритикале.

Так, значения величин урожайности, массы 1000 зерен, содержание белка и сахаров полученные по предшественнику озимая тритикале были незначительно выше по сравнению с величиной по предшественнику озимая пшеница. Было оказано положительное действие органо-минеральных удобрений на изученные показатели урожайности и качества зерна яровой пшеницы.

При совместном действии Стимулайфа и гербицида Калибр, который применялся против однолетних двудольных сорняков, было усилено действие удобрения и проявились защитно-стимулирующие и адаптогенные действия гуминовых кислот в его составе. Так, величина урожайности была выше на 12-15%, масса 1000 зерен на 9-12%, содержание белка на 6%, содержание сахаров на 23%, как по предшественникам озимой пшенице, так и по озимой тритикале.

Глава 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

8.1. Влияние крупности зерна на распределение показателей качества зерна сортов яровой пшеницы

Одной из актуальных проблем является изучение физиолого-биохимических закономерностей накопления белка в зерне пшеницы и повышения его качественных показателей, среди которых – сахара и крахмал (Абрамов А.Г., Абрамова И.Н., 2015). С наступление фазы налива зерна начинается мощный ток пластических веществ из вегетативных органов в развивающееся зерно, состоящий в основном из сахаров и азотистых соединений. Соотношение между азотистыми веществами и углеводами, поступающими в зерно, и будет определять его белковистость (Бакаева, 2018). Известно, что с увеличением урожайности содержание белка в зерне снижается. Увеличение же урожйности при улучшении условий выращивания достигается главным образом за счет увеличения числа зерен на растении, в то же время масса 1000 зерен и содержание белка в них повышаются при уменьшении числа зерен в колосе (Григорьев, Билан 2019, Донгак, 2026). Отмечается (Захаров, Захарова, 2018) также, что в средней части колоса формируется зерно с более высокими биохимическими, физическими и технологическими показателями. Необходимо по-разному рассматривать зерно мелкое, но нормально развитое, и зерно щуплое. Их физические, биохимические и технологические свойства неодинаковы: мелкое, нормально развитое зерно по всем показателям ближе к здоровому, чем щуплое. Степень взаимозависимости изученных признаков определятся коэффициентами корреляции и теснотой их связи (Коновалова И.В., Богдан П.М., 2016; Крупнова О.В., 2010; Рыбась И.А. и др., 2014)

Результаты опытов показали, что основным фактором, влияющим на массу 1000 зерен, является сорт (Бакаева, 2018). Так, в максимальное значение данного показателя, т.е. наиболее крупное зерно в годы исследований получено у сорта Кинельская 60 с массой 1000 зерен по фракциям 41, 37 и 29 г. Сорт Кутулукская по крупности зерна приближался к средним значениям для данного показателя. Крупное зерно сорта Кинельская 59 имело массу меньше среднего значения, а фракции со среднем и мелким превосходили

его. В общем, по изучаемым сортам, масса 1000 зерен уменьшалась в зависимости от его крупности, среднее зерно имело меньшую массу на 12%, мелкое – на 31%, по сравнению с крупным.

Таблица 52

Масса 1000 зерен, содержание белка и крахмала в зерновках разной крупности у сортов яровой пшеницы, в среднем за период исследований

Сорт	Масса 1000 зерен, г			Белок, %			Крахмал, %		
	Крупность зерновок								
	крупные	средние	мелкие	крупные	средние	мелкие	крупные	средние	мелкие
Кутулукская	40,1	34,6	26,7	13,1	13,4	13,1	70,7	66,5	66,1
Кинельская 59	39,7	35,1	27,8	13,3	13,5	14,0	65,4	63,5	62,0
Кинельская 60	40,7	36,5	28,5	13,4	13,6	13,8	67,3	63,7	61,2
Среднее по сортам	40,2	35,4	27,7	13,2	13,5	13,7	67,8	64,5	63,1
Распределение показателей по крупности	100%	88%	69%	100%	102%	104%	100%	95%	93%

Дисперсионный анализ полученных в опыте данных с расчетами $НСР_{05}$ показал, что все результаты опытов достоверны.

Наивысшие значения содержания белка, превышающие средние показатели, имел сорт Кинельская 60, в крупной и средней фракциях, а в мелкой фракции – сорт Кинельская 59. Распределение содержания белка в зерне различной крупности имело обратную зависимость по сравнению с массой 1000 зерен. Содержание белка было больше на 2% в средней фракции и на 4% – в мелкой, по сравнению с крупной.

Увеличенные содержание крахмала во всех изучаемых фракциях зерна по сравнению со средними показателями имел сорт Кутулукская. Сорт Кинельская 60 по содержанию крахмала в зерне по фракциям приближался к средним значениям данного показателя, а сорт Кинельская 59 – уступал. Распределение содержания крахмала в зерне различной крупности от крупного к мелкому снижалось, так во фракции среднего зерна крахмала было на 5%, а во фракции мелкого на 7% меньше, по сравнению с крупным. Для обнаружения взаимосвязи между результатами исследования были определены коэффициенты корреляции и степень взаимозависимости. Проведенный корреляционный анализ позволил выявить среднюю обратную зависимость между массой 1000 зерен и содержанием белка, коэффициент корреляции равен $r = -0,43$. Зависимость между массой

1000 зерен и содержанием крахмала оказалась сильной и прямой, коэффициент корреляции равен r = 0,91. Такие показатели как содержание белка и крахмала в зерне проявили высокие коэффициенты корреляции и сильные обратные зависимости, r = –0,73.

Таким образом, за период исследования для трех сортов мягкой яровой пшеницы для зерна различной крупности определено, что чем мельче зерно, тем большее в нем содержание белка и меньшее крахмала. Выявлено, что с увеличением массы 1000 зерен, уменьшается содержание белка и увеличивается содержание крахмала в зерне. Между содержанием белка и массой 1000 зерен наблюдалась обратная корреляция (r = –0,43), содержание крахмала в зерне изучаемых сортов пшениц за период исследований находилось в прямой корреляционной зависимости от массы 1000 зерен (r = 0,902). Показатели содержание белка и крахмала в зерне проявили высокие коэффициенты корреляции и сильные обратные зависимости, r = –0,73.

8.2. Урожайность и оценка качественных показателей зерна яровой пшеницы в агротехнологии

Одним из требований, предъявляемых ГОСТом к качеству яровой пшеницы, является объёмная масса зерна (натура, натурная масса). Масса 1000 зерен характеризует количество веществ, содержащихся в зерне, этот показатель тесно связан с крупностью зерна. Соответственно, более крупное зерно имеет большую массу 1000 зерен.

Линейные размеры зерна определяют его крупность, которая является важнейшим показателем качества зерна. В крупном зерне больше эндосперма и меньше оболочек, а, следовательно, и выше выход готовых продуктов из зерна. Крупность связана с химическим составом зерна и другими его характеристиками. Может быть выражена не только линейными размерами зерна, но и его объемом и массой 1000 зерен.

Натура зерна зависит от выполненности зерна, содержания в нём наиболее ценной части – эндосперма. Чем выше объёмная масса зерна, тем, как правило, выше содержание эндосперма, больше выход высокосортной муки.

К основным показателям качества зерна можно отнести стекловидность, содержание белка и клейковины. Стекловидность, являясь внешним признаком качества зерна, отражает структуру

внутренних тканей зерна. Для мучнистого эндосперма характерна слабая связь крахмальных зёрен с белком. В стекловидном эндосперме эта связь очень прочная. Общая стекловидность выражается в процентах и равна числу процентов полностью стекловидных зёрен плюс половина числа процентов частично стекловидных зёрен. Показатель общей стекловидности – стекловидная, частично стекловидная или мучнистая.

Консистенция эндосперма (стекловидность, мучнистость) зависит от состава, количества, формы, размеров и расположения крахмальных зерен, свойств и распределения белковых веществ, а также от характера и прочности связи между крахмалом и белковыми веществами. Стекловидность зерна считается косвенным показателем для оценки содержания белка, мукомольных и хлебопекарных свойств пшеницы. Стекловидные зерна имеют однородную, пропускающую рассеянный свет структуру, блестящий восковидный поперечный срез. Такая консистенция обусловлена особой формой связи белка и крахмальных зерен эндосперма. Эндосперм стекловидного зерна содержит округлые зерна хондриосомного крахмала, большие промежутки между которыми заполнены более мелкими зернами крахмала и так называемым промежуточным белком.

Зерно яровой пшеницы каждого из вариантов для определения крупности массой 100 г, было разделено на три фракции: крупное (проход сита 2,5×2,0), среднее (сито 2,2×2,0) и мелкое (сито 1,7×2,0). После фракционирования зерна определяли массу каждой фракции и выражали в процентах. Оказалось, что купных зерен в варианте вспашка оказалось 39%, рыхление – 35%, без осенней механической обработки – 27%; средних – 43, 47, 50%, соответственно; мелких – 18, 18, 23%, соответственно. Так, сравнение показало, что во всех вариантах образовалось больше средних зерен. Но, крупных было больше в варианте вспашка, а средних и мелких было больше в варианте без осенней механической обработки. Если проследить изменения содержания крупных зерен по вариантам, то в варианте вспашка, крупность была наивысшей, наименьшее значение было в варианте без осенней механической обработки почвы.

В таблице 53 представлены результаты изучения качественных показателей зерна яровой пшеницы.

Величина урожайности зерна в среднем, за три года исследований имела значения 12,8-14,4 т/га. По годам, наибольшая урожайность была получена в 2013 году, с ГТК равным 1,07. Самая низкая

урожайность зерна была получена в 2014 году с ГТК равным 0,34, когда отмечалась атмосферная засуха в июле и начале августа. В 2015 году урожайность имела среднее значения, что и соответствовало ГТК 0,7, при средне-многолетним значении – 0,83. В варианте вспашка, урожайность имела наивысшую величину, меньшее значение было при рыхлении, наименьшее – в варианте без осенней механической обработки [3].

Таблица 53

Определение качественных показателей характеристики зерна в среднем за период исследования

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Натурная масса, г/л	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Белок, %	Σ клейковинных фракций, %
Вспашка	14,4	743	36,5	74	13,8	8,1
Рыхление	13,4	723	34,6	68	13,1	7,9
Без осенней механической обработки	12,8	730	35,0	60	12,5	7,6
$НСР_{05}$	1,24	1,26	0,32	0,19	0,1	0,12
V,%	21	17	4	23	13	9

Наиболее значимым показателем качества зерна является содержание белка в нём. Результаты определения содержания белка представлены в таблице 53. Наибольшее значение было в варианте вспашка 13,8%, по сравнению с ним, при рыхлении, произошло уменьшение на 5,1% и в варианте без осенней механической обработки, уменьшилось на 9,4%.

Значения показателей общей стекловидности по полученным результатам соответствовали стекловидной консистенции эндосперма. Значения стекловидности по вариантам распределились от вспашки к рыхлению, затем к – без осенней механической обработки.

Клейковинные фракции белков, которые входят в состав клейковины и обеспечивают хлебопекарные свойства муки – это высокомолекулярные фракции глиадин и глютелин (проламин). Их содержание было в варианте вспашка наивысшей, наименьшее значение было в варианте без осенней механической обработки.

Так, по распределению показателей урожайности и белка в варианте вспашка значения имели наивысшую величину, меньшее по значению было при рыхлении и наименьшее значение – в варианте без осенней механической обработки.

Аналогичный характер распределения величин наблюдается у таких показателей как, крупность зерна, стекловидность и сумма клейковинных фракций.

Такие показатели как, натурная масса и масса 1000 зерен хотя и имели наивысший показатель в варианте вспашка, но наименьшим был показатель при рыхлении, а вариант без осенней механической обработки имел промежуточное значение. Так, эти показатели имели несколько другой характер распределения величин, по сравнению с урожайностью и содержанием белка в зерне.

Таким образом, величина урожайности и основного показателя качества зерна яровой пшеницы содержание белка, а также крупность зерна, стекловидность и сумма клейковинных фракций по распределению значений показателей в варианте вспашка значения имели наивысшую величину, меньшее по значению было при рыхлении и наименьшее значение – в варианте без осенней механической обработки.

Показатели натурная масса и масса 1000 зерен имели несколько другой характер распределения величин, по сравнению с урожайностью и содержанием белка в зерне, имели наивысший показатель в варианте вспашка, наименьшим был показатель рыхление, а вариант без осенней механической обработки имел промежуточное значение.

8.3. Качественные показатели белково-углеводного комплекса зерна яровых зерновых культур при биологизации земледелия

Интенсивно развивающееся земледелие привнесло с собой уменьшение содержания органических веществ в пахотных почвах, содержание гумуса в черноземах за сто лет сократилось от 20-30-50% (Розова М. А., Егиазарян Е. Е., 2023). Отсюда понятны возникшие проблемы экологизации и биологизации земледелия, восстановления и воспроизводства плодородия почв (Исайчев В. А., Андреев Н. Н., 2022). Наличие в почвах органических и минеральных веществ и их соотношение в разных почвах может сильно различаться, а их взаимодействие в почве может быть довольно интенсивным и претерпевать множество изменений, т.е. органическое вещество минерализуется (Азизов З.М. и др., 2020), а неорганическое вещество может входить в состав и органического, и включаться непосредственно в метаболизм растений.

Величины урожайности яровой пшеницы и содержание белка и крахмала представлены в таблице 54.

Таблица 54

Урожайность и качественные показатели белково-углеводного комплекса зерна яровых зерновых культур в зависимости от системы обработки почвы и удобрений, в среднем

Показатели	Агротехнология								
	Вспашка			Рыхление			Без осенней механической обработки		
	Без удобрений	Органические*	Минеральные*	Без удобрений	Органические*	Минеральные*	Без удобрений	Органические*	Минеральные*
Урожайнсть, т/га	3,12	3,28	3,32	2,66	2,88	2,95	2,60	2,90	2,98
Белок, %	12,6	12,4	11,7	11,8	12,1	11,9	11,5	11,9	11,4
Крахмал, %	64,3	67,1	68,4	62,2	65,4	67,7	61,5	65,2	68,1
Сахара, %	1,8	2,7	2,1	2,3	2,4	2,4	2,0	2,4	2,4
Отношение белок / крахмал	0,2	0,19	0,17	0,19	0,19	0,18	0,19	0,18	0,18

Представлены усредненные показатели

Урожайность зерна яровой пшеницы за период исследования, в среднем была равна от 2,66 до 3,22 т/га. Содержание крахмала о в зерне пшеницы было от 61,5 до 68,4%. Наибольшие значения по урожайности и крахмалу были получены в вариантах с применением минеральных удобрений, наименьшие – без удобрений. По отношению к урожайности выполнялась зависимость с увеличением урожайности уменьшается содержание белка. Определение общих сахаров показало, что их содержание в основном было одинаковым для двух культур и четкой зависимости от каких-либо показателей не установлено.

Для характеристики белково-углеводного комплекса были определены отношения величин белковости к крахмалистости зерна. Данный показатель у яровой пшеницы имел наивысшие значения в вариантах без удобрений, затем уменьшался и наименьшим был в вариантах с минеральными удобрениями. Для зерна ячменя такой характер изменений был только по вспашке, а по рыхлению и без осенней механической обработки имел обратную зависимость,

наибольшие величины были отмечены при применении минеральных удобрений.

Таким образом, проблемы экологизации и биологизации земледелия сводятся к необходимости восстановления и воспроизводства плодородия почв при помощи применения органических удобрений. Но применение органических веществ вызывает в почве их минерализацию и делает невозможным их использование растениями. Применение различных видов удобрений устраняет данную причину. Неорганические вещества могут включаться непосредственно в метаболизм растений и оставаться в почве, достигая максимальной эффективности используя системы удобрений, применение севооборотов, устанавливая оптимальное их распределение по культурам, оптимизируя, таким образом, плодородие и свойства почвы.

Поэтому: 1. Урожайность зерна яровой пшеницы была равна от 2,66 до 3,22 т/га, содержание крахмала на уровне 61,5-68,4%.

2. По отношению содержания белка к урожайности выполнялась зависимость – с увеличением урожайности уменьшается содержание белка. Определение общих сахаров показало, что их содержание в основном было одинаковым и четкой зависимости от каких-либо показателей не установлено.

3. Отношения величин белковости к крахмалистости зерна характеризует белково-углеводный комплекс. Наивысшие значения данный показатель имел в вариантах без удобрений, затем уменьшался и наименьшим был в вариантах с минеральными удобрениями.

8.4. Эффективные технологии возделывания яровой пшеницы в условиях среднего Поволжья

Применяя научно-обоснованную систему удобрения и методы их внесения при проявлении потенциальных возможностей сельскохозяйственные культуры усиливают продукционные процессы для получения зерна высокого качества (Бакаева Н.П., 2019). Применение соломы в технологии возделывания яровой пшеницы, является актуальным и эффективным, так как культура хорошо отзывается на внесение органических удобрений (Белоусова Н. В., 2021). Солома состоит из органических веществ, в том числе целлюлозы, пентозанов, гемицеллюлозы, лигнина и др., которые являются углеродистым энергетическим материалом. Длительное разложение соломы в почве

является экологичным в результате поэтапного высвобождения нитратного азота (Куликова А. Х. Яшин Е. А., Антонова С.А., 2017). Однако, требуется тщательное изучение применения соломы, в виду ее ингибирующего действия на культуру, под которую она вносилась. В процессе разложения соломы образуются органические кислоты, в том числе, муравьиная, уксусная, молочная, масляная, щавелевая, янтарная и др., которые отрицательно влияют на развитие корневой системы культур (Пашкова Г. И., 2021).

Солома озимой пшеницы, культуры, которая высевалась сразу после парования в звене зернопарового севооборота измельчалась в процессе уборки и оставалась в поле (Кравец А. В. и др. 2011). Весной проводился посев яровых культур (Гоман Н. В. И др., 2022), в рядки вносили минеральное удобрение состава $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Схема исследования эффективности применения соломы в технологии возделывания яровой пшеницы в условиях Среднего Поволжья была следующая: контрольный вариант – без удобрений и соломы; 1. Солома предшественника; 2. Полное минеральное удобрение $N_{60}P_{60}K_{60}$; 3. Оставленная солома и внесенное минеральное удобрение – Солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$

Результаты исследований по изучению применения соломы, минеральных удобрений и их совместного действия на урожайность яровой пшеницы представлены в таблице 55.

Таблица 55

Показатели урожайности, продуктивности белка, выноса азота и уровня рентабельности в зависимости от применяющихся соломы, минеральных удобрений и их совместного действия, в среднем за период изучения

Удобрения	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Сбор белка, т/га	Вынос N, кг /га			Рентабельность, %
				зерно	солома	общий	
Без удобрений и соломы	1,56	12,4	0,17	31,8	6,34	38,1	92
Солома предшественника	1,68	12,7	0,19	32,0	6,55	38,6	91
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,84	13,1	0,21	36,2	7,94	44,1	74
Солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$	2,21	13,3	0,29	36,8	8,45	45,2	78
Коэффициент корреляции, V, %	11	4	–	7	9	7	–

Использование соломы озимой пшеницы в качестве органического удобрения под посевами яровой пшеницы способствовало увеличению урожайности зерна на 0,12 т/га (1,5%), с минеральным удобрением – 0,24 т/га (18 %), при совместном применении соломы с минеральным удобрением – на 0,65 т/га (40 %).

Следовательно, применение соломы совместно с минеральным удобрением способствует более полному удовлетворению потребностей растений яровой пшеницы в необходимых элементах питания для формирования планируемой урожайности культуры.

Продуктивность белка определялась в виде двух параметров: содержания белка в зерне полной спелости и сбора белка с гектара в тоннах. Наибольшее содержание белка было при внесении минерального удобрения и совместного применения удобрения и соломы, и равнялось 13,1-13,3%, что было больше на 5,6 и 7,2%, соответственно, по сравнению с вариантом без удобрения и соломы.

Сбор белка в варианте солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ был наибольшим, и на 0,12 т/га превосходил вариант без удобрений и соломы; применение удобрения повысило сбор белка на 0,04 т/га, использование только соломы на 0,02 т/га повысило сбор белка.

Так, при внесении минерального удобрения и в варианте совместного применения удобрения и соломы, содержание белка было наибольшим и равнялось 13,1-13,3%, что было больше на 5,6 и 7,2%, соответственно по сравнению с вариантом без удобрения и соломы. Сбор белка в варианте солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ был наибольшим и на 0,12 т/га превосходил вариант без удобрений и соломы, другие изучаемые варианты превышали в меньшей мере.

На вынос азота оказывало положительное влияние применение вариантов: солома, минеральное удобрение и совместного их действия (Бакаева, 2019). Общий вынос азота в посевах яровой пшеницы варианта без удобрений и соломы составил 38,1 кг/га. В варианте применения соломы предшественника общий вынос азота составил 38,6 кг/га – увеличение составило на 0,6 кг/га по сравнению с контролем. Дополнительная доза азота, внесенная с удобрением, оказала более положительное влияние – прибавка произошла на 6 кг/га. Общий вынос азота при использовании соломы с азотным удобрением увеличился, составил 45,2 кг/га, что было больше на 7 единиц по сравнению с вариантом без удобрений и соломы.

Уровень рентабельности производства зерна яровой пшеницы при применении соломы, минерального удобрения и совместного

их использования понизился на 1%, 14% и 18%, соответственно. Так, внесение минеральных удобрений менее эффективно, но использование соломы при возделывании яровой пшеницы является экономически целесообразным.

8.5. Эффективность азотных удобрений по окупаемости прибавкой урожая в агротехнологии возделывания яровой пшеницы

Основные факторы, которые оказывают влияние на формирование урожая являются – метеоклиматические условия, свойства и тип почв, сортовые и биологические особенности сельскохозяйственной культуры. Важными и регулирующими факторами служат определение потребности в минеральных удобрениях, интегрированная система защиты растений от болезней, вредителей и сорняков, интенсификация общепринятой агротехнологии для данной культуры. Один из основных факторов в формировании урожая пшеницы является обеспеченность азотными удобрениями. При комплексном подходе к выращиваю культурных растений возрастает и отдача от средств химизации земледелия.

Основной причиной, от которой зависит содержание белка в зерне, является количество азотистых веществ в растении, приходящееся на единицу массы зерна. Известно, что меньшая часть (до 1/3) белка в зерне образуется за счет азота, поглощенного из почвы в начале формирования зерна, и большая часть (до 2/3) – за счет оттока азота из вегетативных органов самого растения при наливе зерна. Соотношение между этими источниками может меняться в значимых пределах в зависимости от обеспеченности растений азотом в период налива зерна.

Содержание аммонийного и нитратного азота и концентрация ионов водорода в солевой вытяжке почвы в корнеобитаемом слое под посевами яровой пшеницы в среднем за годы исследования имели отличия. Так, в варианте без внесения удобрений содержание нитратного азота было наименьшим – 11,3 мг/кг почвы, повышенным было в варианте с применением сульфата аммония – 17,0 мг/кг, самое существенное увеличение было в вариантах с аммиачной селитрой и мочевиной 24,0-26,6 мг/кг. Разность изучаемых величин против контроля составила 5,7 единиц с сульфатом аммония и 11,7-15,3 единиц с аммиачной селитрой и мочевиной.

Значения содержания аммонийного азота по вариантам отличались менее значительно, от 12,7 мг/кг в контроле и до 16,6 мг/кг – 18,5 мг/кг с различными удобрениями, разность составляла 3,9-5,8. Среда соляной вытяжки в почве корнеобитаемого слоя под посевами яровой пшеницы была слабокислой и близка к нейтральной, показатели были равны в среднем от pH_{KCl} 5,42 – до pH_{KCl} 5,86.

В проведенных исследованиях 2018-2020 г.г. по возделыванию яровой пшеницы сорта Тулайковская 10 с применением азотных удобрений – аммиачной селитры, сульфата аммония, мочевины, были определены такие показатели как урожайность зерна и масса соломы, содержание азота и белка в зерне, которые представлены в таблице 56.

Таблица 56

Урожайность зерна яровой пшеницы, масса соломы, содержание азота и белка в зерне, усредненные показатели за годы исследования

Вариант опыта	Масса зерна, г/м^2	Масса соломы, г/м^2	Отношение побочной продукции к основной	Азот, г/кг	Окупаемость удобрений г зерна/ г азота	Белок, %	Окупаемость удобрений г зерна/ г белка
Без удобрений	150	285	1,90	11,6	–	12,69	–
Аммиачная селитра	159	300	1,89	12,6	12,62	13,30	11,92
Сульфат аммония	168	318	1,89	13,5	12,44	13,66	12,26
Мочевина	171	334	1,92	13,2	12,95	14,07	11,63
Среднее по удобрениям	**166**	**317**	**1,90**	**13,1**	**12,67**	**13,68**	**11,94**
Разница значений ср. удобрений / без удобрений	**16**	**32**	**–**	**1,5**	**–**	**0,99**	**–**
Коэффициент вариации V, %	7	18	–	15	–	8	–

В таблице приведены результаты проведенных исследований по определению урожайности зерна, массы полученной соломы и содержания азота и белка в зерне.

Урожайность зерна яровой пшеницы в вариантах с использованием удобрений превышала вариант без удобрений. Из вариантов с азотными удобрениями наименьшая масса зерна была получена в варианте с аммиачной селитрой, несколько выше была масса в варианте с сульфатом аммония. Наиболее значительные величины урожайности было при применении мочевины, которая была на 14% выше по сравнению с контролем и на 3% выше средних значений по удобрениям. Разница значений урожайности по средним удобрениям была на 16 единиц выше, чем значения без удобрений.

Аналогичная тенденция отмечена для полученных значений массы соломы. Наиболее значительные величины массы соломы было при применении мочевины, она была на 17% выше по сравнению с контролем и на 5,3% выше средних значений по удобрениям. Разница значений массы соломы средних по удобрениям была на 32 единицы выше по сравнению со значениями в варианте без удобрений.

Одним из важных показателей, отражающих эффективность применения удобрений, является окупаемость действующего вещества удобрений прибавкой урожая. Окупаемость одного грамма азота прибавкой урожая (одного грамма зерна к одному грамму азота) в среднем за три года в представлены в таблице. Применение различных удобрений привело повышению окупаемости грамма азота до 12,7 г зерна, это достаточно высокая окупаемость для всех применяемых удобрений сложилась также за счет обеспеченности почвы макроудобрениями, способствующих лучшей окупаемости удобрений прибавками урожая.

В ходе наших исследований было определено содержание белка в зерне, которое значительно колебалось. В контрольном варианте без применения удобрений содержание белка составило 13%, применение аммиачной селитры дало повышение содержания белка до 13%, а сульфата аммония – до 14 %. Максимальное значение белковости – 14% было получено при применении мочевины, это на 9,8 % выше чем в контроле и на 2,8% выше против среднего значения по всем удобрениям.

Окупаемость действующего вещества удобрений прибавкой урожая может быть представлена величиной одного грамма зерна к одному грамму белка. Наименьшая окупаемость по белку была получена в варианте с использование мочевины, наибольшая при применении сульфата аммония, которая была на 2,7% выше средних значений полученных по окупаемости по всем удобрениям.

Таким образом, проведенные исследования содержания аммонийного, нитратного азота и концентрации ионов водорода в солевой вытяжке почвы в корнеобитаемом слое под посевами яровой пшеницы, при применении азотных удобрений – аммиачной селитры, сульфата аммония, мочевины и определения таких показатели как урожайность зерна и масса соломы, содержание азота и белка в зерне, выявили хорошую окупаемость действующего вещества всех удобрений прибавкой урожая по величинам масса одного грамма зерна к одному грамму азота и одного грамма зерна к одному грамму белка.

8.6. Влияние количественных признаков продукционного процесса на урожайность зерна яровой пшеницы

Сев яровых культур проводили в первой декаде мая, в самые ранние сроки, в первые дни созревания почвы. при прогревании посевного слоя (0-5 см) до температуры 4-6°С, при норме высева 5 млн семян на га. В годы исследований схема опыта включала следующие варианты основной обработки почвы в севообороте:

Вспашка: обработка почвы состоит из лущения на 6-8 см вслед за уборкой предшественников и вспашки на 20-22 см под пар;

Рыхление: состояло из лущения почвы на 6-8 см вслед за уборкой предшественника и безотвального рыхления на 10-12 см под зерновые колосовые культуры и пар;

Без механической обработки: осенняя обработка почвы не проводилась, а после уборки предшественников применялся гербицид сплошного действия «Торнадо» дозе 3 л/га. Весной осуществлялся прямой посев культур (Лабашов Е. С., 2019).

Полнота (число) всходов рассчитывается по формуле $В = n / s$, где n – фактическое количество всходов (шт.) на площади s ($м^2$) в поле (Баган А. В., Шакалий С. Н., 2018).

Полевая всхожесть – это число всходов в поле на 1 $м^2$, выраженное в процентах, относительно числа высеянных всхожих семян на 1$м^2$ площади. Определяется по формуле: $ПВ = ЧВ / НВ \times 100$, где ПВ – полевая всхожесть в %, ЧВ – число (полнота) всходов, шт./$м^2$, НВ – норма высева всхожих семян на 1$м^2$, с учетом чистоты и лабораторной всхожести семян, 100 – число для выражения ПВ в процентах.

Для определения нормы высева семян необходимо рассчитать посевную годность по формуле ПГ= ЧС × ВС/100, где ЧС – чистота семян составляет 100%, ВС – всхожесть (лабораторная) семян составляет 92%. Масса 1000 (m_{1000}) семян равна 38 г. Рассчитаем поправку на фактическую посевную годность: ПГ= 100 × 92 / 100 = 92%; рекомендованные нормы высева (РН) семян = 5 млн./га. Рассчитаем норму высева семян при посевной годности 92% по формуле НВ = m_{1000} х РН х 100 / ВС. НВ= 38 х 5 х 100/ 92 = 206,5 кг/га [15].

Количество (число) растений перед уборкой ЧРу = N / S, где N – фактическое количество растений (шт.) на площади S ($м^2$) в поле, шт./$м^2$ число растений перед уборкой на 1$м^2$ (Кононова Н. Д., 2006).

Сохранность растений от всходов до уборки – это число растений перед уборкой на 1$м^2$, выраженное в процентах, относительно полноты (числа) всходов (В) на 1$м^2$. Определяется по формуле: Сохр = ЧРу / В х 100, где Сохр. – сохранность растений от всходов до уборки, %, ЧРу – число растений перед уборкой, шт./$м^2$, В – число всходов, шт./$м^2$, 100 – число для выражения Сохр. в процентах (Шашкаров Л. Г., Малов Н. П., 2018).

Выживаемость растений – это число растений перед уборкой на 1 $м^2$, выраженное в процентах, относительно числа высеянных всхожих семян на 1$м^2$ (нормы высева). Определяется по формуле: ВР = ЧРу / НВ х 100, где ВР – общая выживаемость в %, ЧРу – число растений перед уборкой, шт./$м^2$, НВ – норма высева или число высеянных всхожих семян на 1$м^2$, шт. 100 – число для выражения ВР в процентах.

Биологический урожай, т/га, определяли по формуле: $У_{биол}$ = ЧРу × Пр × ЧЗ × m_{1000} / 100 000, где ЧРу – число растений на единице площади при уборке урожая на 1 $м^2$; Пр – продуктивная кустистость; ЧЗ – число зерен в колосе в шт.; m_{1000} – масса 1000 зерен, в граммах при стандартной влажности 14%, 100 000 – коэффициент пересчета.

В течении четырех лет изучались изменения количественных признаков, таких как полнота всходов, полевая всхожесть, количество растений перед уборкой, выживаемость и сохранность растений в зависимости от систем обработки почвы – вспашки, рыхления и без механической обработки.

Результаты изучения величины показателей полноты всходов и полевой всхожести представлены в таблице 57.

Таблица 57

Полнота всходов и полевая всхожесть яровой пшеницы в зависимости от способа обработки почвы, по годам исследования

Способ обработки почвы	Показатели	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	В среднем	Коэффициент V, %
Вспашка	Полевая всхожесть, %	85,8	79,8	80,7	82,2	82,1	2,48
	Полнота всходов, шт./м^2	386	359	363	370	370	1,97
Рыхление	Полевая всхожесть, %	84,7	79,2	81,8	81,4	81,6	2,56
	Полнота всходов, шт./м^2	381	356	368	366	368	1,84
Без механической обработки	Полевая всхожесть, %	83,6	76,7	78,7	79,8	79,7	2,69
	Полнота всходов, шт./м^2	376	345	354	359	359	1,98

Известно, что не все высеянные всхожие семена дают всходы, поэтому различают лабораторную и полевую всхожесть. Исследование лабораторной всхожести показало, что в среднем, в годы изучения она оказалась на высоком уровне – 92%. Полевая всхожесть – это количество всходов, выраженное в процентах к количеству высеянных всхожих семян. Полевая всхожесть составила в среднем 80–82%. Наибольшая величина полевой всхожести за период исследований была в 2017 году – 85,8%, а наименьшей в 2018 г. – 76,7%, в 2019 и 2020 гг. составила по годам – 82,2-78,7%. Способ обработки почвы отразился на величине полевой всхожести, наибольшее значение было получено по вспашке за весь период исследования, в среднем значении составил 82,1%. Данный показатель отличался при рыхлении и без механической обработки в сторону уменьшения значения величины на 0,6% и 2,9%, соответственно.

Следует обратить внимание, что существует понятие полнота всходов, которое до сих пор многие понимают, как синоним полевой всхожести, что неверно. Полнота всходов – это количество всходов, имеющихся на площади, выраженное в процентах или абсолютном количестве (шт.) к необходимому оптимальному для данных условий количеству растений, т.е. 5 млн на га. Полнота всходов

за период исследований была наибольшей в 2017 году – 386 шт./м^2, а наименьшей в 2018 г. – 345 шт./м^2, в 2019 и 2020 гг. составила по годам – 363-359 шт./м^2. Данные изменения, очевидно возникли в зависимости от способа обработки почвы. Величине полноты всходов соответствовало наибольшее значение по вспашке за весь период исследования, в среднем значении составило 370 шт./м^2. Данный показатель отличался по рыхлению и без механической обработки в сторону уменьшения на различные величины, на 0,6% и 3%, соответственно.

По величине коэффициента вариации можно определить степень однородности изучаемой совокупности. Полученные значения коэффициентов вариации по полевой всхожести 2,48-2,69% и полноты всходов 1,84-1,98%, что значительно меньше 10% и тем более 33%. Это означает, что изученные совокупности признаков являются слабо колеблющими и в достаточной степени однородными. Если коэффициент вариации свыше 33% совокупность неоднородна, и среднее значение выборки её не характеризует.

Полевая всхожесть и полнота всходов по годам исследований в основном определялись посевными свойствами семян, запасами влаги в почве, погодными условиями, складывающихся в период после посева и др. условиями, в том числе зависела от качества подготовки верхнего слоя почвы. Так, надо отметить, что наибольшее значение данных показателей было по вспашке за весь период исследования, полевая всхожесть имела значение 86%, полнота всходов – 386 шт./м^2. Способ обработки почвы – рыхление и без механической обработки имели меньшие значения рассматриваемых показателей в сторону уменьшения величины, на 0,6% и 3%, соответственно.

Продуктивность посевов яровой твердой пшеницы во многом определяется особенностями роста и развития растений в период вегетации их количеством перед уборкой, выживаемостью и сохранностью к уборке. В таблице 58 представлены результаты определения количества растений перед уборкой, их выживаемость и сохранность.

Изменение количества растений перед уборкой за четыре года исследований по всем вариантам обработок почвы было незначительным и выражалось от 342 до 315 шт./м^2. Незначительное варьирование признака показано и коэффициентами вариации, которые оказались равными 1,8-2,2%, т.е. совокупность признака является слабо колеблющейся и считается в достаточной степени однородной.

Таблица 58

Количество растений перед уборкой,
сохранность и выживаемость яровой пшеницы
в зависимости от способа обработки почвы, за годы исследований

Способы основной обработки почвы	Показатели	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	В среднем	Коэффициент V,%
Вспашка	Количество растений перед уборкой, шт./м^2	342	327	334	336	335	1,8
	Сохранность, %	88,6	84,7	86,6	87,0	86,7	7,3
	Выживаемость, %	72,5	72,2	72,3	72,5	72,4	9,9
Рыхление	Количество растений перед уборкой, шт./м^2	340	323	332	334	332	2,1
	Сохранность, %	88,0	83,7	85,9	86,5	86,1	6,9
	Выживаемость, %	71,4	69,1	71,0	71,2	70,7	9,6
Без механической обработки	Количество растений перед уборкой, шт./м^2	335	315	328	326	326	2,2
	Сохранность, %	88,1	83,0	86,4	85,7	85,8	7,8
	Выживаемость, %	71,8	68,7	71,4	71,4	70,8	9,3

Сохранность растений от всходов до уборки – это число растений перед уборкой на 1м^2, выраженное в процентах, относительно числа всходов на 1м^2. Сохранность растений за период исследований была наибольшей в 2017 году и составила 88,6%, а наименьшей в 2018 г. – 83,0%, в 2019 и 2020 гг. по годам – 87,0-85,8%. Способ обработки почвы отразился на величине сохранности растений, наибольшее значение было по вспашке за весь период исследования, в среднем значении составил 86,7%. Данный показатель по рыхлению и без механической обработки отличался в сторону уменьшения величины на 0,7% и 1,1%, соответственно. Коэффициент вариации имел величины от 6,9 до 7,8, т.е. меньше чем 10%, это означает, что совокупность показателей сохранности растений от всходов до уборки считается в достаточной степени однородной с средней колеблемости изученного признака.

Выживаемость растений – это число растений перед уборкой на 1м^2, выраженное в процентах, относительно числа высеянных

всхожих семян на 1м^2 (нормы высева). Выживаемость растений за период исследований была наибольшей в 2017 году – 72,5%, а наименьшей в 2018 г. – 68,7%, а в 2019 и 2020 гг. имела близкие величины – 72,3-71,4%. Способ обработки почвы отразился на величине выживаемости растений, наибольшее значение было по вспашке за весь период исследования, в среднем значении составил 72,5%. Данный показатель отличался от вариантов рыхления и без механической обработки почвы в сторону уменьшения величины на 2,35% и 2,21%, соответственно. Коэффициент вариации имел величины от 9,9 до 9,3, т.е. довольно близкое значение к 10%, но меньше чем 33%. Такие значения означают, что совокупность показателей выживаемости растений считается в некоторой степени однородной с увеличивающейся колеблемостью изученного признака.

За период вегетации яровой твердой пшеницы происходило уменьшение количества растений перед уборкой. Уменьшение за четыре года исследований по всем вариантам обработок почвы было незначительным и выражалось от 335-326 шт./м^2. Сохранность в посевах – 86,7-85,7% и выживаемость 72,4-70,8% растений. Величины незначительно отличались по годам, но зависели от способа обработки почвы. Так, по сравнению со вспашкой, рыхление и без осенней обработки почвы снижали сохранность растений от всходов до уборки на 0,7% и 1,1%, соответственно, выживаемость растений на 2,35% и 2,21%, соответственно.

Продуктивность сельскохозяйственных культур – один из наиболее многогранных и сложных показателей, суда относятся природные и почвенно-климатические условия; агротехнические мероприятия, такие как обработка почвы, дополняющие природные факторы; сортовые особенности и физиологические факторы, способствующие росту и развитию растений и множество других факторов, обеспечивающих урожай сельскохозяйственных культур.

Результаты изучения продуктивности яровой твердой пшеницы в 2017-2020 гг. по показателям биологический урожай, урожайность зерна яровой пшеницы и оставленная в поле масса соломы в зависимости от способа обработки почвы представлены в таблице 59.

Биологический урожай составил в среднем 4,59-4,41 т/га. Наибольшее значение биологического урожая за период исследований был в 2017 году – 5,06 т/га, а наименьшей в 2018 г. – 3,61т/га, в 2019 и 2020 гг. составил по годам – 4,81-4,60 т/га. Способ обработки

почвы отразился на величине биологического урожая, наибольшее значение величины биологического урожая было по вспашке за весь период исследования, в среднем значение составило 4,59 т/га. Для вариантов рыхление и без механической обработки почвы данный показатель отличался от в сторону уменьшения величины на 2,6% и 3,9%, соответственно.

Таблица 59

Биологический урожай, урожайность зерна яровой пшеницы и масса соломы оставленная в поле в зависимости от способа обработки почвы

Способы основной обработки почвы	Показатели	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	В среднем	Коэффициент V,%
Вспашка	Биологический урожай, т/га	5,06	3,72	4,76	4,81	4,59	9,1
	Урожайность зерна*, т/га	2,64	1,22	2,13	2,23	2,1	9,8
	Масса соломы, т/га	1,46	0,76	1,18	1,23	1,16	9,7
Рыхление	Биологический урожай, т/га	4,79	3,69	4,64	4,75	4,47	8,3
	Урожайность зерна, т/га	2,51	1,19	2,08	2,21	1,99	9,2
	Масса соломы, т/га	1,39	0,65	1,16	1,23	1,11	8,8
Без механической обработки	Биологический урожай, т/га	4,73	3,61	4,60	4,67	4,41	9,6
	Урожайность зерна, т/га	2,20	1,16	2,01	2,06	1,87	8,7
	Масса соломы, т/га	1,22	0,63	1,12	1,14	1,03	8,6
2017 $НСР_{05}$ =1,46 ц/га, влияние фактора достоверно 2018 $НСР_{05}$ =0,45 ц/га влияние фактора достоверно; 2019 $НСР_{05}$ =1,15 ц/га влияние фактора достоверно; 2020 $НСР_{05}$ =2,75 ц/га влияние фактора недостоверно (по показателю урожайность зерна)				± ц/га к контролю (вспашка) 2017 – 1,3 – 4,4 2018 –0,3 – 0,6 2019 –0,5 – 1,2 2020 –0,02 –0,17			

Урожайность зерна яровой твердой пшеницы составила в среднем 2,64-1,16 т/га. В 2017 году урожайность зерна была наибольшей – 2,64 т/га, а наименьшей в 2018 г. – 1,16 т/га, в 2019 и 2020 гг. составила по годам – 2,23-2,01 т/га. Наибольшее значение величины

урожайности было по вспашке за весь период исследования, в среднем значении составило 2,10 т/га. Для вариантов рыхление и без механической обработки почвы данный показатель отличался по сравнению со вспашкой в сторону уменьшения величины на 5,2% и 10,9%, соответственно.

Масса соломы, оставленной на поле после съема урожая составила в среднем 1,46-0,63 т/га. Наибольшая масса соломы за период исследований была в 2017 году и равнялась 1,46 т/га, а наименьшая в 2018 г. – 0,63 т/га, в 2019 и 2020 гг. составила по годам – 1,23-1,12 т/га. Наибольшее значение масса соломы было получено по вспашке за весь период исследования, в среднем значение составило 1,46 т/га. Для вариантов рыхление и без механической обработки почвы данный показатель отличался по сравнению со вспашкой в сторону уменьшения на величины 4,3% и 11,2%, соответственно.

Коэффициенты вариации значений биологического урожая, урожайности зерна и массы соломы имели величины от 8,6% до 9,8%, т.е. близкие значения к 10%, но меньшее чем 33%. Такие значения означают, что совокупность показателей изученных признаков считается в некотором приближении однородной и с увеличивающейся колеблемостью.

Полученные результаты были подвергнуты методу корреляционного анализа и получены коэффициенты корреляции урожайности с количественными признаками: полевой всхожести r = 0,63; полноты всходов r = 0,71; количества растений перед уборкой r = 0,57; выживаемости растений r = 0,75; сохранности их от всходов до уборки r = 0,58; которые оказались в тесной прямой взаимосвязи признаков.

Таким образом, изученные показатели продукционного процесса, такие как полнота всходов, полевая всхожесть, количество растений перед уборкой, сохранность и выживаемость растений, обеспечили получение оптимальных, для сложившихся погодных условий, величин биологического урожая и урожайности зерна яровой твердой пшеницы, а также накопление оставленной на поле массы соломы в зависимости от систем обработки почвы – вспашка на 20-22 см, рыхление на 10-12 см и без механической обработки в условиях лесостепи Поволжья.

Урожайность сельскохозяйственных культур многогранный показатель, к регулируемым факторам относятся культура и сорт, агротехнические мероприятия, такие как обработка почвы, и физиологические факторы – количественные показатели, изученные в течении четырех полевых сезонов – полнота всходов, полевая всхожесть, количество растений перед уборкой, сохранность и выживаемость растений, способствующие сохранению и увеличению значений величины биологического урожая и урожайности зерна яровой твердой пшеницы, а также накопление оставляемой на поле массы соломы в условиях лесостепи Поволжья.

Изученные количественные показатели в целом зависели от качества подготовки верхнего слоя почвы. Так, на варианте вспашки были получены наибольшие значения величин для полноты всходов, полевой всхожести, выживаемости и сохранности растений. Изменение количества растений перед уборкой за четыре года исследований по всем вариантам обработок почвы было незначительным и подтверждалось коэффициентами вариации. Так, полевая всхожесть на 0,6% и 2,9%, соответственно; полнота всходов на 0,6% и 3%, соответственно; выживаемость растений на 2,35% и 2,21%, соответственно; сохранность растений от всходов до уборки на 0,7% и 1,1%, соответственно. Также, биологический урожай на 2,6% и 3,9%, соответственно; урожайность зерна яровой твердой пшеницы на 5,2% и 10,9%, соответственно; масса соломы на величины 4,3% и 11,2%, соответственно.

По величине коэффициента вариации можно определить степень однородности изучаемой совокупности. Полученные значения коэффициентов вариации по полевой всхожести 2,48…2,69% и полноты всходов 1,84-1,98%, показывает, что совокупность считается в достаточной степени однородной, и слабой колеблемости признака. Изменение количества растений перед уборкой за четыре года исследований выявило незначительное варьирование признака, которое оказалось равными 1,8-2,2%, т.е. совокупность в достаточной степени однородна. Коэффициент вариации выживаемости растений, числа растений перед уборкой имел величины от 9,9 до 9,3, т.е. означает, что совокупность показателей выживаемости растений считается в некоторой степени однородной с увеличивающейся колеблемости изученного признака. Коэффициент вариации сохранности растений от всходов до уборки имел величины от 6,9

до 7,8, это означает, что совокупность показателей считается в достаточной степени однородной со средней колеблемости изученного признака.

Таким образом, изученные показатели продукционного процесса, такие как полнота всходов, полевая всхожесть, количество растений перед уборкой, сохранность и выживаемость растений, обеспечили получение оптимальных, для сложившихся погодных условий, величин биологического урожая и урожайности зерна яровой твердой пшеницы, а также накопление оставленной на поле массы соломы в зависимости от систем обработки почвы – вспашка на 20-22 см, рыхление на 10-12 см и без механической обработки в условиях лесостепи Поволжья. Коэффициенты корреляции урожайности с количественными признаками полевой всхожести r = 0,63; полноты всходов r = 0,71; количества растений перед уборкой r = 0,57; выживаемости растений r = 0,75; сохранности их от всходов до уборки r = 0,58; показали тесную прямую взаимосвязь признаков.

Глава 9. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЯЕМЫХ УДОБРЕНИЙ

9.1. Экономическая, эколого-экономическая и энергетическая оценка возделывания озимой пшеницы

Применяемая система удобрений при выращивании озимой пшеницы с использованием микроудобрений и азотных подкормок должна быть не только агрономически эффективной, но также экономически выгодной и энергетически целесообразной (Лабынцев А.В., 2012; Никитин С. Н., 2014; Куркаев, В.Т., 1977; Васин В.Г., 2005; Рабочев Г.И., 2005; Гулянов Ю.А., 2004; Сисо А.В., 2007). Эффективность определяется экономическими параметрами, в частности, условным чистым доходом и уровнем рентабельности, которые зависят от урожайности озимой пшеницы, стоимости полученной продукции и производственных затрат. Производственные затраты включают в себя стоимость расходных материалов (семена, удобрения, средства защиты, топливно-смазочные материала), стоимость работ по выполнению технологических операций в процессе выращивания, амортизацию техники и другие операции, определяемые технологической картой. Результаты экономической эффективности возделывания озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки зерна микроудобрениями Cu+B, Cu+Mo, Cu+Zn и подкормки азотными удобрениями (аммонийная селитра, сульфат аммония, мочевина) представлены в таблице 60.

По данным произведенных расчетов, представленных в таблице 60, видно, что стоимость зерна с 1 га на вариантах с применением микроудобрений в сочетании с азотными подкормками была на уровне 27-31,5 тыс. руб. Использование отдельно только обработку семян микропрепаратами стоимость зерна отмечалась в пределах 25-26 тыс. руб. с 1 га, что меньше на 7-20%, чем в вариантах с применением микроудобрений и азотных подкормок в комплексе, но больше на 8-9%, чем в контрольном варианте, что связано с количеством урожая. Наивысшая стоимость зерна с 1 га получена на вариантах с применением микроудобрений Cu+Mo-хелата и Cu+Zn-хелата в сочетании с аммонийной селитрой (31,24 и 31,09 тыс. руб., соответственно), Cu+Zn-хелата с сульфатом аммония (30,13 тыс. руб.) и Cu+Mo-хелата с мочевиной (30,21 тыс. руб.).

Таблица 60

Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян микроудобрениями и ранневесенней подкормки азотными удобрениями, среднее за 2013-2015 гг.

Предпосевная обработка семян	Подкормка	Урожайность, т/га	Стоимость 1 т зерна, тыс. руб.	Стоимость зерна с 1 га, тыс. руб.	Производственные затраты на 1 га, тыс. руб.	Себестоимость 1 т зерна, тыс. руб.	Чистый доход с 1 га, тыс. руб.	Рентабельность, %
Контроль		3,00	7,93	23,79	10,84	3,61	12,95	119,5
Cu+B	Без удобрений	3,17	7,93	25,14	11,27	3,55	13,87	123,1
Cu+Mo		3,30	7,93	26,17	11,31	3,43	14,86	131,4
Cu+Zn		3,28	7,93	26,01	11,27	3,44	14,74	130,8
Без обработки	Аммонийная селитра	3,61	7,93	28,63	12,54	3,47	16,09	128,3
Cu+B		3,82	7,93	30,29	12,97	3,39	17,32	133,5
Cu+Mo		3,94	7,93	31,24	13,01	3,30	18,23	140,1
Cu+Zn		3,92	7,93	31,09	12,97	3,31	18,12	139,7
Без обработки	Сульфат аммония	3,53	7,93	27,99	11,97	3,39	16,02	133,8
Cu+B		3,66	7,93	29,02	12,40	3,39	16,62	134,0
Cu+Mo		3,73	7,93	29,58	12,44	3,33	17,14	137,8
Cu+Zn		3,80	7,93	30,13	12,40	3,26	17,73	143,0
Без обработки	Мочевина	3,45	7,93	27,36	12,54	3,64	14,82	118,2
Cu+B		3,68	7,93	29,18	12,41	3,37	16,77	135,1
Cu+Mo		3,81	7,93	30,21	12,45	3,27	17,76	142,7
Cu+Zn		3,73	7,93	29,58	12,41	3,33	17,17	138,4

Наименьшие производственные затраты можно отметить в контрольном варианте – 10,84 тыс. руб. с гектара, что связано с отсутствием расходов на микроудобрения и азотные удобрения. А наивысшие затраты прослеживаются, соответственно, в вариантах с применением микроудобрений и азотных подкормок, изменяющиеся в зависимости от стоимости микроудобрений в виде хелатов и вида, дозы и стоимости азотного удобрения.

Рассматривая себестоимость 1 т зерна можно отметить, что наименьшие значения данного показателя прослеживаются в вариантах с применением отдельно только предпосевной обработки зерна микроудобрениями Cu+Mo-хелата и Cu+Zn-хелата, которая составила 3,43 и 3,44 тыс. руб., соответственно, что на 4,7-5,0% меньше, чем в контрольном варианте. Наивысшая себестоимость прослеживается в контрольном варианте и в варианте с использованием ранневесенней подкормки мочевиной, 3,61 и 3,64 тыс. руб., соответственно.

Рентабельность во всех вариантах опыта была выше 100%, в контрольном варианте отмечена наименьшая рентабельность (119%) по сравнению с остальными вариантами. Наивысшая рентабельность прослеживается в вариантах с применением микроудобрения Cu+Mo-хелата в сочетании с подкормкой аммонийной селитрой (140,1%), Cu+Zn-хелата с сульфатом аммония (143,0%) и Cu+Mo-хелата с мочевиной (142,7%).

Определение чистой прибыли и уровня рентабельности с учетом выноса основных макро- и микроэлементов с урожаем в пересчете на гумус, который восполняется внесением органических удобрений и выражается в стоимостном эквиваленте. Эколого-экономическая оценка возделывания озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян микроудобрениями и ранневесенней подкормки азотными удобрениями представлена в таблице 61.

По данным расчета таблицы 61 видно, что наивысшие затраты на восстановление почвенного плодородия прослеживаются в вариантах с применением микроудобрений Cu+Mo-хелата и Cu+Zn-хелата в качестве предпосевной обработки, и составили 3,11 тыс. руб./га в обоих вариантах. Наименьший стоимостной эквивалент (1,61 тыс. руб./га) на восстановление плодородия почвы можно отметить в вариантах с применением микроудобрения Cu+B-хелата в сочетании с аммонийной селитрой, с отдельным применением аммонийной селитры и сульфата аммония.

Таблица 61

Эколого-экономическая оценка возделывания озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян микроудобрениями и ранневесенней подкормки азотными удобрениями, среднее за 2013-2015 гг.

Предпосевная обработка семян	Подкормка	Урожайность, т/га	Стоимость произведенной продукции, тыс. руб/га	Стоимостной эквив. снижения почв. плодор., тыс. руб/га	Производственные затр. с учетом стоимости на восстан. почв. плодор., тыс. руб/га	Условный чистый доход, тыс. руб/га	Уровень совокуп. рентабельности, %
Контроль		3,00	23,79	2,67	13,51	10,28	76,1
Cu+B	Без удобрений	3,17	25,14	2,97	14,24	10,90	76,5
Cu+Mo		3,30	26,17	3,11	14,42	11,75	81,5
Cu+Zn		3,28	26,01	3,11	14,38	11,63	80,9
Без обработки	Аммонийная селитра	3,61	28,63	1,61	14,15	14,48	102,3
Cu+B		3,82	30,29	1,91	14,88	15,41	103,6
Cu+Mo		3,94	31,24	2,06	15,07	16,17	107,3
Cu+Zn		3,92	31,09	2,06	15,03	16,06	106,9
Без обработки	Сульфат аммония	3,53	27,99	1,61	13,58	14,41	106,1
Cu+B		3,66	29,02	1,76	14,16	14,86	104,9
Cu+Mo		3,73	29,58	1,76	14,20	15,38	108,3
Cu+Zn		3,80	30,13	1,91	14,31	15,82	110,6
Без обработки	Мочевина	3,45	27,36	1,91	14,45	12,91	89,3
Cu+B		3,68	29,18	2,21	14,62	14,56	99,6
Cu+Mo		3,81	30,21	2,36	14,81	15,40	104,0
Cu+Zn		3,73	29,58	2,67	15,08	14,50	96,2

Рассматривая данный показатель группами с применением микроудобрений и различных азотных подкормок можно сделать вывод, что в вариантах с применением микроудобрений в сочетании с мочевиной прослеживается наивысший вынос органических веществ, и соответственно, высокий стоимостной эквивалент на восстановление почвенного плодородия (1,9-2,7 тыс. руб./га.), по сравнению с остальными вариантами. Наименьший вынос органических веществ можно отметить в вариантах с применением микроудобрений в хлатной форме с сульфатом аммония (1,6-1,9 тыс. руб./га).

После произведенных расчетов и вычисления производственных затрат с учетом стоимости на восстановление почвенного плодородия и расчета условной чистой прибыли, уровень совокупной рентабельности сложился следующим образом. Наивысшая рентабельность прослеживается в вариантах с применением микроудобрений и подкормок аммонийной селитрой и сульфатом аммония, и составила 102-110%, минимум приходится на отдельное применение аммонийной селитры, максимум – на применение микроудобрения Cu+Zn-хелата в сочетании с сульфатом аммония. В вариантах с применением микроудобрений в сочетании с мочевиной наивысшие значения рентабельности можно отметить при совместном действии Cu+Mo-хелата и мочевины (104%). Наименьшая рентабельность отмечена в контрольном варианте – 76,1%.

9.2. Энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы

Энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян микроудобрениями Cu+B-хелата, Cu+Mo-хелата, Cu+Zn-хелата и ранневесенней подкормки азотными удобрениями представлена в таблице 62.

Таблица 62

Энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян микроудобрениями ЖУСС и ранневесенней подкормки азотными удобрениями, среднее за 2013-2015 гг.

Предпосевная обработка семян	Подкормка	Накоплено энергии, тыс. МДж/га		Затраты антропогенной энергии, тыс. МДж/га	Прирост энергии в урожае, тыс. МДж/га	Энергетическая себестоимость, тыс. МДж/т		Коэффициент энергетической эффективности	Коэффициент энергоемкости
		в урожае	в белке			в урожае	в белке	в урожае	в белке
Контроль		40,51	6,13	11,38	29,13	3,79	0,75	3,56	1,86
Cu+B	Без удобрений	40,76	6,41	11,78	3,72	0,75	3,46	1,84	1,84
Cu+Mo		40,96	6,72	11,78	3,57	0,72	3,48	1,75	1,75
Cu+Zn		40,88	7,09	11,78	3,59	0,68	3,47	1,66	1,66
Без обработки	Аммонийная селитра	42,65	7,16	14,88	4,12	0,89	2,87	2,08	2,08
Cu+B		43,02	7,39	15,13	3,96	0,88	2,84	2,05	2,05
Cu+Mo		43,21	7,33	15,13	3,84	0,89	2,86	2,06	2,06
Cu+Zn		43,02	7,8	15,13	3,86	0,83	2,84	1,94	1,94
Без обработки	Сульфат аммония	42,46	7,16	13,31	3,77	0,79	3,19	1,86	1,86
Cu+B		42,65	7,87	13,55	3,70	0,73	3,15	1,72	1,72
Cu+Mo		42,84	7,57	13,55	3,63	0,77	3,16	1,79	1,79
Cu+Zn		42,84	7,76	13,55	3,57	0,75	3,16	1,75	1,75
Без обработки	Мочевина	42,16	6,97	13,60	3,94	0,82	3,10	1,95	1,95
Cu+B		42,35	7,56	13,85	3,76	0,78	3,06	1,83	1,83
Cu+Mo		42,54	7,36	13,85	3,64	0,80	3,07	1,88	1,88
Cu+Zn		42,54	7,41	13,85	3,71	0,80	3,07	1,87	1,87

Затраты антропогенной энергии в вариантах с применением микроудобрений в сочетании с аммиачной селитрой были на уровне 15,13 МДж/га во всех вариантах, что на 33% выше, чем в контрольном варианте.

Наименьшие затраты антропогенной энергии можно отметить в контроле (11,38 МДж/га) и в вариантах с обработкой семян Cu+B-хелата, Cu+Mo-хелата и Cu+Zn-хелата (11,78 МДж/га). Энергетическая себестоимость по вариантам опыта была на уровне 3,5-3,9 МДж/т, за исключением варианта с подкормкой аммиачной селитрой, без обработки семян, 4,12 МДж/т. В белке энергетическая себестоимость не превышала 0,89 МДж/т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На протяжении всей вегетации растений пшеницы, поступающие в зерно минеральные и органические соединения, подвергаются химическим превращениям с образованием в конечном итоге, в большей степени, белковых веществ и углеводов. Азотно-углеводное соотношение связано с энергией фотосинтеза и дыхания, которые зависимы от условий окружающей среды при формировании и росте зерна. Факторы, влияющие на интенсивность этих процессов определяют величину накопления углеводов в зерне и соотношение азота и углеводов, и следовательно, количество белка. Определяющими факторами углеводно-белкового соотношения выступают: минеральное питание, температура и влажность воздуха, влажность почвы, интенсивность освещения и др. Во все годы исследования при обработке семян только микроудобрениями отмечалось увеличение значений белка на фоне применения Cu+Zn-хелата, что связано вероятнее всего с содержанием меди и цинка в легкоусвояемой для растений форме, которые в своем сочетании, помимо ряда других преимуществ, активно повлияли на процессы дыхания. Независимо от изменяющихся погодных условий от года к году наблюдалось увеличение показателей белка, за счет обработки семян и повышения в результате устойчивости растений к неблагоприятным условия окружающей среды (Носатовский, 1965).

Эффективность применяемых удобрений в сочетании объясняется тем, что предпосевная обработка семян препаратами удобрений содержащих микроэлементы позволяет получать наиболее устойчивые растения с начала вегетации, а своевременные подкормки азотными удобрениями влияют на дальнейшее формирование высокого урожая, без снижения качества, что обеспечивается, по-видимому, за счет микроэлементов меди, молибдена, бора и цинка, влияющие на биосинтез основных органических соединений.

Ранневесенняя подкормка азотными удобрениями способствует быстрому отрастанию растений после перезимовки, а также активизации физиологических процессов, ускоряющих кущение, развитие колоса и налив зерна, что в определенной степени влияет на увеличение урожая. Азотное питание необходимо в период активного развития весной и закладки репродуктивных органов, во избежание азотного голодания и снижения урожая и его качества.

Также азоту принадлежит ведущая роль по улучшению качества зерна и повышению его белковости.

Урожайность, количественное содержание белка и крахмала в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 в зависимости от применяемых удобрений в среднем за годы исследований представлены на схеме 4.

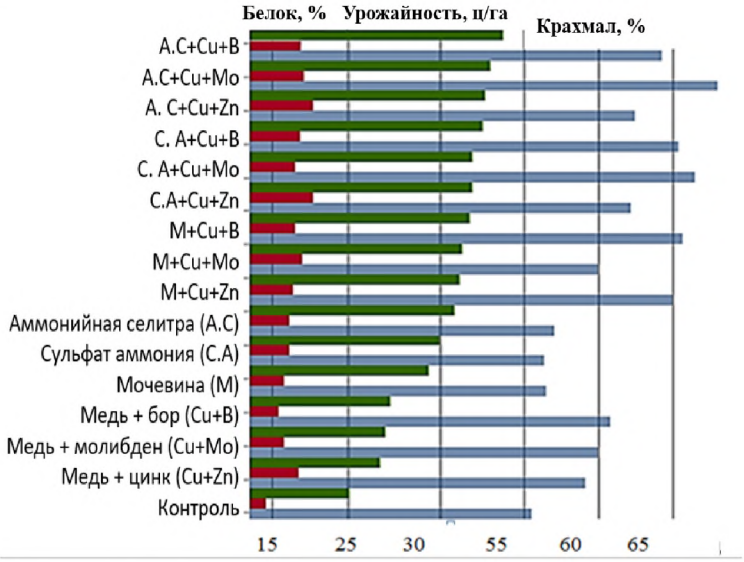


Схема 4. Урожайность, количественное содержание белка и крахмала в зерне озимой пшеницы в зависимости от применяемых удобрений (варианты с удобрениями расположены в порядке увеличения урожайности по их эффективности)

На схеме 4 представлено применение предпосевной обработки семян хелатными формами микроудобрений в сочетании с азотными подкормками эффективно повлияло на увеличение урожайности, а также количественное содержание белка и крахмала.

Наивысшая урожайность зерна озимой пшеницы сорта Поволжская 86 была в вариантах с применением препаратов хелатных форм микроэлементов с аммиачной селитрой (32,4-33,4 ц/га), затем хелатов с сульфатом аммония (31,7-32,2 ц/га) и менее – с мочевиной (31,0-31,5 ц/га). Наименьшая урожайность отмечалась в контрольном варианте – 25,1 ц/га.

Наивысшие показатели белка (18,1%) отмечались в вариантах с применением микроудобрения Cu+Zn в сочетании с аммиачной селитрой и сульфатом аммония. Наименьшее количество белка (14,4%) было в контрольном варианте.

Наивысшие показатели крахмала (до 68%) были отмечены в вариантах с применением хелатных микроудобрений в сочетании с азотными удобрениями. Количество крахмала на уровне 67,9% было в варианте с применением Cu-, Mo-хелатов в сочетании с аммиачной селитрой, 66,5% – в варианте с применением Cu-, Mo-хелата с мочевиной, 65,6% – при использовании Cu-,B-хелата с сульфатом аммония. Наименьшее количество крахмала было в контрольном варианте – 55,5%.

Установлена корреляционная связь урожайности озимой пшеницы сорта Поволжская 86 с количеством белка в зерне (r = 0,71-0,83), с количеством крахмала (r = 0,72-0,88).

Согласно полученным данным, наиболее эффективным удобрением, влияющим на содержание в почве нитратного азота, оказался сульфат аммония. В варианте с применением в комплексе сульфата аммония и микроудобрения Cu + Zn содержание азота достигало 36,78 мг/кг почвы в среднем по годам. В вариантах с аммонийной селитрой и мочевиной уровень азота прослеживался на уровне 17-32 и 15,34мг/кг, соответственно, в зависимости от слоя почвы в среднем за 3 года исследований.

Применение микроудобрений в хелатной форме и различных азотных удобрений было эффективным и влияло на увеличение урожайности озимой пшеницы сорта Поволжская 86 в большей степени на фоне применения препарата Cu-,B-хелата в сочетании с аммонийной селитрой (+33,1%). Озимая пшеница сорта Светоч была продуктивнее в варианте с применением препарата Cu-, Mo-хелата в сочетании с аммонийной селитрой (+33,4%).

При отдельном применении микроудобрений в виде хелатов наиболее эффективно воздействие на белковость зерна пшеницы сорта Светоч повлияла обработка семян Cu + Zn-хелата, также как и в исследованиях зерна пшеницы сорта Поволжская 86, увеличение значений на 11,4% в среднем за 2 года в сравнении с контролем. В остальных же вариантах при сочетании инкрустации семян микроудобрениями в виде хелатов и подкормки азотными удобрениями наиболее действенный среди остальных оказался препарат Cu-, B-хелата (увеличение белка на 18-22% в сравнении с контролем),

в отличие от сорта Поволжская 86, где наивысшие значения показателя белка были достигнуты на фоне микроудобрения Cu + Zn.

Показатели белка в зерне озимой пшеницы и активность протеолитических ферментов изменяются в зависимость от варианта опыта и применяемых удобрений, и имеет противоположную зависимость, в вариантах опыта с наибольшим содержанием белка в зерне наблюдается наименьшая активность фермента по сравнению с остальными вариантами, и наоборот.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Применение микроудобрений в сочетании с азотными удобрениями положительно повлияло на накопление как нитратного, так и аммиачного азота в почве, в большей степени при совместном применении хелатов с аммиачной селитрой и мочевиной.

Влажность почвы перед посевом озимой пшеницы находилась в пределах 18-24%, во время уборки – до 15%. Плотность сложения почвы на момент посева озимой пшеницы во всех слоях соответствовала оптимальным значениям для роста и развития растения и не превышала 1,1-1,3 г/см^3. Применяемые удобрения значительных изменений не оказали на влажность и плотность сложения почвы.

2. Наивысшие результаты по урожайности озимой пшеницы сорта Поволжская 86 31-33 ц/га получены в вариантах при совместном применении микроудобрения Cu+B-хелата и азотных удобрений. Также применение Cu+B-хелата повлияло на увеличение количества стеблей – на 12,7% и колосьев –на 10,7%, количество колосков с главного колоса – на 4,1% и зерен с главного колоса – на 25,6%. Наивысшая аттрагирующая способность отмечалась в вариантах опыта с применение микроудобрений Cu+Mo-хелата и Cu+Zn-хелата с сульфатом аммония – 2,85 и 2,93, соответственно, что в свою очередь повлияло на увеличение массы одного зерна, значения были на 15 и 21% выше, чем в контрольном варианте.

3. Наивысшие результаты по урожайности озимой пшеницы сорта Светоч 34-41 ц/га отмечались в вариантах с применением микроудобрений Cu+Mo-хелата и Cu+Zn-хелата как отдельно, так и в сочетании с аммиачной селитрой и сульфатом аммония. Применение удобрений также способствовало увеличению количества растений, стеблей, колосьев, высоты растений, длины главного колоса,

количества зерен в главном колосе и массы 1000 зерен по сравнению с контролем.

4. Наивысшее содержание азота в зерне озимой пшеницы сортов Поволжская 86 (2,7-2,8%) и Светоч (3,1-3,4%) отмечалось в вариантах при совместном применении микроудобрений с аммиачной селитрой.

Вынос азота при совместном применении микроудобрений с азотными удобрениями достигал у сорта Поволжская 86 – 91-100 кг/га, у сорта Светоч – 118-149 кг/га за ротацию. В большей степени на вынос азота из почвы с зерном урожая озимой пшеницы сортов Поволжская 86 и Светоч повлияло совместное применение микроудобрений с аммиачной селитрой.

5. Наибольшее содержание белка (17-18%) в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 отмечалось в вариантах с применением предпосевной обработки семян микроудобрением Cu+Zn-хелата как отдельно – увеличение белка на 18%, так и в сочетании с различными азотными удобрениями – увеличение на 19-26%. Наивысшее содержание белка (17-19%) в зерне озимой пшеницы сорта Светоч было на фоне отдельного применения Cu+Zn-хелата, увеличение значений на 11,4%, а также при совместном действии Cu+B-хелата и азотных удобрений – увеличение белка на 18-22%.

6. Наивысшая протеолитическая активность ферментов в зерне озимой пшеницы отмечалась у сорта Поволжская 86 – в вариантах с применением микроудобрения Cu+B-хелата в сочетании с сульфатом аммония и Cu+B-хелата с мочевиной, а у сорта Светоч – в вариантах с применением препарата Cu+B-хелата, Cu+Zn-хелата в сочетании с аммиачной селитрой, Cu+Zn-хелата с сульфатом аммония и Cu+Mo-хелата с мочевиной.

7. Наивысшее накопление моно- и дисахаридов в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 отмечалось на фоне применения микроудобрения Cu+Mo-хелата, Cu+B-хелата с сульфатом аммония, Cu+Mo-хелата с аммиачной селитрой и мочевиной. Накопление редуцирующих сахаров в большей степени отмечалось на фоне применения микроудобрения Cu+Mo-хелата как отдельно, так и в сочетании с азотными удобрениями.

8. Содержание крахмала в зерне озимой пшеницы в зависимости от применяемых удобрений находилось в пределах 55-69% – у сорта озимой пшеницы Поволжская 86, и на уровне 55-68% – у

сорта Светоч. Увеличение показателей крахмала в зерне сорта Поволжская 86 было на фоне применения микроудобрения Cu+Mo-хелата – на 8,1%, а также при сочетании Cu+Mo-хелата с аммиачной селитрой и сульфатом аммония – на 22,3% и 19,8%, соответственно. В зерне сорта Светоч наблюдалось повышение крахмала при отдельном применении Cu+Mo-хелата – на 14,8%, а также при сочетании Cu+Mo-хелата с сульфатом аммония и мочевиной – на 21,1 и 22,5%, соответственно.

9. Наибольшая суммарная амилолитическая активность ферментов в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 отмечалась при совместном применении микроудобрения Cu+Zn-хелата с аммиачной селитрой, сульфатом аммония и мочевиной, которая составила 186,51; 192,98 и 186,35 мг/г, соответственно. У сорта Светоч наибольшая суммарная активность в зерне отмечалась при комплексном действии микроудобрения Cu+Zn-хелата с аммиачной селитрой – 192,32 мг/г и с сульфатом аммония – 186,45 мг/г.

10. Экономически и энергетически эффективным оказалось применение предпосевной обработки семян микроудобрениями и подкормки азотными удобрениями. Наивысшая рентабельность отмечалась в вариантах с применением микроудобрения Cu+Mo-хелата в сочетании с подкормкой аммиачной селитрой (140,1%), Cu+Zn-хелата с сульфатом аммония (143,0%) и Cu+Mo-хелата с мочевиной (142,7%).

Затраты антропогенной энергии в вариантах с применением микроудобрений в сочетании с аммиачной селитрой были на уровне 15,13 МДж/га во всех вариантах, что на 33% выше, чем в контрольном варианте. Наименьшие затраты антропогенной энергии можно отметить в контроле (11,38 МДж/га) и в вариантах с обработкой семян Cu+B-хелата, Cu+Mo-хелата и Cu+Zn-хелата (11,78 МДж/га). Энергетическая себестоимость по вариантам опыта была на уровне 3,5-3,9 МДж/т, за исключением варианта с подкормкой аммиачной селитрой, без обработки семян, 4,12 МДж/т. В белке энергетическая себестоимость не превышала 0,89 МДж/т.

11. Показано, что применение предпосевной обработки семян микроудобрениями в сочетании с азотными подкормками эффективно повлияло на увеличение показателей урожайности, а также количественного содержания белка и крахмала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов, Н.И. Влияние основной обработки и гербицида «Тризлак» на фитосанитарное состояние посевов, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / Н.И. Абакумов, Ю.А. Бобкова // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – №4. – С. 26–29.

2. Абрамов А.Г., Абрамова И.Н. Селекционная оценка сортов и гибридов яровой пшеницы на крупность зерна // Вестник ИрГСХА. – 2015. – № 68. – С. 7–11.

3. Агафонов, А.К. Совершенствование приемов возделывания озимой пшеницы на светло–каштановых почвах нижнего Поволжья : дис. … к. с.–х. н.: 06.01.01 / Александр Константинович Агафонов; Волгоградский государственный аграрный университет. – Волгоград. – 2015. – 119 с.

4. Агроклиматические ресурсы Куйбышевской области. Л. : Гидрометеоиздат, 1968. – 208 с.

5. Агроклиматический справочник по Куйбышевской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1956. – 140 с.

6. Акимова, О.И. Формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы в весенне–летний период / О.И. Акимова // Вестник АГАУ. – 2009. – №8. – С. 18–23.

7. Амиров, М.Ф. Улучшение качества зерна яровой твердой пшеницы в лесостепи Поволжья / М.Ф. Амиров // Вестник КрасГАУ. – 2006. – №11. – С. 59–65.

8. Амиров, М.Ф. Влияние уровня минерального питания и микроэлементов на формирование урожая яровой пшеницы / М.Ф. Амиров, Д.И. Толокнов // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 5. – С. 18–20.

9. Анспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок. – Л. : Агропромиздат, 1990. – 272 с.

10. Бабицкий, А.Ф. Взаимосвязь между урожаем и содержанием белка в зерне пшеницы / А.Ф. Бабицкий // Плодородие. – 2008. – № 4. – С. 31 – 32.

11. Бакаева, Н.П. Влияние предшественников, способов основной обработки почвы и удобрений на урожайность и биохимические показатели качества зерна озимой и яровой пшеницы в условиях лесостепи среднего Поволжья / Н.П Бакаева, О.Л. Салтыкова // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 12 – С. 19–23.

12. Бакаева, Н.П. Влияние обработки семян препаратами ЖУСС и подкормки азотными удобрениями на урожайность и содержание белка в зерне озимой пшеницы / Н.П. Бакаева, Ю.А. Шоломов, Н.Ю. Коржавина // АГРОХИМИЯ. – №3. – 2016. – С. 32–38

13. Бакаева, Н.П. Методы выделения белка и его фракций из зерна озимой пшеницы сорта Поволжская-86 / Н.П. Бакаева, Н.Ю. Коржавина // Вестник БГСХА им. В. Р. Филиппова. – №3(40). – 2015. – С. 7–11.

14. Бакаева, Н.П. Влияние обработки семян препаратами ЖУСС и подкормки азотными удобрениями на урожайность и содержание белка в зерне озимой пшеницы / Н.П. Бакаева, Ю.А Шоломов, Н.Ю. Коржавина // АГРОХИМИЯ. – № 3. – 2016. – С. 32–38.

15. Бакаева, Н. П. Влияние крупности зерна на распределение показателей качества зерна сортов яровой пшеницы / Н. П. Бакаева // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры : Научные труды международной научно–практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье, Казань, 13–14 ноября 2019 года. – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 32–36. – EDN FPFQIK

16. Бакаева, Н. П. Формирование белково–протеазного комплекса созревающего зерна яровой пшеницы / Н. П. Бакаева // Инновационные технологии в полевом и декоративном растениеводстве : материалы III Всероссийской (национальной) научно–практической конференции, Курган, 08 апреля 2019 года. – Курган : Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2019. – С. 42–47. – EDN OMJJQB

17. Бакаева, Н. П. Влияние технологии возделывания яровой пшеницы на агрофизические свойства почвы и урожайность / Н. П. Бакаева, Ю. А. Гниломедов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 30–34. DOI 10.12737/29838 – EDN YZDSRZ.

18. . Бакаева, Н. П. Влияние погодных условий, систем обработки почвы и удобрений на структуру урожая и качество зерна яровой пшеницы / Н. П. Бакаева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4. – С. 12–19. DOI 10.12737/33173 – EDN OXVYWS

19. Бакаева, Н. П. Урожайность и оценка качественных показателей зерна яровой пшеницы в агротехнологии / Н. П. Бакаева // Инновационные достижения науки и техники АПК : сборник научных трудов Международной научно–практической конференции. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – С. 11–16. – EDN IRMLOI.

20. Бакаева, Н. П. Агротехнологии и их влияние на устойчивость к стрессу растений яровой мягкой пшеницы / Н. П. Бакаева, О. Л. Салтыкова // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы X Международной научно–практической конференции. – Ульяновск : Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2020. – С. 3–6. – EDN JRPCPA.

21. Бакаева, Н. П. Качественные показатели белково–углеводного комплекса зерна яровых зерновых культур при биологизации земледелия / Н. П. Бакаева // Актуальные проблемы селекции, семеноводства и сохранения плодородия почв : сборник научных трудов. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. – С. 133–138. – EDN BJJWTL.

22. Бакаева, Н. П. Органо–минеральные удобрения в агротехнологии яровой пшеницы среднего Поволжья / Н. П. Бакаева // Развитие научного наследия великого учёного на современном этапе : сборник научных трудов. – Махачкала : Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова, 2021. – С. 27–33. – EDN UPRDCG.

23. Бакаева, Н. П. Реализация интенсивных технологий возделывания яровой пшеницы в среднем Поволжье / Н. П. Бакаева, О. Л. Салтыкова // Биотехнологические приемы производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сборник научных трудов. – Курск : Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 223–228. – EDN HGXEVL.

24. Бакаева, Н. П. Эффективность азотных удобрений по окупаемости прибавкой урожая при возделывании яровой мягкой пшеницы / Н. П. Бакаева // Самара АгроВектор. – 2021. – Т. 1, № 1. – С. 2–9. – DOI 10.55170/77962_2021_1_1_2. – EDN HUZFRN.

25. Бакаева, Н. П. Влияние азотсодержащих удобрений на азотный режим почвы, ростовые и продукционные процессы яровой пшеницы / Н. П. Бакаева, О. Л. Салтыкова, Е. Х. Нечаева // Агрофизика. – 2022. – № 2. – С. 20–27. – DOI 10.25695/AGRPH.2022.02.04. – EDN CXYTBE.

26. Бакаева, Н. П. Реализация принципов органического земледелия при возделывании яровой пшеницы сорта Тулайковская 10 в лесостепи Заволжья / Н. П. Бакаева // Экология и природопользование: тенденции, модели, прогнозы, прикладные аспекты : материалы Национальной научно–практической конференции. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 26–32. – EDN YXAGIB.

27. Бакаева, Н. П. Эффективность применения соломы в технологии возделывания яровой пшеницы в условиях Среднего Поволжья / Н. П. Бакаева // Достижения и перспективы научно–инновационного развития АПК : материалы IV Всероссийской (национальной) научно–практической конференции, Курган, 16 февраля 2023 года. – Курган : Курганский государственный университет, 2023. – С. 313–317. – EDN JRYZUK.

28. Бакаева, Н. П. Продуктивность яровой твердой пшеницы по комплексу количественных признаков в условиях лесостепи Поволжья / Н. П. Бакаева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 4. – С. 29–37. – DOI 10.55471/19973225_2023_8_4_29. – EDN IOTMDF

29. Бакаева, Н. П. Стимулирующее действие биологически активных веществ на начальные ростовые процессы яровой пшеницы / Н. П. Бакаева, О. Л. Салтыкова, С. Р. Раков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3. – С. 19–28. – DOI 10.55471/1997–3225–2024–9–3–19–28. – EDN UBFRIM.

30. Балашов, В.В. Отзывчивость сортов озимой мягкой пшеницы на основную обработку черного пара и технологии посева / В.В. Балашов, В.Н. Левкин // Известия НВ АУК. – 2007. – №1. – С. 1–3.

31. Баранова, Э.В. Продуктивность яровой пшеницы при применении биопрепаратов и микроэлементов в условиях Приамурья // Вестник АГАУ. –2009. – №12. – С. 18–20.

32. Барсукова, С. В. Формирование белково–углеводного комплекса зерна ячменя в зависимости от погодных условий и видов подкормки растений / С. В. Барсукова, Н. П. Бакаева // Актуальные проблемы современной науки. Естественные науки : Труды 1–го Международного форума (6–й Международной конференции молодых ученых и студентов), Самара, 12–15 сентября 2005 года. Том 23. – Самара : Самарский филиал Университета Российской академии образования, 2005. – С. 12–14. – EDN EDQIJL.

33. Безуглова, О.С. Новый справочник по удобрениям и стимуляторам роста / О.С. Безуглова. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2003. – 384 с.

34. Беркутова, Н.С. Методы оценки и формирования качества зерна / Н.С. Беркутова. – М. : Росагропромиздат, 1991. – 206 с.

35. Благовещенский, А.В. Биохимия обмена азотсодержащих веществ / А.В. Благовещенский. – М. : Изд–во АН СССР, 1958. – 104 с.

36. Бобренко, И.А. Эффективность разных приемов применения цинковых удобрений под яровую пшеницу в условиях западной Сибири / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, Н.В. Шувалова // ОНВ. – 2012. – №1–108. – С. 142–145.

37. Боженко, В.П. Микроэлементы и проблема устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / В.П. Боженко // Физиологическая роль и практическое применение микроэлементов. – Рига, 1976. – С.110–123.

38. Бровкин, В.И. Как повысить урожай озимой пшеницы / В.И. Бровкин, С.Ф. Соколенко // Защита и карантин растений. – 2010. – №11. – С. 20–22.

39. Бугаевский, В.К. Применение мочевины для питания и защиты озимых колосовых / В.К. Бугаевский, В.М. Кильдюшкин, В.А. Корнев, Г.М. Лесовая, Е.Г. Животовская // Земледелие. – 2005. – № 2. – С. 31–32.

40. Вакалова, Е.А. Влияние опудривания семян микроэлементами (Zn, Cu, Mn) на урожайность и качество яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири / Е.А. Вакалова // Сборник научных трудов ГНУ СНИИЖК, 2013. – №6. – С. 166–170.

41. Вакар, А.Б. Клейковина пшеницы / А.Б. Вакар. – М. : Изд, АН СССР, 1961. – 252 с.

42. Вакар, А.Б. Белковый комплекс клейковины. Растительные белки и их биосинтез / А.Б. Вакар. – М.: Наука, 1975. – С. 38–58.

43. Васильев, И.П. Практикум по земледелию / И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев [и др.]. – М. : Колос, 2004. – 424 с.

44. Васильченко, Н.И. Агрогенная трансформация азота в почвах Северного Казахстана / Н.И. Васильченко // Вестник АГАУ. – 2014. – №6 (116). – С. 67–71.

45. Васин, В.Г. Энергетическая эффективность полевых агро–фитоценозов в Среднем Поволжье : учебное пособие / В.Г. Васин, А.А. Толпекин, С.Н. Зудилин, А.В. Зорин, О.П. Кожевникова. – Самара, 2005. – 124 с.

46. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Беларус. наука, 2011. – 293 с.

47. Вильдфлуш, И. Р. Агроэкономическая оценка применения новых форм удобрений и регуляторов роста при возделывании гороха / И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, О. В. Малашевская // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. –№1. – С.74–78.

48. Вильдфлуш, И. Р. Продуктивность, вынос элементов питания и агроэкономическая эффективность применения макро–, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании яровой и озимой пшеницы / И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, С. Р. Чуйко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №1. – С.23–27.

49. Вильдфлуш И. Р. Эффективность применения микроудобрений в хелатной форме при возделывании яровой пшеницы // И.Р. Вильдфлуш, О.И. Мишура / Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 2 (45). – С. 172–180

50. Волкова, Н.А. Биохимическая характеристика зерна сортов озимой пшеницы и тритикале в условиях Северного Зауралья / Н.А. Волкова // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2014. – №4 (28). – С. 38–39.

51. Волкова, В.А. К вопросу о применении соединений меди в технологии возделывания яровой мягкой пшеницы / В.А. Волкова // Агрохимический вестник. – 2020. – № 2. – С. 68–72.

52. Востроκнутов, С.А. Урожайность и качество озимой пшеницы при использовании средств химизации на черноземе выщелоченном лесостепи Среднего Поволжья : дис. … к. с.–х. н.: 06.01.01 / Сергей Александрович Востроκнутов; ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия». – Пенза, 2012. –149 с.

53. Гаитов, Т.А. Влияние некорневой подкормки на урожай и качество зерна яровой пшеницы / Т.А. Гаитов, Е.А. Кантюкова // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №1. – С. 32–34.

54. Гайсин, И.А. Научные основы регулирования круговорота микро–, макроэлементов в интенсивном земледелии лесостепной зоны Поволжья : автореф. дис. ... д–ра с.–х. наук / И.А. Гайсин. – Москва, 1989. – 44 с.

55. Гайсин, И.А. Микроудобрения в современном земледелии /

И.А. Гайсин, Р.Н. Сагитова, Р.Р. Хабибуллин //Агрохимический вестник. – 2010. – №4. – С. 13–15.

56. Гайсин, И.А. Хелатные микроудобрения: практика применения и механизм действия : монография / И.А. Гайсин, В.М. Пахомова. – Казанский, ГАУ. – Йошкар–Ола, 2014. – 344 с.

57. Гайсин, И.А. Полифункциональные хелатные микроудобрения / И.А. Гайсин, Ф.А. Хисамеева. – Казань : Медок, 2007. – 230 с.

58. Гайсин, И.А. Эффективность некорневой подкормки хелатным микроудобрением в сочетании с азотом в технологии возделывания яровой пшеницы на серых лесных почвах республики Татарстан / И.А. Гайсин, М.Г. Муртазин, С.Г. Муртазина // Зерновое хозяйство. – №2. – 2014. – С.1–7.

59. Генкель, П.А. Основные пути изучения физиологии засухоустойчивости растений / П.А. Генкель // Физиология засухоустойчивости растений. – М. : Наука, 1971. – С. 5–21.

60. Глинушкин, А.П. Влияние синтетических и биологических препаратов на всхожесть семян и выживаемость пшеницы / А.П. Глинушкин, О.О. Белошапкина // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №1. – С. 11–13.

61. Глуховцев, В.В. Влияние агроэкологических факторов на продуктивность и качество зерна сортов озимой пшеницы в условиях лесостепи Самарской области / В.В. Глуховцев, Г.Я. Маслова, Н.И. Китлярова, М.Р. Абдряев // Известия ОГАУ. – 2015. – №2 (52). – С. 39–40.

62. Глуховцева, Н.И. Повышение качества зерна пшеницы / Н.И. Глуховцева. – Куйбышевское книжное издательство, 1977. – 64 с.

63. Головоченко, А.П. Белковый комплекс хлебопекарной пшеницы Среднего Поволжья / А.П. Головоченко, М.Ю. Киселева. – Самара, 2005. – 212 с.

64. Гоман, Н.В. Эффективность предпосевной обработки семян хелатами цинка и меди при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири / Н.В. Гоман, В.В. Попова, И.А. Бобренко, А.А. Гайдар // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2019. – №4 (36). – С. 6–12

65. Горянин, О.И. Агротехнологические основы повышения эффективности возделывания полевых культур на чернозёме обыкновенном среднего Заволжья : дис. … д. с.–х. н.: 06.01.01 / Олег Иванович Горянин; Самарский научно–исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова. – Безенчук. – 2015. – 477 с.

66. Григорьев, Ю.П. Влияние элементов структуры урожая на урожайность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Подтаёжной Зоны Омской области / Ю.П. Григорьев, И.А. Белан //Аграрная Россия. – 2019. – № 5. – С. 3–6.

67. Гридина, С.Б. Ферментативная активность зерновых культур / С.Б. Гридина, Е.П. Зинкевич, Т.А. Владимирцева, К.А. Забусова // Вестник КрасГАУ. – 2014. – №8. – С. 57–60.

68. Губанов, Я.В. Озимая пшеница / Я.В. Губанов, Н.Н. Иванов. – М. : Агропромиздат, 1988. – 303 с.

69. Губарева, В.Т. Эффективность применения микроудобрений Лигнас и Лаварин на озимой пшенице / В.Т. Губарева, В.Н. Зайцев // Научный журнал КубГАУ.– 2010. – № 59(05). – С. 1–11

70. Гулянов, Ю.А. Формирование плотности продуктивного стеблестоя озимой пшеницы при различных уровнях минерального питания в условиях оренбургского Предуралья / Ю.А. Гулянов, Д.Ж. Досов // Известия ОГАУ. – 2012. – №37–1. – С. 45–49.

71. Гулянов, Ю.А. Хозяйственная эффективность урожая озимой пшеницы при адаптации технологических приемов ее возделывания на черноземах южных Оренбургского Предуралья / Ю.А. Гулянов // Научный журнал КубГАУ. – 2006. – №23. – С. 276–280.

72. Гулянов, Ю.А. Экономическая эффективность производства озимой пшеницы в степной зоне Южного Урала // Известия ОГАУ. – 2004. №1–1. С. 88–90.

73. Гулянов, Ю.А. Эффективность жидких удобрительно–стимулирующих составов (жусс) при выращивании озимой пшеницы в Оренбургском Предуралье / Ю.А. Гулянов // Известия ОГАУ. – 2006. – №9–1. – С. 46–48.

74. Денисова, С.И. Хлебопекарные и технологические качества зерна сортов озимой пшеницы в условиях степной зоны южного Урала // Известия ОГАУ. – 2010. – №28–1. – С. 22–25.

75. Добролюбский, О.К. Микроэлементы в сельском хозяйстве / О.К. Добролюбский. – Сельхозгид, 1956. – 64 с.

76. Долгополова, Н.В. Значение озимой и яровой пшеницы в производстве продуктов питания / Н.В. Долгополова, В.А. Скрипин, О.М. Шершнева, Ю.В. Алябьева // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – №5. – С. 52–56.

77. Донгак, М.М Сравнительная оценка селекционных линий мягкой яровой пшеницы на крупность зерна в Лесостепной зоне Республики Тыва // Инновационная наука. – 2016. – № 11–3. – С. 34–36.

78. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

79. Дубовик, Д.В. Влияние агротехнических приемов в различных погодных условиях на урожай зерна озимой пшеницы / Д.В. Дубовик, Д.Ю. Виноградов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №4. – С. 44–46.

80. Дубовик, Д.В. Влияние климатических условий года на качество зерна озимой пшеницы / Д.В. Дубовик // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – №6. – С. 51–52.

81. Дубовик, Д.В. Влияние климатических условий года на урожайность озимой пшеницы / Д.В. Дубовик, Д.Ю. Виноградов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №7. – С. 46–47.

82. Дулов, М.И. Ресурсосберегающие технологии при возделывании озимой пшеницы в условиях лесостепи среднего Поволжья / М.И. Дулов, О.А. Блинова // АВУ. – 2007. – №4. – С. 37–40.

83. Дэвис, Д. Биохимия растений / Д. Дэвис, Дж. Джованелли, Т. Рис. – М. : Мир, 1996. – 217 с.

84. Емельянова, Н.А. Пшеница и ее улучшение / Пер. с анг. Н.А. Емельяновой, Н.М. Резниченко. – М. : Колос, 1970. – 519 с.

85. Егорцева, А. В. Динамика содержания минеральных форм азота и подвижной серы в почве при возделывании яровой пшеницы сорта Кинельская Юбилейная / А. В. Егорцева // Константиновские чтения : сборник научных трудов II международной студенческой научно–практической конференции молодых ученых, аспирантов, студентов, Кинель, 08 февраля 2024 года. – Кинель : ИБЦ Самарский ГАУ, 2024. – С. 163–168. – EDN KKKSRK

86. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош, Ю.В. Перуанский, Г.А. Луковникова, М.И. Иконникова. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 430 с.

87. Ермохин, Ю.И. Величина накопления доступного азота почвы в динамике под растениями козлятника восточного и его практическое использование / Ермохин Ю.И., Илюшкина О.В., Ильичев В.Н. // ОНВ. – 2015. – №138. – С. 88–90.

88. Ерошенко, Ф.В. Фотосинтетическая деятельность посевов высокорослых и короткостебельных сортов озимой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания / Ф.В. Ерошенко // Известия ОГАУ. – 2010. – №27–1. – С. 221–224.

89. Жарихина, А.А. Формирование качества зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания и применения фиторегуляторов в условиях Центрального района Нечерноземной зоны : дис. …к. б. н.:03.01.05 – Анастасия Аркадьевна Жарихина; Российская государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва, 2013. – 139 с.

90. Жданов, В.М. Урожайность яровой мягкой пшеницы в оренбургском Предуралье / В.М. Жданов, В.Ю. Скороходов, Ю.В. Кафтан // Известия оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – №1(51). – С. 24–26.

91. Железова, С.В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в полевом опыте центра точного земледелия / С.В. Железова, И.Ф. Шамбинго, А.В Мельников, Е.В. Березовский // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. –№10(120). – С.10–14.

92. Жемела, Г.П. Справочник по качеству зерна / Г.П. Жемела, Л.П. Кучумова З.Ф. Аниканова. – Киев : Урожай, 1988. – 216 с

93. Забродкин, А.А. Влияние различных способов обработки почвы на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / А.А. Забродкин // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – №2. – С. 28–31.

94. Завалин, А.А. Азотное питание и продуктивность сортов яровой пшеницы / А.А. Завалин. – М. : Агроконсалт, 2003. – 153 с.

95. Захарова, Н.Н., Захаров Н.Г. Продуктивность колоса как элемент структуры урожайности озимой мягкой пшеницы в условиях Лесостепи Среднего Поволжья // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы IX Междунар. науч.–практ. конф. – Ульяновск, 2018. С. 8–11

96. Зверева, Н.А. Влияние погодных условий и природной зоны возделывания на качество зерна яровой пшеницы в амурской области / Н.А. Зверева, М.В. Терёхин, Л.Н. Мищенко // Вестник АГАУ. – 2013. – №4 (102). – С. 10–13.

97. Зверева, Н.А. Сравнительная характеристика технологических, биохимических качеств зерна яровой пшеницы дальневосточной селекции / Н. А. Зверева, М.В. Терехин, Р.В. Рукосуев, Л.Н. Мищенко, О.В. Манзюк // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – №3. – С. 38–41.

98. Зеленский, Н.А. Влияние элементов технологии выращивания на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы / Н.А. Зеленский, М.И. Текиева // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. – 2012. – №78. – С. 675–685.

99. Зенкова, Н.А. Влияние погодно–климатических условий на качество зерна яровой мягкой пшеницы на Южном Урале // Известия ОГАУ. – 2004. – №4–1. – С. 31–32.

100. Зотиков, В.И. Зависимость урожайности и качества зерна озимой пшеницы от условий выращивания / В.И. Зотиков, З.И. Глазова, Р.В. Клёнов // Вестник ОрелГАУ. – 2007. – №4. – С. 5–6.

101. Иванищев, В. В. Цинк в природе и его значение для растений / В. В. Иванищев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2022. – № 2. – С. 35–49. – DOI 10.46689/2218–5194–2022–2–1–35–49. – EDN EKDQHY.

102. Ильченко, В. Е. Роль агрофона в формировании углеводно–амилазного комплекса зерна пшеницы : дис. … канд. техн. наук : 03.00.04 / Виталий Евгеньевич Ильченко; ГОУ ВПО Московский государственный университет пищевых производств. – Москва, 2008. – 147 с.

103. Ионова, Н.Э. Роль отдельных органов в продукционном процессе у растений яровой пшеницы разного эколого–географического происхождения / Н.Э. Ионова, Л.П. Хохлова, Р.Н. Валиуллина, Э.Ф. Ионова // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – № 1. – С. 60–67.

104. Исайчев, В.А. Влияние регуляторов роста и хелатных микроудобрений на урожайность и показатели качества гороха и озимой пшеницы / В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, Ф.А. Мударисов // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2012. – №1 (17). – С. 12–16.

105. Исайчев, В.А. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян регуляторами роста / В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, А.В. Каспировский // Вестник Ульяновской ГСХА. –2013. – №3 (23). – С. 14–19.

106. Ишкова, С.В. Агроэкологическая характеристика земель сельскохозяйственного назначения лесостепной зоны Самарской области / С.В. Ишкова // АВУ. – 2012. – №12 (104). – С. 42–44.

107. Кабата–Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях : Пер. с англ./ А. Кабата–Пендиас, Х. Пендиас. – Мир, 1989. – 439 с.

108. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 512 с.

109. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. – М. : Колос, 1980. – 319 с.

110. Казаков, Е.Д. О теоретических основах образования клейковины / Е.Д. Казаков // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 1992. – №5–6. – С. 5–7.

111. Каракулев, В.В. Сравнительная оценка качества зерна озимых зерновых культур / В.В. Каракулев, Л.В. Иванова, Д.В. Шустер // Известия ОГАУ. 2012. – №35–1. – С. 49–50.

112. Каракулев, В.В. Сравнительная продуктивность озимых культур по чёрному пару на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / В.В. Каракулев, Д. В. Шустер // Известия ОГАУ. – 2011. – № 30–1. – С.45–46.

113. Карачева, Г.С. Результаты селекционной работы по зерновым культурам в Дальневосточном НИИСХ/ Г.С. Карачева // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №6. – С.17–18.

114. Каталымов, М.В. Микроэлементы и их роль в повышении урожайности / М.В. Каталымов. – Москва : Госхимиздат, 1960 – 75 с.

115. Коданев, И.М. Повышение качества зерна / И.М. Коданев. – М. : Колос, 1976. – 304 с.

116. Коданев, И.М. Агротехника и качество зерна / И.М. Коданев. – М. : Колос, 1970. – 232 с.

117. Козьмина, Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Н.П. Козьмина. – М. : Колос, 1976. – 375 с.

118. Козьмина, Н.П. Биохимия хлебопечения. – М. : Пищевая промышленность, 1978. – 278 с.

119. Козьмина, Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Н.П. Козьмина, В.Л. Кретович. – М. : Заготиздат, 1951. – 350 с.

120. Конарев, В.Г. Белки пшеницы / В.Г. Конарев. – М. : Колос, 1980. – 351 с.

121. Кондратенко, Е.П. Накопление углеводов и жира в зерне озимых культур в зависимости от сортовых особенностей / Е.П. Кондратенко, О.Б. Константинова, О.М. Соболева, Е.А. Ижмулкина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 8 (130). – 2015. – С. 27–34.

122. Коновалов, Ю.Б. Формирование продуктивности колоса яровой пшеницы и ячменя / Ю.Б. Коновалов. – М. : Колос, 1981. – С. 176.

123. Кореньков, Д.А. Минеральные удобрения и их рациональное применение / Д.А. Кореньков. – М. : Россельхозиздат, 1973. – 176 с.

124. Корчагин, В.А. Концепция воспроизводства плодородия черноземных почв степных районов Среднего Заволжья / В.А. Корчагин, О.И. Горянин, С.В. Обущенко, А.П. Чичкин // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – №5–3. – С. 1081–1084.

125. Корякина, В.Ф. Микроэлементы на сенокосах и пастбищах / В.Ф. Корякина. – Л. : Колос, 1974. – 168 с.

126. Костин, В.И. Влияние биопрепаратов на качество и мукомольные показатели зерна озимой пшеницы / В.И. Костин, О.В. Костин, О.Г. Музурова // Вестник Ульяновской ГСХА. –2012. – №1 (17). – С. 27–31.

127. Костин, В.И. Физиологические аспекты применения физических факторов, микроэлементов и регуляторов роста для повышения засухоустойчивости растений / В.И. Костин, В.А. Исайчев, С.Н. Решетникова // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2014. – №3 (27). – 58–67.

128. Кочетов, Г.А. Практическое руководство по энзимологии / Г.А. Кочетов. – М. : Высшая школа, 1971. – 270 с.

129. Кретович, В.Л. Биохимия зерна / В.Л. Кретович. – М. : Наука, 1981. – 151 с.

130. Кретович, В.Л. Биохимия зерна и хлеба / В.Л. Кретович. – М. : АН СССР, 1958. – 136 с.

131. Кретович, В.Л. Биохимия растений / В.Л. Кретович. – М. : Высш. школа, 1980. – 445 с.

132. Кривобочек, В. Г. Реакция сорта яровой мягкой пшеницы Архат на применение комплексных удобрений / В. Г. Кривобочек, С. А. Семина, Н. И. Остробородова // Нива Поволжья. – 2017. – №2 (43). – С.24–27.

133. Крупнова, О.В. Связь величины содержания белка и натурной массы зерна яровой мягкой пшеницы // Агрохимия. – 2010. – №11. – С. 59–62

134. Кудашкин, М.И. Эффективность подкормок медью и марганцем и динамика содержания этих элементов в почвах / М.И. Кудашкин, М.М. Гераськин, И.И. Игонов // Земледелие, 2008. – №3. – С. 18–20.

135. Кузнецова, Н.А. Продукционные и физиолого–биохимические процессы яровой пшеницы в связи с качеством урожая при некорневой обработке микроудобрением ЖУСС–2 : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.А. Кузнецова. –Казань : КГАУ. – 2010. – 19 с.

136. Кшникаткина, А.Н. Комплексные водорастворимые удобрения, регуляторы роста и бактериальные препараты в технологии возделывания яровой тритикале / А.Н. Кшникаткина // Земледелие. – 2017. – №1. – С.40–43.

137. Кшникаткина, А.Н. Эффективность применения регуляторов роста, комплексных удобрений и бактериальных препаратов при возделывании полевого гороха (pisum arvense l.) / А. Н. Кшникаткина, П. Г. Аленин // Нива Поволжья. – 2011. – №2(19). – С. 22–27.

138. Кудашкин, М.И. Средства защиты растений, макро– и микроудобрения в технологии возделывания озимой пшеницы интенсивного типа в системе ландшафтного земледелия / М.И. Кудашкин, Ш.И. Ахметов, А.В. Павлинов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – №9 (71). –2010. – С. 5–8.

139. Кудашкин, М.И. Урожайность и качество озимой пшеницы в зависимости от вида пара, сроков посева, макро–и микроудобрений / М.И. Кудашкин, И.А. Гайсин // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №3. – 10–13.

140. Кузина, Е.В. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы / Е.В. Кузина, Т.Н. Леонтьева, О.Н. Логинов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – №3–5. – С. 1649–1652.

141. Кузнецова, Н.А. Продукционные и физиолого–биохимические процессы яровой пшеницы в связи с качеством урожая при некорневой обработке микроудобрением ЖУСС–2 : дис. … канд. биол. наук : 03.01.05 / Наталия Анатольевна Кузнецова ; ФГБОУ ВПО Казанский государственный аграрный университет. – Москва, 2010. – 221 с.

142. Кузьминых, А.Н. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество зерна озимой ржи и яровой пшеницы / А. Н. Кузьминых // Научное обеспечение инновационного развития АПК : сб. докладов Всероссийской научно–практической конференции, посвященной 90–летию государственности Удмуртии. – Ижевск : Ижевская ГСХА, 2010. – С. 131–135.

143. Кулеватова, Т.Б. О качестве зерна озимой пшеницы / Т.Б. Кулеватова, Л.В. Андреева, Д.В. Кайргалиев, Е.А. Лихолетов // Известия НВ АУК. – 2014. – №4 (36). – С. 1–5.

144. Кумаков, В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы / В.А. Кумаков. – М. : Колос, 1985. – 270 с.

145. Кумаков, В.А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии / В.А. Кумаков. – М. : Росагропромиздат, 1988. – 104 с.

146. Куркаев, В.Т. Сельскохозяйственный анализ и основы биохимии растений / В.Т. Куркаев [и др.]. – М. : Колос, 1977. – 240 с.

147. Кучеров, Д.И. Влияние условий выращивания на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / Д.И. Кучеров // Вестник КрасГАУ. – 2007. – №2. – С. 321–323.

148. Лабынцев, А.В. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы и кукурузы на зерно при различных уровнях интенсивности технологий / А.В. Лабынцев, В.В. Губарева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – № 4(08). – 2012. – С. 46–55.

149. Лазарева, Л.В. Состав зерна озимой ржи и ячменя и активность амилолитических ферментов при различных условиях питания растений : дис. … канд. биол. наук : 03.00.04 / Лидия Васильевна Лазарева ; Российская государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва, 1973. – 143 с.

150. Лапшинов, Н.А. Содержание нитратного азота в паровом поле при различных системах обработки почвы / Н.А. Лапшинов, А.Л. Пакуль, Г.В. Божанова, В.Н. Пакуль // МНИЖ. – 2015. – №10–3 (41). – С. 36–39.

151. Лебедовский, И.А. Влияние микроэлементов на продуктивность и качество озимой пшеницы, возделываемой на черноземе выщелоченном западного Предкавказья / И.А. Лебедовский, И.В. Шабанова, Е.А. Яковлева // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. – 2012. – №82. – С. 1–11.

152. Леонова, С.А. Ферментативная активность зерна пшеницы различной крупности/ С.А. Леонова // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2010. – №2–3. – С. 13–14.

153. Лобанов, В.Г. Методы выделения и определения активности протеиназ, применяемых в пищевой технологии / В.Г. Лобанов, М.В. Ксенз // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2002. – №2–3. – С. 66–68.

154. Лухменев, В.П. Интегрированная система защиты озимой пшеницы от вредителей, болезней и сорняков в Предуралье / В.П. Лухменев // Известия ОГАУ. – 2014. – №1. – С. 149–153.

155. Макарова, Е. П. Изменение физических свойств и урожая зерна яровой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и удобрений / Е. П. Макарова // Современные проблемы агропромышленного комплекса : сборник научных трудов 72–й Международной научно–практической конференции, Самара, 19 июня 2019 года. – Самара : Самарский государственный аграрный университет, 2019. – С. 33–36. – EDN YDWDWW

156. Малахова, А.А. Оптимизация сроков и норм посева сортов озимой пшеницы в Подзоне светло–каштановых почв волгоградской области : дис. … к. с.–х. н. : 06.01.01 / Алла Александровна Малахова;

Волгоградский государственный аграрный университет. – Волгоград, 2014. – 129 с.

157. Мамадюсуфова, М. Г. Содержание крахмала и белка пшеницы и её диких сородичей, произрастающих в разных условиях / М.Г. Мамадюсуфова, И.А. Сабоиев, М.М. Рахимов, Ф.Ю. Насырова, К.А. Алиев // ДАН РТ. – 2013. – №10. – С. 832–836.

158. Марченко, Д.М. Взаимосвязи между урожайностью и элементами ее структуры у сортов мягкой озимой пшеницы/ Д.М. Марченко // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. – 2011. – №68. – С. 1–12.

159. Мельник, А.Ф. Об элементах агротехники, продуктивности и качестве зерна у озимой в условиях орловской области / А.Ф. Мельник, В.А. Фомочкин // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – №1. – С. 122–124.

160. Мельник, А.Ф. Формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы / А.Ф. Мельник, А.Ф. Мартынов // Вестник Орел ГАУ. – 2012. – №2. – С. 10–13.

161. Мельников, А.В. Формирование урожая и технологических свойств зерна современных сортов и новых генотипов озимой мягкой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны : дис. … канд. с.–х. н. 05.18.01; 06.01.01 / Андрей Валерьевич Мельников ; ФГБОУ ВПО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. – Москва, 2012. –190 с.

162. Микроэлементы в сельском хозяйстве / С.Ю. Булыгин [и др.]. – Днепропетровск : «Січ», 2007. – 100 с.

163. Минеев, В.Г. Агрохимические основы повышения качеств зерна пшеницы / В.Г. Минеев, А.Н. Павлов. – М. : Колос, 1981. – 288 с.

164. Моисеева, А.И. Технологические свойства пшеницы / А.И. Моисеева. – М. : Колос, 1975. – 110 с.

165. Морару, С.А. Озимая пшеница / С.А. Морару. – Кишенев : Картя Молдовеняскэ, 1987. – 400 с.

166. Мосолов, И.В. Физиологические основы применения минеральных удобрений/ И.В. Мосолов. – М. : Колос, 1968. –175 с.

167. Муртазин, М.Г. Эффективность способов применения медь–, молибденсодержащих хелатных микроудобрений (ЖУСС) при возделывании яровой пшеницы : дис. … канд. с.–х. наук / М.Г. Муртазин. – Казань, 2002. – 195 с.

168. Муртазин, М.Г. Стимулирующее и защитное действие препаратов ЖУСС при обработке семян / М.Г. Муртазин, Ф.А. Хисамеева, Р.Н.Сагитова // Агрохимический вестник. – 2006. – №4. – С.7–9.

169. Мусынов, К.М. Озимые зерновые культуры на севере Казахстана : монография / К.М. Мусынов. – Астана, 2007. – 136 с.

170. Мухитов, Л.А. Технологические показатели качества зерна сортов яровой мягкой пшеницы оренбургской селекции в лесостепи оренбургского Предуралья / Л.А. Мухитов, А.В. Косилов // Известия ОГАУ. – 2011. – №31–1. – С. 22–25.

171. Ненько, Н.И. Влияние регулятора роста фуролан на формирование белкового комплекса зерна озимой пшеницы / Н.И. Ненько, В.В. Гаража, Е.В. Суркова, Ю.С. Поспелова, В.К. Плотников, Н.А. Кузембаева // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2006. – №2–3. – С. 87–91.

172. Нестерова, Л.Б. Запасы гумуса и азота в почвах / Л.Б. Нестерова, И.Г. Брыкина // Вестник АГАУ. – 2004. – №4. – С. 73–75.

173. Нецветаев, В.П. Варианты глиадина и количество дисульфидных связей в белковом комплексе мягкой пшеницы / В.П. Нецветаев, М.М. Копусь, Т.А. Рыжкова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №5. – С. 1–8.

174. Никитин, С.Н. Эффективность применения удобрений, биопрепаратов и диатомита в лесостепи среднего Поволжья : дис. … д. с.-х. н. : 06.01.04. / Сергей Николаевич Никитин; Ульяновский научно–исследовательский институт сельского хозяйства. – Ульяновск. – 2014. – 272 с.

175. Никитина, Е.В. Биотехнологические аспекты применения амилолитических ферментов в пищевой промышленности / Е.В. Никитина, О.А. Решетник, Р.А. Губайдуллин // Вестник казанского технологического университета. – 2013. – №13. – С. 148–153.

176. Никляев, В.С. (ред.) Основы технологии сельскохозяйственного производства. Земледелие и растениеводство. – М. : Былина, 2000. – 555 с.

177. Ниловская, Н.Т. Приемы управления продукционным процессом озимой пшеницы агрохимическими средствами при низких температурных воздействиях различных погодных условиях выращивания / Н.Т. Ниловская, Н.М. Карманенко. – М. : ВНИИА, 2009. – 120 с.

178. Новичкова, Е.А. Некоторые аспекты вегетации озимой пшеницы в зоне действия электромагнитного поля в условиях Самарской

области / Е.А. Новичкова, В.Г. Подковкин, М.Ю. Маслов // Вестник СамГУ. – 2010. – №76.

179. Носатовский, А.И. Пшеница. Биология / А.И. Носатовский. – М. : Колос, 1965 – 568 с.

180. Обущенко, С.В. Агроэкологическое обоснование систем воспроизводства почвенного плодородия в полевых севооборотах среднего Заволжья : дис. … д. с.–х. н.: 06.01.01. / Сергей Владимирович Обущенко; Самарский научно–исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М.Тулайкова Российской академии сельскохозяйственных наук. – Самара, 2014. – 329 с.

181. Обущенко, С.В. Мониторинг содержания микроэлементов и тяжёлых металлов в почвах Самарской области / С.В. Обущенко, В.В. Гнеденко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №7. – С. 30–34.

182. Обущенко, С.В. Научное обоснование систем воспроизводства почвенного плодородия / С.В. Обущенко, В.В. Гнеденко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №1. – С. 111–112.

183. Опенько, В.И. Влияние интенсификации приемов выращивания озимой пшеницы на содержание минерального азота в почве / В.И. Опенько // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. – 2012. – №75(01). – С. 1–11.

184. Отчет о НИР. Разработка экологически безопасных энергосберегающих основных элементов систем земледелия и агротехнологий возделывания полевых культур, адаптированных к условиям лесостепи самарской области. – Кинель : СГСХА, 2015. – 81 с.

185. Павлов, А.Н. Закономерности накопления белка в зерне пшеницы и их значение для селекции на качество урожая / А.Н. Павлов. – М. : Наука, 1974. – 337 с.

186. Павлов, А.Н. Повышение содержания белка в зерне / А.Н. Павлов. – М. : Наука, 1984. – 119 с.

187. Панасин, В.И. Микроэлементы и урожай / Предисл. Б.А. Ягодина. – Калининград : Калининградское кн. Изд–во, 2000 – 276 с.

188. Панасин, В.И. Изучение новых микроудобрений для подкормки озимой пшеницы / В.И. Панасин, Д.А. Рымаренко // Агрохимический вестник. – 2013. – № 2. – С. 4–6.

189. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 512 с.

190. Пасынкова, Е.Н. Агрохимические приемы регулирования

урожайности и качества зерна пшеницы : дис. … д-ра. биол. наук : 06.01.04 / Елена Николаевна Пасынкова; Зональный научно–исследовательский институт сельского хозяйства Северо–Востока имени Н.В. Рудницкого Российской академии сельскохозяйственных наук. – Москва, 2014. – 340 с.

191. Пасынкова, Е.Н. Роль колоса, листьев, стеблевых узлов и междоузлий в накоплении белка в зерне яровой пшеницы / Е.Н. Пасынкова, А.А. Завалин // Достижения науки и техники АПК. 2012. – №9. – С. 27–29.

192. Плешков, Б.П. Практикум по биохимии растений / Б.П. Плешков. – М. : Колос, 1976. – 256 с.

193. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков. – М. : Колос, 1980. – 495 с.

194. Половинкина, С.В. Хозяйственно–биологическая оценка линий яровой пшеницы в конкурсном сортоиспытании / С.В. Половинкина, А.В. Полномочнов, В.В. Парыгин // Вестник КрасГАУ. – 2013. – №11. – С. 128–132.

195. Полонский, В.И. Повышенная продуктивность колоса новых линий ячменя определяется экстенсивными показателями / В.И. Полонский, С.А. Герасимов // Вестник КрасГАУ. – 2009. – №4. – С. 58–64.

196. Починок, Х.Н. Методы биохимического исследования растений / Х.Н. Починок. – Киев, 1976. – 297 с.

197. Применение янтарной кислоты и хелата меди в агротехнологии яровой мягкой пшеницы / Н. А. Воронкова, В. А. Волкова, Н. А. Цыганова, Н. Ф. Балабанова, В. Д. Дороненко // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития : сб. науч. тр. – Краснодар : Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 411–414.

198. Прокина, Л. Н. Отзывчивость яровой пшеницы на внесение макро– и микроудобрений в условиях юга Нечерноземной зоны / Л. Н. Прокина // Достижение науки и техники АПК. – 2011. – №7. – С. 31–33.

199. Прохоренко, Н.Б. Морфологические параметры и урожайность у растений яровой пшеницы сорта Люба при оптимизации минерального питания / Н.Б. Прохоренко, В.М. Пахомова, Р.Н. Хабиров, Е.В. Даньшина // Сельскохозяйственная биология. – 2008. – № 5. – С. 43–47.

200. Пряхина, С.И. Асинхронность наступления фаз развития зерновых культур по станции Саратов юго–восток / С.И. Пряхина,

Е.И. Гужова, М.М. Смирнова, А.А. Миронов // Изв. Сарат. ун–та Нов. сер. Сер. Науки о Земле. – 2014. – №1. – С. 27–30.

201. Рабочев, Г.И. Биоэнергетическая оценка технологических процессов в растениеводстве : учебное пособие / Г.И. Рабочев, В.Г. Кутилкин, А.Л. Рабочев. – Самара, 2004. – 112 с.

202. Рахимов, М.М. Аттрагирующая способность колоса пшеницы, выращенной в разных экологических и агротехнических условиях / М.М. Рахимов, М.Б. Ниязмухамедова, Е.А. Гулов, М. Пулодов, Н. Камолов, Ф.А. Косумбекова // ДАН РТ. – 2011. – №6. – С. 504–507.

203. Роглер, Х. Озимая пшеница. Технология возделывания в Германии / Х. Роглер. – Рукопись для семинара от Аграрного консультационного центра Triesdorf Consult в Белгороде, 2006. – 25 с.

204. Рыбась, И.А. Оценка массы 1000 зерен сортов озимой пшеницы по параметрам адаптивности / И.А. Рыбась, А.В. Гуреева, Д.М. Марченко // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 9. – С. 17–19.

205. Рядчиков, В.Г. Улучшение зерновых белков и их оценка / В.Г. Рядчиков. – М. : Колос, 1978. – 368 с.

206. Ряховский, А.В. Направление и степень воздействия минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях центральной зоны Оренбургской области / А.В. Ряховский, Г.Ф. Ярцев, С.И. Лысенко // Известия ОГАУ. – 2005. – №5–1. – С. 33–36.

207. Сабоиев, И.А. Влияние почвенной и атмосферной засухи на продуктивность и содержание крахмала и белка в зерне различных сортов пшеницы / И.А. Сабоиев, Г.Ф. Касымова, А. Абдуллаев, А. Эргашев, Х.Х. Каримов, М.М. Рахимов // ДАН РТ. – 2010. – №2. – С. 148–151.

208. Савчук, Т.Е. Протеолитическая и амилолитическая активность ячменя в период ускоренного старения / Т.Е. Савчук, В.Г. Лобанов, А.И. Гаманченко // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2002. – №5–6. – С. 73–74.

209. Салтыкова, О. Л. Влияние азотного питания яровой пшеницы на удельный вынос и коэффициент использования азота из удобрений в лесостепи Среднего Поволжья / О. Л. Салтыкова, Н. П. Бакаева // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса горных и предгорных территорий : сборник научных трудов. – Владикавказ : Горский государственный аграрный университет, 2023. – С. 185–188. – EDN EDVKNO.

210. Самохвалова, Е.В. Анализ и прогноз всхожести зерновых культур в среднем Поволжье / Е.В. Самохвалова, Н.В. Санина, Л.В. Фадеева // Учен. зап. Казан. ун–та. Сер. Естественные науки. – 2014. – №2. – С. 103–108.

211. Самохвалова, Е.В. Агрометеорологическое обеспечение научных исследований и изучение влияния погодных условий на формирование урожаев сельскохозяйственных культур / Е.В. Самохвалова // отчет о НИР (промежуточный за 2013 год) – Кинель, 2013. – 62 с. – Инв.№С15.

212. Самохвалова, Е.В. Агрометеорологическое обеспечение научных исследований и изучение влияния погодных условий на формирование урожаев сельскохозяйственных культур / Е.В. Самохвалова // отчет о НИР (промежуточный за 2014 год) – Кинель, 2014. – 75 с. – Инв.№С16.

213. Самохвалова, Е.В. Агрометеорологическое обеспечение научных исследований и изучение влияния погодных условий на формирование урожаев сельскохозяйственных культур / Е.В. Самохвалова // отчет о НИР (промежуточный за 2015 год) – Кинель, 2015. – 68 с. – Инв.№С17.

214. Сафонова, М.П. О протеолитических ферментах зерновок пшеницы / М.П. Сафонова // Эволюционная биохимия растений : сб. науч. трудов. – М. : Наука, 1964. – С. 59.

215. Семина, С. А. Формирование продуктивности яровой мягкой пшеницы при применении регуляторов роста и микроудобрений / С. А. Семина // Нива Поволжья. – 2010. – №3 (16). – С.37–41

216. Сержанов, И.М. Оптимизация системы удобрения и технологических приемов возделывания яровой пшеницы в северной части лесостепи среднего Поволжья : дис. … д-ра. с–х. наук : 06.01.04, 06.01.01 / Игорь Михайлович Сержанов; ФГБОУ ВПО Казанский государственный аграрный университет. – Казань, 2013. – 391 с.

217. Сисо, А.В. Биоэнергетическая оценка различных агроприемов возделывания озимой пшеницы, сахарной свеклы и сои в орошаемом травяно–зернопропашном севообороте / А.В. Сисо, А.В. Югов, В.Н. Герасименко // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. – 2007. – №28. – С. 1–9.

218. Созинов, А.А. Улучшение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы / А.А. Созинов, Г.П. Жемела. – М. : Колос, 1983. – 270 с.

219. Созинов, А.А. Урожай и качество зерна / А.А. Созинов. – М. : Знание, 1976. – 64 с.

220. Сорока, Т.А. Влияние регуляторов роста и микроэлементов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Известия ОГАУ. – 2012. – №1–1. – С. 42–44.

221. Спицына, С.Ф. Агроэкономическая эффективность применения макро–и микроудобрений под яровую пшеницу сорта Алтайская 92 в условиях Алтайского края / С.Ф. Спицына, А.В. Паутова, М.Н. Кострицына, В.В. Рудченко // Вестник АГАУ. – 2004. – №4. – С. 108–111.

222. Сухоруков, А.Ф. Сорта озимой пшеницы Самарского НИИСХ // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №3. – С. 26–28.

223. Сысо, А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири : монография / А.И. Сысо. – Новосибирск : Изд–во СО РАН, 2007. – 227 с.

224. Титков, В.И. Урожай и качество зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от обработки семян микроэлементами / В.И. Титков, В.В. Безуглов, В.М. Лыскин // Известия ОГАУ. – 2009. – №22–2. – С. 21–23.

225. Ториков, В.Е. Перезимовка озимой пшеницы в зависимости от приемов возделывания / В.Е. Ториков, И.И. Фокин // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. – 2010. – №4. – С. 1–7.

226. Третьяков, Н.Н. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков. – М. : Агропромиздат, 1990. – 271 с.

227. Толоконников, А.М. Влияние некорневых подкормок микроэлементами на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А.М. Толоконников, Н.Г. Мязин // Агрохимический вестник. – 2012. –№ 4. – С. 13–14.

228. Толстоусов, В.П. Удобрения и качество урожая / В.П. Толстоусов. – М. : Колос, 1974. – 261 с.

229. Третьяков, Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин [и др.]. – М. : Колос, 1998. – 640 с.

230. Федотова, А. В. Кравченко, Н. А. Тимошина, С. С. Тучин // Нива Поволжья. – 2011.

231. Федин, М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М. – 1985. – 263 с.

232. Халгаева, К.Э. Особенность формирования урожая сортов озимой пшеницы при предпосевной обработке семян БАВ и примене-

нии удобрений на светло–каштановых почвах / К.Э. Халгаева // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. – 2011. – №2 (23). – С. 66–69.

233. Харитонова, С.В. Эффективность предпосевной обработки семян яровой пшеницы регуляторами роста и микроэлементами в условиях степной зоны южного Урала / С.В. Харитонова, В.Б. Щукин, О.Г. Павлова // Известия ОГАУ. – 2009. – №24–1. – С. 7–9.

234. Хусаинов, А.Т. Содержание нитратного азота в черноземных почвах Северного Казахстана / А.Т. Хусаинов, К.Х. Сейдалина // Вестник АГАУ. – 2009. – №3. – С. 27–30.

235. Хузина, Э.Р. Оптимизация применения бактериальных удобрений на яровой пшенице / Э.Р. Хузина, И.Х. Габдрахманов // Агрохимический вестник. – 2009. – № 5. – С. 16–17.

236. Черкасов, Е.А. Характеристика пахотных почв Ульяновской области по содержанию микроэлементов и эффективность применения микроэлементсодержащих препаратов / Е.А. Черкасов, В.А. Исайчев, Б.К. Саматов, С.Н. Никитин // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2012. – №4 (20). – С. 30–34.

237. Чумикина, Л.В. Биохимические особенности изменения белкового и ферментного комплексов и клейковины зерна тритикале при прорастании / Л.В. Чумикина, Л.И. Арабова, А.Ф. Топунов // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2009. – №2–3. – С. 9–12.

238. Чурзин, В.Н. Роль регуляторов роста растений и сортов в повышении урожайности и качества зерна озимой пшеницы на светло–каштановых почвах Волгоградской области / В.Н. Чурзин, Ф.А. Серебряков, В.Ф. Серебряков // Известия НВ АУК. – 2013. – №1–1 (29). – С. 83–86.

239. Шаболкина, Е.Н. Качество зерна новых сортов яровой пшеницы в степном Заволжье / Е.Н. Шаболкина, А.П. Чичкин // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – №11. – С. 29–31.

240. Шеуджен, А.Х. Агроэкологическая эффективность применения микроэлементов на посевах озимой пшеницы / А.Х. Шеуджен, И.А. Булдыкова, Р.В. Штуц // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – №96. – С. – 1–14.

241. Шибаева О.В. Формирование урожая зерна яровой твердой пшеницы в зависимости от технологических приемов возделывания : дис. … канд. с.–х. наук / О.В. Шибаева. – Казань, 2002. – 143 с.

242. Шустер, Д. В. Сравнительная продуктивность озимых куль-

тур по черному пару на черноземах южных Оренбургского Предуралья: дис. … к. с–х. н.: 06.01.01 / Дмитрий Витальевич Шустер ; ФГБОУ ВПО Оренбургский государственный аграрный университет. – Оренбург, 2014. – 119 с.

243. . Эффективность лигногуматов и комплексного удобрения Акварин–12 на культуре картофеля / А.В. Коршунов, А.В. Митюшкин, Н.А. Гаитова, В.К. Климатов, А.В. Митюшкин // Достижение науки и техники АПК. – 2009. – №11. – С.17–19.

244. Эффективность применения микроудобрений на черноземах типичных под озимую пшеницу / О.А. Митрохина, Е.П. Проценко, Т.В. Сапрыкина, А.А. Проценко // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – №2. – С.47–49.

245. Эффективность применения микроудобрений под озимую пшеницу на лугово–черноземной почве Западной Сибири / И.А. Бобренко, В.М. Красницкий, Н.В. Гоман, В.И. Попова // Плодородие. – 2011. – №4. – С. 18–19.

246. Эффективность применения регуляторов роста и микроэлементов в технологии выращивания рапса озимого в Западной лесостепи Украины / А. П. Волощук, И. С. Волощук, В. В. Глива, Р. Ю. Роп, М. И. Корецка, А. О. Распутенко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №2. – С.83–86.

247. Якименко, В.Н. Изменение содержания форм минерального азота и калия в профиле почвы агроценозов / В.Н. Якименко // Вестн. Том. гос. ун–та. – 2009. – №328. – С. 202–207.

248. Янова, М.А. Формирование хлебопекарных свойств зерна пшеницы в условиях Красноярского края / М.А. Янова, Н.П. Братилова, В.Е. Дмитриев // Вестник КрасГАУ. – 2008. – №6. – С. 184–187

249. Ярцев, Г.Ф. Урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы в зависимости от норм высева и воздействия лесополосы в условиях центральной зоны Оренбургской области / Г.Ф. Ярцев, Р.К. Байкасенов // Известия ОГАУ. – 2014. – №6 (50). – С. 16–18.

250. Ястрембович, Н.И. Рост и продуктивность растений / Н.И. Ястрембович, Ф.Л. Калинина // Научные труды. Украинская сельскохозяйственная академия. – Киев, 1962. – 118 с.

251. Allison, F.E. Soil organic matter andits role in crop production / F.E. Allison. – Amsterdam – London – New York : Elsevier Scientific Publishing Company, 1973. – 638 pp.

252. Boisen, S. Protease inhibitors in cereals. Occurrence, properties, physiological role, and nutritional influence / S.Boisen // Acta Agr. Scand. –

1983. – V.33. – №4. – P.371–381.

253. Bolt, G.H. Soil Chemistry. A. Basic Elements / G.H. Bolt, M.G.M. Bruggenwert (ed.). – 2–nd Revised Edition. – Amsterdam – Oxford – New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1978. – 282 pp.

254. Brett, F. Carver. Wheat. Science and Trade / F. Carver Brett. – Wiley–Blackwel, 2009. – 569 pp.

255. Brian, J. Alloway. Zinc in Soils and crop nutrition / J. Alloway. Brian. – 2–nd edition. – Brussels–Paris : International Zinc Association (IZA), International Fertilizer Industry Association (IFA), 2008. – 139 pp.

256. Buonocore, V. Wheat protein inhibitors of a–amylase / V. Buonocore, V. Si–lano // Ann. Exptl.Med. and Biol. – 1986. – P.483–507.

257. Carlile, Bill. Pesticide Selectivity, Health and the Environment / Bill Carlile. – Cambridge University Press, New York, 2006. – 310 p. – пестициды

258. Carter, M.R. Plant and Soil / M.R. Carter, D.A. Rennie. – 1984. – V. 76. – P. 157 – 16.1

259. Chandrasekaran, B. A Textbook of Agronomy / B. Chandrasekaran, K. Annadurai, K. Annadura. – New Age International Publishers, 2010. – 835 pp.

260. Christensen, C.M. Grain Storage. The Role of Fungi in Quality Loss / C.M. Christensen, H.H. Kaufmann. – Minneapolis: University of Minnesota Press, 1969. – 153 pp.

261. Cobb, A.H. Herbicides and Plant Physiology / A.H. Cobb, J.P.H. Reade. – Second edition. – Wiley–Blackwell, 2010. – 286 pp. гербициды и физиол

262. Deverall, B.J. Defence Mechanisms of Plants / B.J. Deverall. – Cambridge University Press, 1977. – 110 p.

263. Duffus, C.M. Starch synthesis and grain growth / C.M. Duffus // Crop Physiology and Cereal Breeding. Proceedings of Eucarpia Workshop (14 – 15 Nov., 1978). – Wageningen, 1979. – P. 45.

264. Fitzpatrick, B. Plant Cells / B. Fitzpatrick. – Chelsea House, 2012. – 119 p.

265. Gauer, L.F. Effects of nitrogen fertilization on grain protein content, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency of six spring wheat (Triticum aestivum) cultivars, in relation to estimated moisture supply / L.F. Gauer, C.A. Grant, D.T. Gehe, L.D. Bailey // Canadian Journal of Plant Science. – 1992. – Vol. 72. – P. 235–241.

266. Heldt, H.–W. Plant Biochemistry / H.–W. Heldt, F. Heldt. – Elsevier, 2005. – 647 p.

267. Heping, Z. Increasing the harvest index of wheat the high rainfall zones of Southern Australia / Z. Heping, N.C. Turner, M.L. Pool // Field Crops Research. – 2012. – Vol. 129. – P. 111–123.

268. Hertel, W. Biosinthesis of wheat proteins / W. Hertel // Getreide Mehl and Brot. – 1974. – P.10–12.

269. Huang, J.–S. Plant Pathogenesis and Resistance: Biochemistry and Physiology of Plant–Microbe Interactions / J.–S. Huang. – Springer Science+Business Media Dordrecht, 2001. – 691 pp.

270. Järvan, M. The effect of sulphur fertilization on yierd, quality of properties of winter wheat / M. Järvan, L. Edesi, A. Adamson, L. Lukme, A. Akk // Agron. Res. – 2008. – № 2. – C. 459–469.

271. Jenkinson, D.S. The nitrogen cycle under continuous winter wheat / D.S. Jenkinkinson, D.S. Powlson , A.F. Johnston // Trans. XIII Congr. Intern. Soc. Soil Sci. Hamburg. – 1986. – P. 793 – 794.–цикл азота

272. Jones, B.J. Agronomic Handbook: Management of Crops, Soils and Their Fertility / B.J. Jones. – CRC Press, 2003. – 450 pp.

273. Kasarda, D.D. Wheat proteins / D.D. Kasarda, J. E. Bernardin, C.C. Nimmo // In: Advances in Cereal Scien and Technology, USA. – 1976 – P. 158–236.

274. Kigel, J. Seed development and germination / J. Kigel, G. Galili (Ed.). – Marcel Dekker, Inc., 1995. – 852 pp.

275. Konvalina, P. Baking quality of winter wheat varieties in organic farming / P. Konvalina, J.Moudry, I. Capouchova // International Conference (422 NJF Seminar) «Fostering Healthy Food Systems through Organic Agriculture – Focus on NordicBaltic Region», Tartu, Aug. 25–27, 2009. Pt 2. Agron. Res. – 2009. – 7, Spec. Issue 2. – C. 612–617.

276. Koslovsky, O. Influence of nitrogen fertilizer injection (CULTAN) on yield, yield components formation and quality of winter wheat grain / O. Koslovsky, J. Balik, J. Cerny, M. Kulhanek at all. // Plant, soil, environment. 2009. – № 12 (55). – P. 536–543 424. Mead, R. Designing experiments for intercropping research / R. Mead, R. Stern // Experimental Agriculture. – 1980. – Vol. 16. – I. 3. – P. 329–342–качество оз пшен

277. Madhava Rao, K.V. Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants / K.V. Madhava Rao, A.S. Raghavendra, Reddy K.Janardhan. – Springer, 2006. – 345 p.

278. Mosier, A.R. Agriculture and the Nitrogen Cycle / A.R. Mosier, J.K. Syers, J.R. Freney (eds). – Island Press, 2004. – 344 pp. азот

279. Muurinen, S. Accumulation and translocation of nitrogen in spring cereal cultivars differing in nitrogen use efficiency / S. Muurinen,

J. Kecemola, P. PeltonenSainio // Agronomy Journal. – 2007. – Vol. 99. – P. 441–449–эфф испол–я азота

280. Pallardy, S.G. Physiology of Woody Plants / S.G. Pallardy. – Third Edition. – Elsevier, 2008. – 454 pp.

281. Peltonen–Sainio, P. Improving cereal protein yields for high latitude conditions / P. Peltonen–Sainio, L. Jauhiainen, E. Nissila // European Journal Agronomy. – 2012. – Vol. 39. – P. 1–8–улучш зерновых белков

282. Pigorev, I.Ya. Elements of biologization in cultivation technology of winter wheat / I.Ya. Pigorev, S.A. Tarasov // Вестник ОрелГАУ. – 2014. – №5. – С. 102–108.

283. Roberts, T.L. Tillage intensity, Crop rotation, and Fertilizer Technology for Sustainable Wheat Production North American Experience / T.L. Roberts, A.M. Johnston // Proceedings of the 7th International Wheat Conference, 27 November–2 December 2005, Mar del Plata, Argentina. – Springer, 2007. – 178–189 pp.

284. Sandstedt, R.M. The function of starch in the baking of bread / R.M. Sandstedt // Barer's Dis., 1961. – V. 35(3). – P. 36–44.

285. Woodman, H.E. A chemical study of the development of the wheat grain / H.E. Woodman, R.L. Engledow // J. Agric. Sci., 1924. – № 4. – P. 14.

АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Агрохимическое обследование почвы 23
Азотистые вещества зерна 56
Азотные удобрения 17
Альбумин 131
Альбит 179
α-Амилазы 164
β-Амилазы 164
Амилолитические ферменты (амилазы) 60, 62, 158
Аминокат 179
Атакуемость крахмала 63
Аттракция 108, 116
Базис сорт озимой пшеницы 90
Без осенней механической обработки 192
Белок 53, 131
Бор 34,38
Биологический урожай 202
Влажность почвы 100
Вспашка 192
Выживаемость растений 201
Вынос N урожаем 126
Глобулины 132
Глютелин131
Диагностика азотного питания 12
Дисахариды 151
Дробное внесение удобрений 16
Запасные белки 55
Зеленит 182
Калий 18, 31
Качество зерна 17, 111
Кинельская 60 сорт яровой пшеницы 91
Кинельская 59 сорт яровой пшеницы 92
Кинельская нива сорт яровой пшеницы 92
Клейковина 112
Клейковинные фракции 175
Климатограмма 66
Количество (число) растений перед уборкой 200
Коэффициент вариации 207
Коэффициент корреляции 170
Коэффициент реализации колоса 110
Крахмал 57, 151, 155
Крахмал в хлебопечении 57
Крупность зерновок 186
Кустистость 106
Кутулукская сорт яровой пшеницы 95
Масса 1000 зерен
Марганец 36, 38
Макроудобрения 28
Медь 34, 38
Микроудобрения 28
Молибден 35, 38
Моносахаридов 152
Накопление углеводов в зерне 58
Налив зерна 56
Натурная масса зерна
Некорневая подкормка 50
Нитратный азот 98
Озимая пшеница 10
Окупаемость прибавкой урожая 196
Оптимизация микроэлементного режима 45
Плотность сложения почвы 100
Поволжская 86 88
Повышения урожайности пшеницы 13
Полевая всхожесть 107
Полнота (число) всходов 200
Посевная годность 201
Предшественники 23

Проламины 132
Протеолитические ферменты (протеазы) 60, 61, 146
Рациональное применение азота 12
Регулирование удобрениями азотного питания 12
Редуцирующие сахара 152
Рентабельность 212
Рыхление 192
Себестоимость 211
Сорт озимой пшеницы Светоч 89
Синтез белка в зерне 55
Система удобрения 23
Солома 194
Состав зерна 53
Сохранность растений 200
Стекловидность зерна 111
Стимулайф 80, 143
Структура урожая 122, 124
Тулайковская 10 сорт яровой пшеницы 96
Углеводы 56, 153
Уравнение регрессии 170
Фенологические наблюдения 105
Ферменты 60
Формирование зерновки 55
Фосфор 18, 30
Фракции белка 133
Хелаты 43
Цинк 36, 38
Чистый доход 211
Элементыв питания 11
Эффективные агротехнологии 194
Яровая пшеница 19

Учебное издание

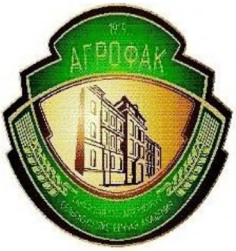
Бакаева Наталья Павловна

Эффективность применения микроудобрений в хелатной форме при возделывании пшеницы в лесостепи Поволжья

Монография

Подписано в печать 10.12.2024. Формат 60×84 $^{1}/_{16}$
Усл. печ. л. 14,13; печ. л. 15,19.
Тираж 500. Заказ № 360.

Отпечатано с готового оригинал-макета.
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ.
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608.
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Л. Н. Жичкина

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ ПОЧВ

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2025

УДК 631.44 (07)
ББК 40.33
Ж75

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Жичкина, Л. Н.

Ж75 Классификация почв и агроэкологическая типология почв : методические указания / Л. Н. Жичкина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2025. – 87 с.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль – Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов.

В учебном издании изложены ранние и современные представления о классификации почв, агрономические требования к классификации почв, агроэкологическая классификация почв России, агроэкологическая типология и классификация земель. Приводится корреляция современной почвенной номенклатуры с терминологией Мировой реферативной базы почвенных ресурсов (WRB).

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2025
© Жичкина Л. Н., 2025

Оглавление

Предисловие 4
Тема 1. Основные принципы классификации почв..... 5
Тема 2. Диагностические горизонты естественных почв..... 15
Тема 3. Мировая реферативная база почвенных ресурсов..... 27
Тема 4. Закономерности географического распространения почв..... 42
Тема 5. Структура почвенного покрова..... 45
Тема 6. Почвы арктической и тундровой зон..... 48
Тема 7. Почвы таежно-лесной зоны..... 51
Тема 8. Серые лесные почвы лесостепной зоны и бурые лесные почвы широколиственных лесов..... 57
Тема 9. Черноземы лесостепной и степной зоны..... 59
Тема 10. Каштановые почвы зоны сухих степей и бурые полупустынные почвы..... 63
Тема 11. Засоленные почвы и солоди..... 65
Тема 12. Аллювиальные почвы пойм..... 68
Тема 13. Горные почвы..... 70
Тема 14. Почвенные ресурсы Самарской области..... 73
Тема 15. Агроэкологическая классификация почв..... 76
Тема 16. Агроэкологическая типология и классификация земель . 79
Рекомендуемая литература 86

Предисловие

Классификация почв необходима для того, чтобы можно было диагностировать и именовать отличающиеся друг от друга почвы, выделять их ареалы на картах, устанавливать сходства и различия между ними по свойствам и происхождению, производить агропроизводственную и другие группировки почв для практических целей.

Почвы с точки зрения классификации являются очень сложными объектами. Во-первых, это связано с тем, что различные по свойствам почвы не имеют четких естественных границ, почвенный покров – континуален, т. е. непрерывен в пространстве. Во-вторых, многие почвенные свойства изменчивы во времени. Многообразие экологических, биосферных, социально-экономических, производственных и других функций почв применительно к разным сферам деятельности человека затрудняет создание единой классификации.

Методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Классификация почв и агроэкологическая типология почв» составлены в соответствии с требованиями основной профессиональной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия, профиль – Агроэкологическая оценка земель и проектирование агроландшафтов и рабочей программой дисциплины.

Цель методических указаний для лабораторных работ – углубление и обобщение приобретенных знаний по дисциплине, формирование навыков самостоятельного обучения и самоконтроля.

Учебное издание освещает вопросы современной классификации и систематики почв, структуры почвенного покрова и особенностей использования почв зонального ряда, агроэкологической типологии и классификации земель.

В методических указаниях изложены базовые теоретические материалы по каждой лабораторной работе, приведены задания, контрольные вопросы для оценки знаний, дан перечень рекомендуемой литературы.

Тема 1. Основные принципы классификации почв

Цель: изучить базовые понятия классификации почв, выбор критериев по которым она осуществляется, методы диагностики почв.

Успешное изучение и правильное использование большого разнообразия почв невозможно без их строго научной классификации.

Главная цель классификации почв – создание системы, отражающей основные законы почвообразования и разделения совокупности почв на непересекающиеся группы, которые могут объективно диагностироваться.

Задачами классификации почв являются отражение разнообразия почв, их внешних и внутренних связей, а также рассмотрение признаков, имеющих значение для их использования, учета и охраны.

Основой построения современных классификаций является генетический принцип, согласно которому признаки и свойства почв должны рассматриваться, как следствием процессов почвообразования, возникающих и развивающихся в условиях конкретного сочетания факторов почвообразования.

Классификационная проблема сложна, что определяется специфичностью почвы как, биокосной многокомпонентной системы, являющейся функцией многих факторов почвообразования. Поэтому ключевой вопрос классификации почв – выбор критериев, по которым она осуществляется, их идентификация, оценка значимости, группировка и ранжирование.

Классификационная проблема включает систематику, таксономию, диагностику и номенклатуру.

Классификация почв – это объединение почв в группы по их признакам, свойствам и особенностям плодородия. Она формирует научный язык почвоведения, создавая определенные образы с помощью *номенклатуры* – наименований почв в соответствии с их свойствами и классификационным положением. Вся почвенная номенклатура по происхождению разделяется на традиционную (народную и стилизованную под таковую) и искусственную.

Под *систематикой* почв следует понимать группирование однородных взаимосвязанных объектов по их общим признакам.

Систематика является теорией, на основании которой производится группировка объектов. Основы систематики были заложены В. В. Докучаевым.

Таксономия представляет собой систематизацию объектов, с установлением их иерархии, является системой с разработанными границами классов, имеющей иерархическую структуру. Это частный случай классификации, которую отличает наличие иерархии таксонов.

Большая часть классификаций почв представляет собой иерархические таксономии. Помимо них существуют номинативные классификационные системы (списки) и реферативные базы.

Диагностика почв – это определение принадлежности почв к тому или иному классификационному подразделению по определенной совокупности признаков почв.

В процессе диагностики используют: *профильный метод, комплексный подход, сравнительно-географический метод, генетический принцип*.

В основе *профильного метода*, предложенного В. В. Докучаевым, лежит исследование всех генетических горизонтов, взаимообусловленных и связанных в единое целое.

Комплексный подход заключается в том, что диагностика почв строится на основе анализа и характеристики морфологических признаков, физических, химических, физико-химических, биологических свойств, в комплексе дающих представление о почве как едином природном теле.

Сравнительно-географический метод, в котором сопоставляются почвы различных ареалов распространения, опирается на учение о факторах почвообравования и на почвенно-ландшафтные связи.

Достаточно точная, особенно практически ориентированная диагностика на данном этапе развития науки невозможна без учета экологических связей почв с типами растительности, климатов, кор выветривания, типами геохимического ландшафта и др.

Режимы почвообразования далеко не всегда явно отражены в консервативных почвенных признаках, выявленных полевыми морфологическими и лабораторными исследованиями.

Генетический принцип основывается на определении таких генетических параметров, как степень развитости и дифференцированности почвенного профиля, степень аккумуляции тех или

иных почвенных процессов: засоления, рассоления, осолонцевания, деградации и т. д.

Поворотным пунктом в развитии проблемы классификации почв агрогеологического (Тэер, 1821), геолого-морфологического (Фаллу, 1872; Рихтгофер, 1883), агрикультурхимического (Кнопп, 1871) направлений стало докучаевское учение о генетических типах почв.

В. В. Докучаев предложил классификацию почв, в которой он выделил группы почв по условиям залегания, классы по происхождению, типы по климатическим особенностям местности и характеру почвенного гумуса и разновидности по гранулометрическому составу.

Восприняв принципиальные положения В. В. Докучаева, его ближайший сподвижник Н. М. Сибирцев в 1895 г. предложил классификацию, в которой разделил почвы на три класса (зональные, интразональные и азональные), а в пределах классов выделил типы почв по характеристикам почвенного профиля, обусловленным факторами почвообразования.

Вслед за В. В. Докучаевым и Н. М. Сибирцевым эколого-генетический принцип классификации почв разрабатывали Я. Н. Афанасьев (1922-1931), Г. Н. Высоцкий (1906), С. А. Захаров (1927) и др.

Г. Н. Высоцкий разделил почвы на классы зональных, интразональных и неразвитых почв с дальнейшим подразделением по климатическим условиям, рельефу, почвообразующим породам. Его идею впоследствии развили И. П. Герасимов, А. А. Завалишин и Е. Н. Иванова (1939), которые на высшем таксономическом уровне выделили ряды почв: пойменно-аллювиальные, грунтового увлажнения (при сильноминерализированных водах), элювиально-гидроморфные, элювиальные (на засоленных, карбонатных и на некарбонатных, незасоленных породах), элювиально-кseроморфные.

Наиболее полную систематику почв, основанную на учете факторов почвообразования, разработал С. А. Захаров, разделивший все типы почв по характеру преобладающего в их генезисе фактора на отделы: климатогенных почв, орогенных почв, гидрогенных почв, галогенных почв, флювигенных почв, литогенных почв.

Однако ни зональный, ни факторный подходы в классификации почв не были универсальными, поскольку строились на внешних по отношению к почве критериях, не учитывая всей совокупности свойств самих почв и их генетических характеристик.

Такое развитие классификационной проблемы приобрело односторонний характер по отношению к учению В. В. Докучаева, который наряду с факторами почвообразования стремился к характеристике внутренних свойств почв в своих классификационных построениях.

Первая попытка дать эволюционно-генетическую классификацию почв принадлежит П. С. Коссовичу (1911). Он ввел представление о типах почвообразования и в наиболее полной для того времени степени разработал теорию эволюции почв и представление об их геохимической сопряженности. Эту систему впоследствии детально развили К. Д. Глинка (1924-1927), С. С. Неуструев ((1926), Б. Б. Полынов (1932).

Историко генетический подход к классификации почв заложит В. Р. Вильямс, рассматривающий типы почв как стадии единого почвообразовательного процесса.

Особое положение занимает классификация М. А. Глазовской, рассматривающая почву как часть геохимического ландшафта. Эта классификация имеет значение для понимания почвенно-ландшафтных связей и их опосредованного выражения в свойствах почв.

Оригинальную попытку соединить внутренние свойства почв и географические условия почвообразования в рамках классификации предпринял В. Р. Волобуев (1984).

Российская (советская) школа классификации почв характеризуется множеством разнообразных подходов и конкретных классификационных схем. Все они исходят из докучаевских почвенно-генетических концепций, охватывают самые различные аспекты классификационной проблемы и дают основания для создания интегральной классификационной системы, отвечающей научным и практическим задачам.

В практическом плане эта проблема была решена в изданном в 1977 г. руководстве «Классификация и диагностика почв СССР», которое предназначалось для проведения почвенных обследований и изысканий, и для перевода местных почвенных номенклатур

в общесоюзную. Составителями ее были В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. Н. Иванова, Н. Н. Розов, В. А. Носов, Т. А. Фриев.

В основу этого издания была положена классификация почв, разработанная в 1967 г. Межведомственной комиссией под руководством Е.Н. Ивановой и Н.Н. Розова, и «Указания по классификации и диагностике почв СССР», утвержденные в 1967 г. Министерством сельского хозяйства в качестве оригинального руководства для почвенных исследований.

В этой классификации основные типы почв СССР распределены следующим образом: первая объединяет генетические типы в зональные экологические группы, вторая – генетические ряды почв по режиму увлажнения (автоморфные, полугидроморфные, гидроморфные), третья координатно-био-физико-химические группы.

Генетический *тип* является основной таксономической единицей классификации.

В основу определения генетического типа почв были положены взгляды Л. И. Прасолова, который считал, что для почвенных типов характерно «...единство происхождения, миграции и аккумуляции веществ».

В соответствии с этим каждый почвенный тип развивается в однотипно-сопряженных биологических, климатических и гидрологических условиях и характеризуется ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами.

Характерные черты почвенного типа определяются: однотипностью поступления органических веществ и процессов их превращения и разложения; однотипным комплексом процессов разложения минеральной массы и синтеза минеральных и органоминеральных новообразований; однотипным характером миграции и аккумуляции веществ; однотипным строением почвенного профиля; однотипной направленностью мероприятий по повышению и поддержанию плодородия почв.

Это определение почвенного типа предполагает, что одновременно с разработкой классификации почв на генетической основе должна проводиться типизация и группировка главных почвенных свойств и процессов.

Ниже почвенного типа предусматриваются следующие таксономические единицы: подтипы, роды, виды, разновидности и разряды почв.

Подтипы почв выделяют в пределах типа. Это группы почв, качественно отличающиеся по проявлению основного и налагающегося процессов почвообразования и являющиеся переходными ступенями между типами. При выделении подтипов учитывают процессы, связанные как с подзональной, так и с фациальной сменой природных условий.

Деление на фациальные подтипы проводят с учетом суммы активных температур почвы на глубине 20 см и продолжительности периода отрицательных температур почвы на той же глубине (в месяцах). Для номенклатурного обозначения фациальных подтипов используют термины, связанные с их температурным режимом: теплые, умеренные, холодные, глубокопромерзающие и т. д. Мероприятия по повышению и поддержанию плодородия почв для каждого подтипа более однородны по сравнению с типом.

Роды почв выделяют в пределах подтипа, качественные генетические особенности их определяются влиянием комплекса местных условий: составом почвообразующих пород, химизмом грунтовых вод и т. д., включая и свойства почвообразующего субстрата, приобретенные в процессе предшествующих фаз выветривания и почвообразования (реликтовые горизонты и признаки древних почвообразований).

Виды почв выделяют в пределах рода, и отличаются они по степени развития почвообразовательных процессов (степени подзолистости, глубине и степени гумусированности, степени засоленности и т. д.) и их взаимной сопряженности.

Разновидности почв определяются по механическому составу верхних почвенных горизонтов и почвообразующих пород.

Разряды почв обусловливаются генетическими свойствами почвообразующих пород (плотные породы, моренные, аллювиальные, покровные и т. д.).

Диагностика высших таксонов классификации проводят на основании качественных признаков профиля и по условиям почвообразования. Данные химических анализов, приводимые для характеристики «центральных образов», архетипов почвенных таксонов, не носят жесткого ограничительного характера. Количественные критерии привлекаются при оценке климатических

условий почвообразования для выделения фациальных подтипов, а также для разделения почв на виды и разновидности.

Основным предметом диагностики является почвенный профиль с более или менее определенным для каждого таксона набором почвенных горизонтов. В то же время повышенное внимание, уделяемое факторам почвообразования в классификации, приводит к тому, что в почвенные типы включаются почвы, формирующиеся в сходных условиях, но имеющие существенно отличное строение профиля.

При выделении фациальных подтипов учитываются сумма температур воздуха выше 10°С, сумма температур почвы выше 10°С на глубине 20 см и продолжительность периода отрицательных температур почвы на глубине 20 см. Химические критерии чаще используются как дополнительные, задающие архетип почв.

Для выделения некоторых типов и подтипов имеет значение степень насыщенности основаниями и кислотность. Содержание гумуса используется как критерий разделения почв на виды. Диагностика этой классификации может быть охарактеризована как факторно-химико-морфологическая.

Номенклатура классификации сохранена традиционной, берущей начало от работ В. В. Докучаева. В основном она представляет набор заимствованных народных названий почв и терминов, под них стилизованных.

Диагностика и классификация почв России (2004) производится на основе почвенного профиля путем исследования генетических горизонтов на вертикальной стенке разреза. Нижняя граница почвенного профиля, как объекта диагностики, в отличие от многих классификационных систем, не устанавливается по фиксированным количественным показателям, но в каждом конкретном случае определяется по исчезновению признаков почвообразования. Соответственно мощность толщи необходимая для идентификации почвы, колеблется в широких пределах от нескольких сантиметров до 2,0-2,5 м. Горизонт переходный к почвообразующей породе не является диагностическим.

В основу классификации положены принципы: генетичности, историчности, воспроизводимости, открытости, изменчивости и стабильности, сочетания объективности и субъективности, иерархичности.

Классификация предусматривает выделение восьми таксономических категорий: стволов, отделов, типов, подтипов, родов, видов, разновидностей и разрядов.

Ствол – высшая таксономическая единица, отражающая разделение почв по соотношению процессов почвообразования и накопления осадков. К стволу *постлитогенных* почв относятся почвы, в которых почвообразование осуществляется на сформировавшейся минеральной почвообразующей породе и существенно не нарушается отложением свежего материала. В почвах *синлитогенного* ствола почвообразование протекает одновременно с осадконакоплением, что находит отражение в профиле почв. Ствол *органогенных* почв объединяет почвы, профиль которых (весь или его большая часть) состоит из торфа различной степени разложения и ботанического состава.

Отдел – группа почв, характеризующаяся единством основных процессов почвообразования, формирующих главные черты почвенного профиля. В большинстве случаев сходство почв отдела проявляется в специфике средней части профиля (срединные горизонты). Исключение составляют почвы, в которых специфика профиля определяется органически или гумусовым горизонтом.

Тип – основная таксономическая единица в пределах отдела, характеризующаяся единой системой основных генетических горизонтов и общностью свойств, обусловленных сходством режимов и процессов почвообразования.

Подтип – таксономическая единица в пределах типа, отличающаяся качественными модификациями основных генетических горизонтов, которые отражают наиболее существенные особенности почвообразовательных процессов и эволюции почв. Среди подтипов различаются *типичные*, соответствующие центральному образу типа; *переходные*, отражающие переходы между тирами или отделами; *процессно-эволюционные*, отражающие специфику миграции и аккумуляции веществ в связи с особенностями современных почвенных режимов, а также результаты естественной или антропогенной эволюции почв.

Род – таксономическая единица в пределах подтипа, определяемая степенью насыщенности основаниями почвенного поглощающего комплекса, присутствием в профиле карбонатов, гипса и химизмом засоления.

Вид – таксономическая единица, отражающая количественные показатели выраженности признаков, определяющих тип, подтип, а иногда и род.

Разновидность – таксономическая единица, отражающая разделение почв по гранулометрическому составу, каменистости и скелетности почвенного профиля (до почвообразующей породы). В почвах, развитых на неоднородных (слоистых) породах, предлагается выделять 2-3 ярусные гранулометрические разновидности.

Разряд – таксономическая единица, группирующая почвы по характеру почвообразующих и подстилающих пород, а также мощности мелкоземистого почвенного профиля.

Суть классификации антропогенно-преобразованных почв почв заключается в выделении двух категорий: агроестественных почв и агроземов (эроземов, стратоземов).

При агрогенных преобразованиях, затрагивающих только верхнюю часть профиля, когда полностью или частично сохраняются в ненарушенном состоянии гумусово-аккумулятивные, элювиальные и другие диагностические горизонты, агрогенно-преобразованные почвы идентифицируются по сохранившимся горизонтам.

В этом случае почвы рассматриваются как агроестественные и включаются на правах самостоятельных типов в соответствующие отделы наряду с естественными, а наименование строится путем присоединения «агро-» к названиям соответствующих естественных типов почв.

Естественные почвы с одним органогенным горизонтом небольшой мощности при земледельческом освоении трансформируются непосредственно в агроземы, минуя стадию агроестественных почв. Напротив, стадия агроестественных почв является практически единственной для профилей с мощным гумусовым или органогенным горизонтом, нижняя часть которого не затрагивается при освоении (черноземы).

Почвы, изначально имеющие на поверхности серию разнообразных маломощных диагностических горизонтов и относящиеся к одному отделу (например, подбуры, подзолы, дерново-подзолы и другие типы отдела альфегумусовых почв), в процессе формирования гомогенного агрогоризонта утрачивают признаки типовой принадлежности и сливаются в один тип агроземов альфегумусовых.

Если же под антропогенно-преобразованным горизонтом сохраняется полностью или частично диагностический горизонт (в данном случае элювиальный горизонт подзолов и дерново-подзолов), почвы приобретают статус агроестественных почв (тип агродерново-подзолов в отделе альфегумусовых почв).

Подтипы в любых агрогенно-преобразованных почвах выделяются как на основании качественных особенностей естественных генетических горизонтов, так и в связи с признаками, приобретенными в ходе агрогенных преобразований.

Подтипы, выделяемые на основании антропогенных признаков, как правило, универсальны, т. е. могут присутствовать в различных агрогенно-преобразованных почвах.

Например, агрогетерогенные подтипы, верхний горизонт которых содержит фрагменты механически перемешанных горизонтов, агропереуплотненные, абрадированные и стратифицированные.

Развитие классификационной проблемы в российском почвоведении в последние годы отражает мировые тенденции. Ранние классификации базировавшиеся на экологии почв и условиях среды, постепенно претерпевали эволюцию в плане усиления роли собственно почвенных критериев, опосредованно фиксирующих влияние внешних факторов.

По мере углубления представлений о морфологических связях и других показателях почв с факторами почвообразования, почвенными процессами, эволюцией почв появилась возможность учитывать эти показатели в систематике почв.

Задания:

1. Изучить принципы классификации, номенклатуры, систематики, таксономии и диагностики почв.

2. Провести анализ подходов к диагностике и классификации почв.

Контрольные вопросы

1. Цель и задачи классификации почв.

2. Что такое систематика, таксономия, номенклатура, диагностика почв?

3. Каковы принципы классификации почв В.В. Докучаева?

4. Назовите ученых внесших вклад в развитие классификации почв.

5. По каким критериям выделялись таксономические единицы в классификации почв СССР 1977 г.?

6. Принципы построения классификации почв России 2004 г.?

7. Назовите таксономические единицы классификации почв России?

8. Как классифицируют антропогенно-преобразованные почвы?

9. В чем заключается современный подход к классификации почв?

Тема 2. Диагностические горизонты естественных почв

Цель: изучить диагностические почвенные горизонты.

Гумусовые и органогенные горизонты

A Y – серогумусовый (дерновый). Серый или буровато-серый, имеет непрочную комковато-порошистую структуру, содержит в верхних 10 см до 4-6% (иногда до 7-8%) гумуса, в составе которого отчетливо преобладают фульвокислоты ($С_{ГК}$:$С_{ФК}$ всегда < 1). Характерен для почв таежных и тундровых ландшафтов с гумидным климатом.

AJ – светлогумусовый. Светло-серый или палево-серый, имеет жесткую комковатую структуру, состоящую из мелкокомковатых прочных отдельностей, и компактное сложение. Слабо переработан почвенной мезофауной. Содержит в верхних 10 см менее 5% гумуса. В его составе соотношение $С_{ГК}$:$С_{ФК}$ близко к 1. Характерен для почв сухостепных и полупустынных ландшафтов с теплым аридным климатом.

*AU – темногумусовый.*Темно-серый до черного с бурым или коричневым оттенком и хорошо оформленной водопрочной комковатой, крупитчатой или зернистой структурой, часто копрогенной. Содержание гумуса превышает 5-6% в верхних 10 см, состав гумуса от гуматного до фульватно-гуматного ($С_{ГК}$:$С_{ФК}$ всегда >1). Характерен для почв лесостепных и степных ландшафтов.

AH – перегнойно-темногумусовый. Темно-серый до черного, иногда с буроватым оттенком, структура непрочная, комковатая или комковато-крупитчатая. Содержание гумуса – 10-25% с любым соотношением гуминовых и фульвокислот. В горизонте имеются растительные остатки разной степени разложения. Степень насыщенности основаниями и кислотность варьируют в широком диапазоне. Характерен преимущественно для почв горных территорий с луговой растительностью.

AKL – ксерогумусовый. Представляет собой парагенетическую ассоциацию коркового и подкоркового под горизонтов. Корковая часть горизонта представлена прочной, компактной, пористой (вплоть до ноздреватого или ячеистого сложения) корочкой мощностью до 4-7 см, имеющей светло-серый, буровато-серый или палевый цвет. Содержание гуматно-фульватного или фульватного гумуса колеблется от 0,3 до 2%. Характерен для почв полупустынных (и пустынных) ландшафтов.

AK – криогумусовый. Каштановый, бурый или красновато-бурый. При мощности 15-30 см дифференцирован по содержанию гумуса, которое в верхнем, насыщенном корнями 10 см слое достигает 3-7%, а у нижней границы опускается до 1-3%. Состав гумуса гуматно-фульватный или фульватный, характеризуется низкой степенью гумификации гумусовых веществ. Формируется в степных и тундрово-степных ландшафтах в условиях ультраконтинентального аридного климата и присутствия мерзлоты.

W – гумусово-слаборазвитый. Представляет гумусовые аккумуляции мощностью менее 5 см, часто насыщен живыми корнями. Выделяется как типодиагностический горизонт в почвах, не имеющих других диагностических горизонтов. В случае, когда горизонт W развивается в пределах агрогоризонтов почв, имеющих сформированный профиль и в настоящее время не используемых в земледелии, рассматривается как признак, служащий основанием для выделения реградированного подтипа.

RU – стратифицированный темногумусовый. Серый или темно-серый, сложен из сортированного, часто агрегированного гумусированного материала, который не организован в более сложные структурные отдельности. Горизонт имеет мощность более 40 см и представляет собой слабо преобразованную монотонную, визуально однородную толщу, для которой характерна тенденция к горизонтальной делимости как следствие стратификации. Содержание гумуса превышает 3-3,5%, в пределах горизонта не меняется или незакономерно меняется по слоям.

RY – стратифицированный серогумусовый. Светло-серый или серый с оттенками бурого или палевого цветов. Характеризуется содержанием гумуса в количестве менее 3-3,5%, неоднородностью материала и слоистостью.

RJ – стратифицированный светлогумусовый. Светло-серый с оттенками бурого или палевого цветов. Отличается от серогумусового

стратифицированного щелочной или нейтральной реакцией, насыщенностью поглощающего комплекса основаниями. Возможно присутствие карбонатов и иногда легкорастворимых солей.

АО – грубогумусовый. Горизонт темно-бурого или темно-коричневого цвета, состоящий из грубого органического материала; может быть представлен либо гомогенной механической смесью органического материала с минеральными компонентами, либо серией слоев, отражающих разные стадии преобразования органического материала: торфянистого, перегнойного, грубогумусового и гумусового. Гумусовые вещества в нижней части горизонта обладают низкой степенью гумификации и очень широким отношением С: N (15-25). Мощность горизонта превышает 10 см.

Н – перегнойный. Темно-коричневый до черного, мажущейся консистенции. Состоит из сильно разложившихся, утративших исходное строение растительных остатков (степень разложения > 50%). Содержание органического вещества > 25% от массы горизонта. Мощность горизонта превышает 10 см.

О – подстилочно-торфяный. Поверхностный горизонт, состоящий из органического материала разной степени разложения (не выше 50%) и разного ботанического состава. Содержание органического вещества > 35% от массы горизонта. Может иметь стратификацию по степени разложения органического материала. Мощность не превышает 10 см.

Т – торфяный. Состоит из органического материала разной степени разложения (не выше 50%) и разного ботанического состава. Содержание органического вещества, определяемое как потеря при прокаливании, более 35% от массы горизонта. Формируется в условиях регулярного переувлажнения. Имеет мощность 10-50 см, подстилается минеральным горизонтом, оглеенным или водонасыщенным.

ТО – олиготрофно-торфяный. Формируется в верхней части торфяной толщи. Состоит преимущественно из остатков сфагновых мхов разной степени разложения, не превышающей 50%, при содержании органического вещества > 35% от массы горизонта. Характеризуется светлой окраской. В течение значительной части вегетационного периода насыщен водой. Имеет фиксированную мощность 50 см, постепенно переходит в органогенную породу.

ТЕ – эутрофно-торфяный. Формируется в верхней части торфяной толщи. Состоит из остатков гигрофильной растительности

любого ботанического состава, в которой сфагновые мхи не доминируют. Степень разложения не превышает 50%, но, как правило, большая, чем в олиготрофно-торфяном горизонте. Содержание органического вещества > 35% от массы горизонта. Характеризуется темной окраской. В течение значительной части вегетационного периода насыщен водой. Имеет фиксированную мощность 50 см, постепенно переходит в органогенную породу.

TJ – сухоторфяный. Состоит из остатков мезофильных растений разной степени разложения, не превышающей 50%, при содержании органического вещества > 35% от массы горизонта. Формируется в мезоморфных условиях. В пределах 1 м подстилается неглеевым минеральным горизонтом, или плотной, реже рыхлой неглеевой породой.

Элювиальные горизонты

E – подзолистый. Белесый, что связано с отсутствием красящих пленок на минеральных зернах. Чаще всего имеет легкий (песчаный и супесчаный) гранулометрический состав. Бесструктурный или со слабовыраженной комковатой структурой. Имеет сплошное залегание и контрастно выделяется в профиле по цвету. Мощность горизонта более 2 см. Наиболее характерен для альфегумусовых почв.

EL – элювиальный. Наиболее светлый в профиле, часто с сероватым, палевым или буроватым оттенками. По гранулометрическому составу не легче супесчаного. В отличие от подзолистого, в элювиальном горизонте происходит селективное разрушение преимущественно тонких гранулометрических фракций. Масса горизонта обеднена по сравнению с нижележащей толщей не только полуторными оксидами, но и илистой фракцией. Характерен для текстурно-дифференцированных почв.

AEL – гумусово-элювиальный. Белесовато-серый или серый с гнездами белесого материала. Как правило, структура комковатая с тенденцией к горизонтальной делимости. Обеднен илом и полуторными оксидами по сравнению с нижележащим горизонтом; содержит 1-2% гумуса, в составе которого отношение $C_{ГК}$: $C_{ФК}$ близко к 1. Является диагностическим при отсутствии горизонта EL в типах серых и темно-серых почв.

ELM – элювиально-метаморфический. Светло-бурый с оттенками желтых, красноватых или палевых тонов, светлее срединного горизонта. Окраска связана с повышенным содержанием

оксалаторастворимых форм оксидов железа, хотя признаки иллювиирования железа не диагностируются. Содержит до 1,5% гумуса, в составе которого преобладают гумусовые соединения, связанные с железом. Является диагностическим для типа текстурно-метаморфических почв.

BEL – субэлювиальный. Состоит из комбинации светлых и бурых, иногда темных фрагментов, различающихся по сложению, гранулометрическому составу и структуре. Представляет собой зону деградации (часто в виде чередования светлых языков и бурых пятен) верхней части текстурной толщи. Характерен для отдела текстурно-дифференцированных почв и является диагностическим при разделении географически пограничных типов темно-серых почв и черноземов глинисто-иллювиальных.

Срединные горизонты

BHF – альфегумусовый. Характеризуется наличием сплошных гумусово-железистых пленок на поверхности минеральных зерен или агрегатов, а также «мостиков», соединяющих песчаные частицы. Обогащен несиликатными формами полуторных оксидов и/или гумусом по сравнению с почвообразующей породой. В зависимости от преобладания соединений гумуса или железа в составе кроющих пленок горизонт окрашен соответственно в кофейно-коричневые тона (иллювиально-гумусовая модификация горизонта, обозначаемая как BH) или имеет желто-охристый цвет (иллювиально-железистая модификация горизонта, обозначаемая как BF). Эти модификации горизонта BHF служат основанием для выделения соответствующих подтипов альфегумусовых почв.

BT – текстурный. Бурый или коричневато-бурый. По гранулометрическому составу практически всегда не легче среднесуглинистого. Имеет ореховато-призматическую структуру и обильные аккумулятивные многослойные пленки разного состава. Характерно существенное обогащение илом по сравнению с вышележащим горизонтом, а также полуторными оксидами.

BI – глинисто-иллювиальный. Бурый или коричневато-бурый, имеет хорошо выраженную ореховато-призмовидную структуру, часто многопорядковую. Характерно отсутствие или слабое накопление илистой фракции по сравнению с вышележащим горизонтом. По структурной организации горизонт имеет черты сходства с текстурным, но, в отличие от него, существенно слабее проявляется иллювиирование глины.

BM – структурно-метаморфический. Выделяется по проявлению организации минеральной массы с образованием комковатой, ореховато-комковатой структуры. По сравнению с почвообразующей породой горизонт имеет более насыщенные бурые тона из-за присутствия в почвенной массе красящих соединений железа. Возможно повышенное содержание ила и несиликатных форм оксидов железа. Наиболее характерен для почв, формирующихся на суглинисто-глинистых отложениях.

BFM – железисто-метаморфический. Бурый, ржаво-бурый или коричневато-бурый за счет оксидов и гидроксидов железа, которые образуют автохтонные красящие пленки на поверхности щебня и песчаных зерен, а также заполняют трещины в них и пропитывают мелкоземистую массу, иногда способствуя формированию гранулированной структуры. В связи с этим цвет горизонта всегда интенсивнее цвета почвообразующей породы. Отличается от альфегумусового горизонта отсутствием аллохтонных пленок, темноокрашенных гумусовых соединений и вертикальной цветовой дифференциации. Мелкозем бесструктурный или непрочно-комковатый. Горизонт наиболее характерен для почв, формирующихся на щебнистом и дресвянистом супесчано-суглинистом элюво-делювии массивно-кристаллических пород и полиминеральных песках.

BMK – ксерометаморфический. Имеет коричневато- или рыжевато-бурый (каштановый), или палево-бурый цвет, мелкопризмовидную структуру, обычно с горизонтальной делимостью. Горизонт плотный, с низкой пористостью, имеет компактное сложение, может быть обогащен илом, в отличие от вышележащего горизонта. Цвет горизонта связан с трансформацией железа в щелочной среде в условиях сухого жаркого континентального климата с коротким периодом увлажнения. Среди красящих форм железа преобладают малогидратные оксиды. Характерен для каштановых и бурых почв, а также солонцов.

CRM – криометаморфический. Характеризуется тусклой серовато-бурой окраской, слабо отличающейся от почвообразующей породы. Основное отличие заключается в специфической рассыпчатой криогенной структуре, угловато-крупитчатой, ооидной или гранулированной, иногда слоеватой. Во влажном состоянии структура творожистая, возможно проявление тиксотропности. В связи с преобладанием окислительных условий не оглеен, несмот-

ря на длительное переувлажнение. От структурно-метаморфического горизонта отличается характером структуры и отсутствием ярких бурых тонов окраски. Характерен для суглинистых почв холодных гумидных ландшафтов тундры и тайги.

BPL – палево-метаморфический. Горизонт характеризуется невыразительной палевой или светло-бурой окраской, что отличает его от ярко окрашенных железисто-метаморфического и ксерометаморфического горизонтов. По сравнению со структурно-метаморфическим, ксерометаморфическим и криометаморфическим горизонтами характеризуется слабой оструктуренностью. Горизонт отражает специфику метаморфизма в условиях экстраконтинентального криоаридного климата.

CR – криотурбированный. Представляет собой грязно-бурую или серовато-бурую бесструктурную или слабо оструктуренную массу, имеющую ясные признаки мерзлотных нарушений. Переувлажнен, обычно тиксотропный, часть вегетационного периода находится в мерзлом состоянии. Характерен для почв тундровых и таежных ландшафтов с неглубоким залеганием многолетней мерзлоты.

BAN – охристый. Ярко-охристый, с икряной структурой в виде однопорядковых водопрочных округлых отдельностей размером 1-5 мм, покрытых органо-алюмо-железистыми оболочками. Для горизонта характерно явление псевдотиксотропии – выделения влаги при разминании структурных отдельностей и низкие значения плотности (< 1,0 г/см^3) при полевой влажности. Содержит большое количество несиликатных (в основном оксалаторастворимых) форм оксидов железа (2-6%), алюминия (10-15%), кремнезема (4-7%), а также свыше 10% фульватного гумуса. Характерен для почв территорий современного вулканизма.

BCA – аккумулятивно-карбонатный. Преимущественно палевый или буровато-палевый, наследующий цвет почвообразующей породы. Структура морфологически слабо оформлена, глыбистая или крупнокомковатая. Обязательно присутствие ясно выраженных карбонатных новообразований, обусловленных особенностями восходящей и нисходящей миграции почвенных растворов. Характерен для почв степных и сухостепных ландшафтов, но может формироваться в широком спектре почв, испытывающих сезонное увлажнение и пересыхание.

CAT – текстурно-карбонатный. Отличается сочетанием свойств аккумулятивно-карбонатного и глинисто-иллювиального горизонтов. Содержит карбонаты с сегрегационными формами новообразований и имеет прочную хорошо выраженную призмовидно-ореховатую структуру с тонкими гумусово-глинистыми кутанами по граням отдельностей. Палево-бурый, более темный по сравнению с почвообразующей породой, с вертикальными темными полосами, представляющими собой трещины, заполненные гумусовым материалом. Характерен для почв сухостепных и полупустынных ландшафтов.

BSN – солонцовый. Коричневато-бурый или темно-серый. Плотный, имеет хорошо выраженное многопорядковое столбчато- или ореховато-призматическое строение, прочен в сухом состоянии и неустойчив при намокании. Структурные отдельности покрыты сплошными темными глянцевыми гумусово-глинистыми или глинистыми кутанами. Верхняя часть столбчатых отдельностей перекрыта обильной белесой скелетаной. Горизонт обогащен илом, характеризуется пептизацией глинистого материала и особой кинетикой набухания («ступенькообразная задержка набухания»). Имеет щелочную реакцию. Содержание обменного натрия колеблется в очень широких пределах и не служит диагностическим показателем.

V – слитой. В зависимости от содержания гумуса окраска варьирует от оливково-бурого до черного. Очень плотный (плотность 1,3-1,6 г/см^3), вязкий и пластичный во влажном состоянии и трещиноватый – в сухом. Разбит трещинами на глыбистые или тумбовидные отдельности. Формируется в почвах переменно-влажного теплого климата на глинистых отложениях с высоким содержанием смектитового компонента.

TUR – турбированный. Представляет собой толщу мощностью более 40 см, состоящую из легко различающихся по цвету, сложению и вещественному составу фрагментов почвенных горизонтов, утративших свое естественное залегание. Размер фрагментов исходных горизонтов и их долевое участие варьируют в широких пределах. Горизонт является результатом первичной глубокой вспашки, плантажирования и иных мелиоративных механических воздействий, применяемых главным образом при освоении солонцов.

Гидрогенные горизонты

G – глеевый. В горизонте преобладают холодные тона окраски: сизые, зеленоватые или голубые, занимающие более 50% площади вертикального среза горизонта. Присутствуют локальные ржавые и охристые пятна, тяготеющие к периферии горизонта, корневым ходам. Бесструктурный, слабопористый, имеет компактное сложение. Характерен длительный период восстановительных условий, способствующих мобилизации и частичному выносу соединений железа. В течение значительной части вегетационного периода насыщен водой.

Q – гидрометаморфический. Характерны оливковые, стальные или грязно-серые (за счет прокраски потечным органическим веществом) тона окраски. Присутствие в горизонте Mn-Fe-конкреций свидетельствует о возможности кратковременных окислительных условий. Горизонт обычно имеет творожистую или крупитчатую структуру. Содержит карбонаты, возможно присутствие легкорастворимых солей и гипса. Характерен для нейтральных и щелочных почв лесостепных, степных и сухостепных ландшафтов, испытывающих регулярное временное переувлажнение.

F – рудяковый. Имеет охристый или кофейно-коричневый цвет и неоднородную окраску. Твердый, сцементированный оксидами железа (с участием гумусовых соединений, Mn и др.). Может встречаться в виде сплошной плиты или скоплений конкреций, занимающих более 50% объема горизонта. Характерен для аллювиальных почв грунтового увлажнения водами, богатыми соединениями железа и марганца.

ML – мергелистый («луговой мергель»). Характеризуется сплошной карбонатной пропиткой с содержанием карбонатов более 30%. Палево-белый или грязно-белый с сероватым или буроватым оттенком. Во влажном состоянии мягкий и непластичный, при высыхании твердеет. Является результатом гидрогенной аккумуляции карбонатов. Характерен для аллювиальных почв грунтового увлажнения жесткими водами.

Галоморфные горизонты

SJ – солончаковый светлый. Характеризуется наличием в верхнем слое почвенного профиля в пределах 20 см легкорастворимых (токсичных) солей в количестве 1% и более, что исключает развитие большинства растений, кроме галофитов.

Содержание гумуса менее 2%. Светлый, буроватый или палевый, наследует цвет почвообразующей породы. В сухом состоянии имеет солевую корку и/или солевые выцветы.

SU – солончаковый темный. Характеризуется наличием в верхнем слое почвенного профиля в пределах 20 см легкорастворимых (токсичных) солей в количестве 1% и более, что исключает развитие большинства растений, кроме галофитов. Темно-серый, содержание гумуса выше 2%. В сухом состоянии имеет солевую корку и/или солевые выцветы.

SS – солончаковый сульфидный. Характеризуется наличием в верхнем слое почвенного профиля в пределах 20 см легкорастворимых (токсичных) солей в количестве 1% и более, что исключает развитие большинства растений, кроме галофитов. Имеет на поверхности солевую корку, ниже которой выделяется черная, иловатая прослойка с запахом сероводорода.

S – солончаковый. Характеризуется наличием в верхнем слое почвенного профиля в пределах 20 см легкорастворимых (токсичных) солей в количестве 1% и более, что исключает развитие большинства растений, кроме галофитов. Может формироваться в профиле любой почвы, как правило, под воздействием антропогенных факторов.

Антропогенно-преобразованные горизонты

Горизонты сформировались в результате длительного распахивания и иных искусственных механических нарушений одного или нескольких естественных горизонтов, внесения органических и минеральных удобрений, мелиорантов и др.

Отличаются от исходных естественных аналогов организацией почвенной массы и рядом физических и химических параметров. К этой же группе принадлежит горизонт, измененный в результате химического загрязнения.

P – агрогумусовый. Светло-серый до серого, гомогенный. Бесструктурный либо содержит элементы комковатой, порошистой, глыбистой структур в разных соотношениях. Обычной составляющей частью горизонта является «плужная подошва» – плотная, слабоводопроницаемая, с горизонтальной делимостью. Горизонт содержит до 3-3,5% гумуса фульватного или гуматно-фульватного состава. Реакция может быть как кислой, так и щелочной. Возможно подразделение горизонта на слои по сложению и плотности. Может формироваться из серо-гумусового,

светло-гумусового или стратифицированных светло- и серогумусового горизонтов, а также образовываться в результате перемешивания (с последующей гомогенизацией) различных органогенных горизонтов с материалом нижележащих минеральных горизонтов.

PU – агротемногумусовый. Темно-серый, гомогенный. Структура грубая, жесткая, порошисто-комковато-глыбистая. Признаки копрогенности выражены слабо. В нижней части горизонта встречается «плужная подошва», переуплотненная и разбитая трещинами на угловатые отдельности. Горизонт содержит более 3% гумуса с составом в основном гуматным. Реакция от слабокислой до щелочной. Формируется преимущественно при распахивании темногумусового горизонта, но может образовываться на месте перегнойного, темногумусового стратифицированного горизонтов, редко – в результате проградации агрогумусового горизонта.

PB (PC) – агроабразионный. В окраске преобладают бурые, коричневато- или красновато-бурые и палевые тона, гомогенный. Бесструктурный или глыбистый. При увлажнении легко «заплывает» с последующим образованием плотной поверхностной корки. Содержит менее 1,5% гумуса. Формируется за счет преобразования срединных горизонтов или почвообразующей породы абрадированных почв. В агроабразионном горизонте, сформированном в результате абразии черноземов с изначально мощным гумусовым горизонтом, допускаются серые тона окраски и содержание гумуса до 3%.

PT – агроторфяный. Темный, преимущественно темно-коричневый, слабосвязный, гомогенизированный. Имеет в основном высокую (но не более 50%) степень разложения органического материала. Содержание органического вещества > 35% от массы горизонта. Образован из материала естественных торфяных горизонтов в результате искусственного осушения и освоения соответствующих почв.

PTR – агроторфяно-минеральный. Темный, гомогенный с примесью минерального материала, с элементами комковатой структуры. Содержание органического вещества < 35% от массы горизонта. Образован из материала естественных торфяных или агроторфяного горизонтов в результате земледельческого освоения соответствующих почв с использованием глинования, пескования, известкования и внесения минеральных удобрений.

Поступление минерального материала в горизонт также возможно за счет постепенного припахивания нижележащих минеральных горизонтов.

X – химически-загрязненный. Любой горизонт в пределах верхнего 30-сантиметрового слоя, содержащий любые химические загрязнители в количестве, соответствующем чрезвычайно опасному уровню по принятым нормативам.

Комбинации диагностических горизонтов не позволяют отразить все многообразие почвенных свойств. Под влиянием различных факторов основные почвообразующие процессы могут проявляться с разной интенсивностью и накладываться друг на друга, определяя различные модификации строения и свойств диагностических горизонтов.

Таким образом, почвы приобретают характеристики, которые служат важным дополнительным инструментом диагностики почв. Они отражают генетические связи между типами почв, специфику современных режимов, проявление прошлых стадий почвообразования и особенности агрогенной трансформации почв.

Такие качественные особенности генетических горизонтов, не нарушающие их основные диагностические показатели и поэтому не влияющие на идентификацию типов почв, рассматриваются как генетические признаки почв. Генетические признаки служат основанием для выделения подтипов почв.

Задания:

1. Изучить гумусовые, органогенные, элювиальные, срединные, гидрогенные и галоморфные почвенные горизонты.

2. Познакомиться с особенностями формирования антропогенно-преобразованных горизонтов в почвах.

Контрольные вопросы

1. Перечислите гумусовые и органогенные горизонты.
2. Для каких почв характерны элювиальные горизонты?
3. Назовите срединные горизонты.
4. В каких почвах отмечается наличие гидрогенных горизонтов?
5. Особенности формирования галоморфных горизонтов?
6. В результате, каких процессов формируются антропогенно-преобразованные горизонты?
7. Что такое генетические признаки почв?

Тема 3. Мировая реферативная база почвенных ресурсов

Цель: изучить реферативную базу почвенных ресурсов, как средство международной корреляции почвенной номенклатуры.

По инициативе ЮНЕП и при поддержке ФАО, ЮНЕСКО, Международного общества почвоведов была начата работа по созданию Международной реферативной базы почвенной классификации.

С 1980 г. по 1987 г. были проведены рабочие совещания ученых по согласованию основных принципов такой системы. Было признано, что международная классификация почв должна обобщать современные знания о почвах и служить средством их характеристики и идентификации в той же мере, как и для передачи информации об их распределении в различных ландшафтах, регионах, о свойствах как среды обитания растений, т. е. служить как научным, так и практическим целям.

Соответственно группировка почв должна строиться по свойствам, отражающим процессы почвообразования, а поскольку каждый аспект почвообразования связан с комплексом свойств, имеется возможность исчерпывающей характеристики почв малым числом параметров.

Мировая реферативная база почвенных ресурсов (WRB – World Reference Base for Soil Resources) не является классификацией в обычном смысле.

Ее основное предназначение – корреляция национальных почвенных классификаций, создание общепонятного языка, некого почвенного эсперанто, не подменяющего в то же время национальные системы.

WRB также должна служить средством общения почвоведов с непочвоведами, которые не одобряют обилие классификаций в почвоведении, в нюансы которых не имеют возможности вникать.

Мировая реферативная база почвенных ресурсов имеет двухуровневую неиерархическую систему построения. Первый уровень представлен 30 реферативными почвенными группами (РПГ).

На втором уровне предлагается уточнить название, добавляя к нему модификатор (классификатор). Всего предлагается к использованию 121 модификатор, которые могут уточняться с помощью

10 префиксов. Компилятивный характер WRB определил сложную, неоднозначную структуру этой классификации.

Диагностика почвенных групп и единиц низшего уровня производится по формальным количественным признакам. Предмет диагностики: почвенный профиль. Гидротермические показатели не учитываются.

Диагностика реферативных почвенных групп основывается на наличии диагностических горизонтов, признаков и сочетаний горизонтов. WRB декларирует, что выделение диагностических горизонтов и свойств производится с учетом почвенно-генетических процессов, и для определения групп используются «первичные», «главные» почвообразовательные процессы.

Другой декларируемый WRB момент – возможность диагностики почв в поле: авторы классификации постарались максимально использовать для диагностики почвенных горизонтов их морфохроматические и текстурные характеристики. Однако в большинстве случаев этого оказалось недостаточно, и пришлось ввести в диагностические показатели химические свойства и минералогический состав.

Номенклатура, используемая для почвенных групп и квалификаторов в WRB носит компилятивный характер. Часть названий почвенных групп заимствованы у русской почвенной школы (Chernozems, Solonchaks, Solonetz, Podzols), некоторые являются производными от названий почв в национальных почвенных классификациях (Gleysols, Kastanozems, Andosols) или прямо заимствованы из Soil Taxonomy США (Histosols, Vertisols), большинство же искусственно создано на основе латинских корней (Leptosols, Fluvisols, Ferralsols и т. д.). Иногда это создает определенное неудобство, так как подзол русской школы не вполне соответствует подзолу WRB, так же как гистосоли американской классификации имеют несколько иные диагностические критерии (и совсем другое подразделение на таксоны низших рангов), чем гистосоли WRB.

Определения *реферативных почвенных групп* даны без учета количественных признаков.

Acrisols / акрисоли – почвы, имеющие горизонт аккумуляции малоактивной глины (глины с низкой емкостью катионного обмена) и низкую насыщенность основаниями. Название образовано от лат. acer – уксус, очень кислый, в связи с низкой насыщенностью

основаниями. Формируются в тропических и субтропических регионах с интенсивным выветриванием на плейстоценовых и более древних поверхностях.

Albeluvisols / альбелювисоли – кислые почвы, имеющие отбеленный горизонт, залегающий на горизонте аккумуляции глины, обычно проникающий в последний в виде языков. Название представляет собой комбинацию квалификатора Albic (почва, имеющая отбеленный горизонт; от лат. albus – белый) и названия почвенной группы *Luvisols.*

Alisols / алисоли – почвы, имеющие горизонт аккумуляции активной глины (глины с высокой емкостью катионного обмена) и поглощающий комплекс, насыщенный алюминием. Название – от лат. alumen – алюминий, в связи с его высоким содержанием. Как и *акрисоли,* распространены в тропических и субтропических областях, но отличаются от них высокой активностью глины.

Andosols / андосоли – молодые почвы на вулканических отложениях. Название, производное от «андо» (яп. an – темный, do – почва). Сам термин «андосоли» является неким лингвистическим курьезом: корень «почва» в нем повторяется дважды, по-японски и по-латыни (solum). Распространены во всех районах повышенной вулканической активности, особенно по побережью Тихого океана.

Anthrosols / антросоли – почвы, генезис которых определяется деятельностью человека. Название – от греч. anthropos – человек. Встречаются повсеместно в районах высокой плотности и хозяйственной активности человека.

Arenosols / ареносоли – слаборазвитые песчаные почвы. Название происходит от лат. arena – песок. Широко распространены по всему миру.

Calcisols / кальцисоли – почвы с аккумуляцией вторичного карбоната кальция. Название – от лат. calx – известь. Характерны для областей со средиземноморским и семиаридным субтропическим климатом в обоих полушариях.

Cambisols / камбисоли – относительно слаборазвитые почвы, в которых почвообразование проявляется преимущественно изменением окраски и структуры горизонтов. Название – от лат. cambiare – изменять. Широко распространены на молодых поверхностях умеренных бореальных областей, в горных районах, а также в аридных областях.

Chernozems / черноземы – почвы, имеющие мощный, богатый органическим веществом темный поверхностный горизонт, содержащие в нижних горизонтах карбонат кальция. Название заимствовано из русской почвенной школы. Соответствие термина WRB и русского термина неполное: в группу черноземов попадают не только черноземы, но и лугово-черноземные и луговые почвы русской школы. Распространены в степях умеренных областей Евразии и Северной Америки.

Cryosols / крайосоли – почвы, подстилаемые вечной мерзлотой в пределах 1 м от поверхности. Название – от греч. kraios – холод. Распространены в арктических, антарктических, субарктических, реже бореальных областях с холодном субгумидным или семиаридным климатом.

Durisols / дурисоли – почвы, имеющие аккумуляции вторичного педогенного опала. Название – от лат. durus – твердый. Распространены в районах с аридным и семиаридным, реже средиземноморским климатом.

Ferralsols / ферральсоли – мощные, сильно выветрелые почвы, состоящие из химически бедного, но физически прочного материала. Название произошло от лат. ferrum – железо и alumen – алюминий. Распространены в гумидных тропиках на древних стабильных поверхностях/

Fluvisols / флювисоли – молодые почвы на современных аллювиальных отложениях: пойменные почвы, почвы маршей и мангров. Типичными признаками флювисолей являются слоистость почвообразующей породы и неравномерное убывание содержания органического углерода по профилю. Название произошло от лат. fluvius – река. Встречаются на всех континентах в любых климатических условиях. Наибольшее распространение флювисолей связано с крупными речными дельтами, поймами рек и пологими прибрежными равнинами.

Gleysols / глейсоли – почвы, периодически или постоянно переувлажненные. Название произошло от просторечного русского слова «глей», обозначающего переувлажненные почвы. Встречаются на всех континентах, однако наиболее широко представлены в холодных гумидных областях, в тропиках и субтропиках.

Gypsisols / гипсисоли – почвы с аккумуляцией вторичного педогенного гипса. Название происходит от лат. gypsum – гипс. Характерны гипсисоли для наиболее аридных областей.

Histosols / гистосоли – почвы, состоящие из органических остатков. Название произошло от греч. histos — ткань. Половина площади, покрытой этими почвами, приходится на тундровую и северотаежную зоны.

Kastanozems / каштаноземы – почвы, имеющие мощный, богатый органическим веществом темно-коричневый горизонт, под которым залегают горизонты, богатые карбонатом кальция или гипсом. Название является производным от термина русской почвенной школы «каштановые почвы». Трактовка каштаноземов в WRB несколько шире, чем в русской школе: помимо собственно каштановых почв, в эту группу попадают коричневые и серо-коричневые почвы.

Leptosols / лептосоли – крайне маломощные почвы, подстилаемые плотной породой или рыхлым каменисто-гравийным материалом. Название произошло от греч. leptos – тонкий. Встречаются повсеместно на молодых поверхностях, особенно широко распространены в горных районах.

Lixisols / ликсисоли – почвы, имеющие горизонт аккумуляции малоактивной глины с низкой емкостью катионного обмена и высокую насыщенность основаниями. Название произошло от лат. lixivia – промывание. Эти почвы обнаруживаются преимущественно в районах с тропическим, субтропическим и теплым умеренным климатом с выраженным засушливым сезоном.

Luvisols / лювисоли – почвы, имеющие горизонт аккумуляции активной глины с высокой емкостью катионного обмена и с высокой насыщенностью основаниями. Название произошло от лат. luere – промывать. Широко распространены в районах с умеренным гумидным и субгумидным, реже субтропическим климатом.

Nitisols / нитисоли – мощные темно-красные, бурые или желтые глинистые почвы, имеющие ясно выраженную ореховатую структуру с блестящими поверхностями педов. Название произошло от лат. nitidus – блестящий.

Phaeozems / файоземы – почвы, имеющие мощный, богатый органическим веществом, темный верхний горизонт и признаки

вымывания из профиля карбоната кальция. Название – от греч. phaios – тусклый.

Planosols / планосоли – почвы, имеющие отбеленный, периодически насыщенный влагой горизонт, подстилаемый относительно водоупорным горизонтом. Название произошло от лат. planus – плоский, ровный. Встречаются главным образом в теплых районах с отчетливым разделением на сухой и влажный сезоны.

Plinthisols / плинтисоли – переувлажненные почвы, содержащие необратимо затвердевающий горизонт, представляющий собой смесь глины, кварца и соединений железа. Название произошло от греч. plinthos – кирпич. Встречаются преимущественно в тропиках, хотя отмечается их присутствие на древних поверхностях в субтропических и умеренных областях.

Podzols / подзолы – кислые почвы, имеющие горизонт красноватого или буроватого (до черного) цвета, содержащий иллювиированные соединения алюминия с органическим веществом. Название заимствовано из русского языка. Следует иметь в виду, что термин подзол WRB не вполне соответствует термину русской школы.

Regosols / регосоли – слаборазвитые почвы суглинистого и глинистого механического состава, формирующиеся на аллювиальных или вулканических отложениях. Название произошло от греч. rhegos – покров. Распространены по всему миру, однако не образуют крупных массивов.

Solonchaks / солончаки – избыточно засоленные почвы. Название заимствовано из русского языка. Широко распространены на всех континентах в аридных и семиаридных областях.

Solonetz / солонцы – почвы, имеющие горизонт аккумуляции глины, поглощающий комплекс которых насыщен натрием. Название заимствовано из русской почвенной школы и практически не встречается разночтений в разных национальных классификациях и WRB.

Umbrisols / умбрисоли – кислые почвы, имеющие мощный, богатый органическим веществом, темный поверхностный горизонт. Название – от лат. umbra – тень. Распространены в холодных, влажных, обычно горных районах. Встречаются практически по всему миру, формируя высотный почвенный пояс во многих горных системах мира.

Vertisols / вертисоли – темноокрашенные глинистые почвы, набухающие при увлажнении и растрескивающиеся при высыхании. Как правило, вертисоли характеризуются преобладанием смектитов в составе глины. Название происходит от лат. vertere – оборачивать, что связано с самоперемешиванием этих почв в результате разбухания глин. Распространены преимущественно в тропических и субтропических областях, хотя встречаются и в районах с умеренным климатом.

На втором уровне классификации название почвы, отнесенной к определенной реферативной группе, уточняется с помощью *модификаторов* по достаточно жестким количественным критериям.

Модификатор не может противоречить определению реферативной группы, а также не должен повторять это определение. Например, черноземы не могут быть дистриковыми (ненасыщенными основаниями) или эутриковыми (насыщенными основаниями), поскольку по определению насыщены основаниями.

Модификаторы не приводятся в тех случаях, когда не найдены почвенные профили определенных почвенных групп с обозначаемыми ими свойствами. Некоторые модификаторы созданы для использования только в одной почвенной группе.

Перед названием реферативной почвенной группы приводится не более двух модификаторов, причем они должны указываться в строго определенном порядке: на второе место всегда ставится модификатор, стоящий выше в списке приоритетности. Если двух модификаторов недостаточно, после названия реферативной группы дополнительно приводятся модификаторы в скобках, через запятую.

Ниже приведены модификаторы в алфавитном порядке, также указаны префиксы:

Abruptic / абраптик. Наличие резкого текстурного перехода.

Aceric / ацерик. Кислая реакция и пятна ярозита в пределах 100 см от поверхности (только в группе *солончаков).*

Acric / акрик. Сильновыветрелый горизонт с признаками аккумуляции глины и низкой насыщенностью основаниями (только в группе *ферральсолей).*

Acroxic / акроксик. Наличие горизонта с низкой емкостью катионного обмена (только в группе *андосолей).*

Albic / альбик. Наличие осветленного горизонта в пределах 100 см от поверхности: *hiperalbi* – осветленный горизонт начина-

ется в пределах 50 см, а заканчивается ниже 100 см от поверхности; *glossalbi* – осветленный горизонт имеет языковатую границу, проникающую в глинистый или солонцовый горизонт.

Alcalic / алкалик. Щелочная (водный pH > 8,5) реакция среды в верхних горизонтах.

Alic / алик. Наличие глинистого горизонта с высокой емкостью катионного обмена, насыщенного алюминием.

Alumic / алюмик. Наличие горизонта, насыщенного алюминием.

Andic / андик. Наличие горизонта, богатого аморфными алюмосиликатами (*silandi*) или алюминием в комплексах с органическим веществом (*aluandi).*

Antraquic / антраквик. Наличие пахотного горизонта, переувлажненного за счет застоя воды на плужной подошве.

Anthric / антрик. Наличие горизонта, измененного в ходе сельскохозяйственного возделывания.

Anthropic / антропик. Наличие насыпного горизонта или изменения почвы в результате ее техногенного изменения (только в группе *регосолей).*

Aric /арик. Присутствие только остатков диагностических горизонтов вследствие глубокой вспашки.

Arenic / ареник. Гранулометрический состав легче супеси, по крайней мере до глубины 50 см.

Aridic / аридик. Наличие подверженного действию ветра поверхностного горизонта с низким содержанием органического вещества при отсутствии глинистой растрескивающейся корки.

Arzic / арзик. Обогащение нижних горизонтов почвы гипсом за счет воздействия сульфатных грунтовых вод.

Calcaric / калькарик. Наличие карбонатов как минимум на глубине от 20 до 50 см от поверхности.

Calcic / кальцик. Наличие уплотненного карбонатного горизонта или карбонатных новообразований в пределах 100 см от поверхности (*orthocalci-),* если содержание карбоната кальция выше 50% – *hypercalci-,* если имеются только мучнистые выделения карбонатов – *hypocalci-.*

Carbic / карбик. Наличие сцементированного органическим веществом иллювиального горизонта, который содержит железа недостаточно для того, чтобы покраснеть при прокаливании (только в группе *подзолов).*

Carbonatic / карбонатик. Щелочные почвы, содержащие соду.

Chernic / черник. Наличие хорошо оструктуренного, богатого органическим веществом, насыщенного основаниями темного поверхностного горизонта с ходами червей и землероев.

Chloridic / хлоридик. Почвы хлоридного засоления (только в группе *солончаков).*

Chromic / хромик. Наличие горизонта краснее 7,5 YR.

Cryic / крайик. Наличие вечной мерзлоты в пределах 100 см от поверхности.

Cutanic / кутаник. Наличие глинистых кутан в иллювиальном горизонте (только в группе *лювисолей).*

Densic / денсик. Наличие железистого прослоя, состоящего из ортштейнов (только в группе *подзолов).*

Duric / дурик. Наличие плотного, сцементированного кремнием горизонта.

Dystric / истрик. Наличие горизонтов с насыщенностью основаниями < 50% на глубине от 20 до 100 см от поверхности; наличие подобных горизонтов от 20 до 50 см от поверхности *(epidystri-*); наличие подобных горизонтов на всей глубине от 20 до 100 см от поверхности (*orthodystri-*); наличие на этом фоне горизонта с насыщенностью основаниями < 20% (*hyperdyetri-).*

Entic / энтик. Отсутствие отбеленного горизонта и наличие рыхлого иллювиального горизонта (только в группе *подзолов).*

Eutric / эутрик. Наличие горизонтов с насыщенностью основаниями > 50% на глубине от 20 до 100 см от поверхности; наличие подобных горизонтов от 50 до 100 см от поверхности *(endoeutri-*); их наличие на всей глубине от 20 до 100 см от поверхности (*orthoeutri-*); наличие на этом фоне горизонта с насыщенностью основаниями > 80% (*hypereutri-).*

Eutrisilic / эутрисилик. Наличие горизонта с высоким содержанием рентгеноаморфных алюмосиликатов, имеющего высокую емкость катионного обмена.

Ferric / феррик. Наличие сильновыветрелого горизонта, состоящего преимущественно из оксидов железа; если имеется подгоризонт > 25 см, состоящий из железисто-марганцевых новообразований более чем на 40%, то *hyperferri-.*

Fibric / фибрик. Органические почвы, более чем на 2/3 состоящие из распознаваемых растительных тканей (только в группе *гистосолей).*

Folic / фолик. Наличие сухого торфа или лесной подстилки > 20 см (только в группе *гистосолей).*

Fluvic / флювик. Наличие в профиле признаков слоистости и неравномерного распределения органического вещества по профилю.

Fragic / фраджик. Наличие плотного несцементированного горизонта с призматической структурой.

Fulvic / фулъвик. Наличие темного рыхлого органоминерального горизонта, содержащего комплексы алюминия с органическим веществом и аморфные алюмосиликаты (только для группы *андосолей).*

Garbic / гарбик. Наличие насыпного слоя, состоящего более чем на 35% из органических отходов.

Gelic / гелик. Наличие вечной мерзлоты в пределах 200 см от поверхности.

Gelistagnic / гелистагник. Наличие временного застоя влаги на границе длительной или вечной мерзлоты.

Geric / герик. Наличие чрезвычайно сильновыветрелого (до полного отсутствия первичных минералов) горизонта.

Gibbsic / гиббсик. Наличие горизонта мощностью более 30 см, содержащего более 25% гиббсита.

Glacic / гляцик. Наличие горизонта, состоящего почти полностью изо льда.

Gleyic / глейик. Наличие в профиле признаков переувлажнения и связанных с ним восстановительных условий; может быть на глубине 50-100 см от поверхности (*endogleyi-*), на глубине до 50 см от поверхности (*epigleyi-).*

Glossic / глоссик. Языковатая нижняя граница гумусового горизонта; гумусовый горизонт может быть насыщен (*molliglossi-)* или ненасыщен основаниями (*umbriglossi-).*

Greyic / грейик. Наличие отмытых минеральных зерен на гранях структурных отдельностей в гумусовом горизонте (только в группе *файоземов).*

Grumic / грумик. Наличие поверхностного горизонта мощностью более 3 см с очень прочной зернистой структурой.

Gypsic / гипсик. Наличие горизонта мощностью более 15 см, содержащего более 15% гипса; при содержании гипса > 60% – *hypergypsi-,* при содержании гипса 15-25% – *hypogypsi-.*

Gypsiric / гипсирик. Наличие горизонта мощностью более 15 см, содержащего более 5% гипса, хотя бы на глубине от 20 до 50 см от поверхности.

Haplic / гаплик. Отсутствие значимых признаков, кроме тех, что используются для диагностики группы.

Histic / гистик. Наличие влажного органического горизонта, который может состоять более чем на 2/3 из различимых растительных остатков (*fibrihisti-*), из разложившегося органического вещества (*saprihisti-*), а также быть погребенным *(thaptohisti-).*

Hortic / хортик. Наличие мощного пахотного горизонта (в группе *антросолей* его мощность более 50 см, в других группах – менее 50 см).

Humic / гумик. Высокое содержание органического вещества на значительную глубину; могут иметь поверхностный темный гумусовый горизонт, насыщенный (*mollihumi-*) или ненасыщенный основаниями (*umbrihumi-).*

Hydragric / гидраграик. Пахотные почвы, имеющие признаки застоя влаги на плужной подошве.

Hydric / гидрик. Наличие горизонта мощностью более 35 см, который способен удерживать более 100% влаги (только в *группе адосолей).*

Hyperskeletic / гиперскелетик. Содержание гравия или иного крупнозема в почве до глубины 75 см более 90%.

Irragic / ирраrик. Наличие в почве культурного горизонта, образовавшегося в результате ирригации.

Lamellic / ламеллик. Наличие признаков иллювиирования глины.

Leptic / лептик. Наличие твердой подстилающей породы на глубине от 25 до 100 см от поверхности; порода может залегать на глубине 50-100 см (*endolepti-*) или 25-50 см (*epilepti-).*

Lithic / литик. Наличие твердой подстилающей породы на глубине до 10 см; порода может состоять из фрагментов *(porali-thi-).*

Lixic / ликсик. Наличие сильновыветрелого горизонта, имеющего признаки накопления глины и насыщенность основаниями > 50%.

Luvic / лювик. Наличие горизонта иллювиирования глины с высокой емкостью катионного обмена и насыщенностью основа-

ниями; в группе *ареносолей* абсолютное увеличение содержания глины может составлять 3% (*hypoluvi-).*

Magnesic / магнезик. Превышение содержания магния над кальцием в почвенном поглощающем комплексе.

Mazic / мазик. Массивная структура и очень плотная консистенция верхних 20 см почвы (только для группы *вертисолей).*

Melanic / меланик. Наличие темного рыхлого органоминерального горизонта, содержащего комплексы алюминия с органическим веществом и аморфные алюмосиликаты (только для группы *андосолей),* эти почвы формируются только под травянистой растительностью).

Mesotrophic / мезотрофик. Насыщенность основаниями < 75% на глубине до 20 см (только для группы *вертисолей).*

Mollic / моллик. Наличие хорошо оструктуренного, богатого органическим веществом, темного гумусового горизонта, насыщенного основаниями.

Natric / натрик. Наличие обогащенного глиной горизонта с поглощающим комплексом, насыщенным натрием и/или магнием.

Nitic / нитик. Наличие глинистого горизонта с блестящими гранями структурных отдельностей.

Ochric / охрик. Наличие поверхностного горизонта бледной окраски с низким содержанием гумуса; может иметь тонкую корку на поверхности и легкий гранулометрический состав *(hyperochri-).*

Ombric / омбрик. Водный режим, регулируемый грунтовыми водами (только в группе *гистосолей).*

Oxyaquic / оксиаквик. Насыщение влагой в период таяния без оглеения (только в группе *крайосолей).*

Pachic / пачик. Наличие мощного, более 50 см, хорошо оструктуренного богатого органическим веществом темного горизонта, насыщенного или ненасыщенного основаниями.

Pellic / пеллик. Наличие поверхностного горизонта близкой к черной окраски (только в группе *вертисолей).*

Petric / петрик. Наличие сильно сцементированного горизонта в пределах 100 см от поверхности почвы; если такой горизонт залегает до глубины 50 см – *epipetri-.*

Petrocalcic / петрокальцик. Наличие горизонта, сцементированного карбонатом кальция.

Petroduric / петродурик. Наличие горизонта, сцементированного гидроксидом кремния.

Petrogypsic / петрогипсик. Наличие горизонта, сцементированного гипсом.

Petroplinthic / петроплинтик. Наличие горизонта, сцементированного оксидами и гидроксидами железа.

Petrosalic / петросалик. Наличие горизонта, сцементированного легкорастворимыми солями.

Placic / плацик. Наличие горизонта, сцементированного смесью органического вещества и соединений алюминия с железом или без такового (только для группы *подзолов).*

Plaggic / плаггик. Наличие глубокого пахотного горизонта с низкой насыщенностью основаниями и легким механическим составом.

Planic / планик. Наличие элювиального горизонта, подстилаемого более тяжелым по гранулометрическому составу слабопроницаемым горизонтом.

Plinthic / плинтик. Наличие железистого, бедного органическим веществом горизонта, который иногда не твердеет при многократном высушивании и намачивании *(paraplinthl-*), но чаще твердеет с образованием непрерывного (*hyperplinthi-*) горизонта или железистых стяжений (*orthiplinthi-*), если этот горизонт залегает до глубины 50 см, то *epiplinthi-.*

Posic / посик. Наличие горизонта, имеющего нулевой или положительный заряд, определяемый как разница значений солевого и водного pH (только для группы *ферралъсолей).*

Profondic / профондик. Наличие горизонта аккумуляции глины, в котором ее распределение таково, что ее содержание не падает более чем на 20% по сравнению с максимальным до глубины 150 см.

Protic / протик. Отсутствие развития почвенных горизонтов (только для группы *ареносолей).*

Reductic / редактик. Наличие анаэробных условий вследствие выделения $C0_2$, CH_4 и т. д. (только в группе *антресолей).*

Regie / регик. Отсутствие различимых почвенных горизонтов под горизонтами антропогенного происхождения (только в группе *антресолей).*

Rhendzic / рендзик. Наличие хорошо оструктуренного, богатого органическим веществом гумусового горизонта, содержащего более 40% эквивалента карбоната кальция, либо залегающего на подобном материале (только для группы *лептосолей).*

Rheic / реик. Водный режим, определяемый осадками.

Rhodic / родик. Наличие горизонта краснее, чем 5 YR.

Ruble / рубик. Наличие красноцветного горизонта краснее, чем 10 YR (только для группы *ареносолей).*

Ruptic / рантик. Двучленная почвообразующая порода.

Rustic / растик. Наличие сцементированного оксидами и гидроксидами железа горизонта (только для группы *подзолов).*

Salic / салик. Наличие горизонта, обогащенного легкорастворимыми солями в пределах 50-100 см от поверхности (*endosali-)* или 25-50 см от поверхности (*episali-*); если же содержание солей в этом горизонте меньше, чем требуется для выделения засоленных почв, – *hyposali-.*

Sapric / саприк. Наличие в органическом материале менее 1/6 различимых растительных остатков (только в группе *гистосолей).*

Silic / силик. Наличие в почвах, формирующихся на вулканических отложениях, горизонта, в котором аморфные алюмосиликаты преобладают над комплексами алюминия с органическим веществом (только для *группы андосолей).*

Siltic / силтик. Наличие пылеватого горизонта.

Skeletic / скелетик. Наличие 40-90% гравия или другого крупнозема в почвенном профиле на глубинах от 50 до 100 см *(endoskeleti-*) или от 20 до 50 см от поверхности (*episkeleti-).*

Sodic / содик. Содержание натрия в поглощающем комплексе > 15% или натрия и магния > 50% на глубине до 50 см, либо на глубине 50-100 см (*endosodi-*), либо содержание натрия > 6% от емкости катионного обмена (*hyposodi-).*

Spodic / сподик. Наличие горизонта вмывания и аккумуляции комплексов алюминия с органическим веществом, аморфных алюмосиликатов и оксидов и гидроксидов железа.

Spolic / сполик. Наличие насыпного горизонта, более чем на 35% состоящего из промышленных отходов (только для *антропиковых регосолей).*

Stagnic / стагник. Наличие признаков застоя влаги на внутрипочвенном водоупоре; эти признаки могут обнаруживаться на глубине от 50 до 100 см от поверхности (*tndostagn-).*

Sulphatic / сульфатик. Преимущественно сульфатное засоление в почве (только для группы *солончаков).*

Takyric / такырик. Наличие глинистой корки, растрескавшейся на полигоны, на поверхности почвы.

Tephric / тефрик. Наличие пирокластических материалов на глубине более 30 см от поверхности.

Terric / террик. Наличие пахотного горизонта, подвергшегося длительному применению органических удобрений.

Thionic / тионик. Наличие кислого, с пятнами ярозита горизонта (*orthithioni-*) или горизонта, содержащего сульфиды *(protothioni-).*

Toxic / токсик. Наличие в пределах 50 см от поверхности токсичных для растений концентраций иных ионов, чем алюминия, железа, натрия, кальция или магния.

Turbic / турбик. Наличие признаков криотурбации на поверхности и в профиле почвы (только для группы *крайосолей).*

Umbric / умбрик. Наличие хорошо оструктуренного, богатого органическим веществом, темного гумусового горизонта, ненасыщенного основаниями.

Urbic / урбик. Наличие насыпного горизонта, содержащего более 35% строительного мусора и артефактов (только *для антропиковых регосолей).*

Vermic / вермик. Наличие ходов червей и нор землероев более чем в 50% объема почвенного профиля.

Vertic / вертик. Наличие слитого горизонта.

Vetic / ветик. Наличие горизонта с крайне низкой емкостью катионного обмена глины.

Vitric / витрик. Наличие горизонта с высоким содержанием вулканического стекла.

Xanthic / ксантик. Наличие сильновыветрелого горизонта желтого или бледно-желтого цвета.

Yermic / ермик. Наличие бедного гумусом горизонта, покрытого тонким слоем эоловых отложений, представляющего собой плотную суглинистую корку (*nudiyermi-*) или аккумуляцию камней («пустынную мостовую»).

Префиксы, приводимые ниже, могут использоваться с любым модификатором; если требуется, к модификатору может быть добавлено два префикса. Модификатор с префиксом пишется как одно слово, например:

Bathi- / бати-. Наличие какого-либо диагностического горизонта, признака или материала на глубине от 100 до 200 см.

Cumuli- / кумули-. Наличие намывного почвенного горизонта мощностью более 50 см.

Endo- / эндо-. Наличие диагностических горизонтов или признаков в нижней части профиля, от 50 до 100 см от поверхности.

Epi- / эпи. Наличие диагностических горизонтов или признаков в верхней части профиля.

Hyper / гипер-. Сильное, избыточное проявление какого-либо свойства.

Hypo / гипо-. Слабое проявление какого-либо свойства.

Orthi- / орти-. Типичное проявление какого-либо свойства.

Para- / пара-. Проявление свойств, напоминающих диагностические (но не соответствующих количественному определению).

Proto- / прото-. Возможность или ранняя стадия проявления каких-либо свойств.

Thapto- / мапто . Наличие погребенного горизонта в пределах 100 см от поверхности.

Задания:

1. Изучить принципы построения и структуру Мировой реферативной базы почвенный ресурсов (WRB).
2. Познакомиться диагностикой и номенклатурой WRB.

Контрольные вопросы

1. Какова задача WRB?
2. Как создавалась WRB?
3. Каковы принципы построения и структураWRB?
4. В чем суть реферативных почвенных групп, модификаторов и префиксов?
5. Какие названия почвенных групп заимствованы из русской почвенной школы?

Тема 4. Закономерности географического распространения почв

Цель: изучить главные закономерности распространения почв.

Образование (генезис) любой почвы представляет собой результат взаимодействия факторов почвообразования. Поскольку в распределении факторов на земной поверхности наблюдаются

определенные закономерности, они отражаются на распределении почв.

Главные закономерности в географии почв выражаются следующими законами: закон горизонтальной (широтной) почвенной зональности, закон вертикальной почвенной зональности, закон фациальности почв, закон аналогичных топографических рядов.

Закон горизонтальной (широтной) почвенной зональности был сформулирован В. В. Докучаевым.

Сущность его заключается в том, что поскольку важнейшие факторы почвообразования (климат, растительность и животный мир) закономерно изменяются в широтном направлении с севера на юг, то и главные (зональные) типы почв должны последовательно сменять друг друга, располагаясь на земной поверхности широтными полосами (зонами).

Закон широтной почвенной зональности получил отражение в следующих двух главных направлениях. Первое направление заключается в наличии на территории суши земного шара последовательно сменяющих друг друга почвенно-биоклиматических (термических) поясов, характеризующихся сходством природных условий и почвенного покрова, обусловленных общностью радиационных и термических показателей.

В соответствии с этим законом в Северном полушарии выделяют пять основных широтных почвенно-биоклиматических поясов, обусловленных главным образом термическими особенностями климата: полярный, бореальный, суббореальный, субтропический и тропический. Аналогичные пояса могут быть выделены в Южном полушарии. Внутри поясов выделяют почвенно-географические зоны.

Второе проявление закона горизонтальной почвенной зональности выражается в разделении почвенно-биоклиматических поясов по совокупности условий почвообразования и общим чертам почвенного покрова на почвенные зоны – широтные полосы в связи с закономерной сменой не только термических условий, но и увлажнения и, как следствие, растительности.

Закон вертикальной почвенной зональности установлен В. В. Докучаевым. В условиях горного рельефа происходят закономерные последовательные изменения климата, растительности и почв в связи с изменением абсолютной высоты местности.

По мере поднятия от подножия гор к их вершинам понижается температура воздуха в среднем на 0,5°С на каждые 100 м абсолютных высот, что влечет за собой изменение количества выпадающих осадков и, как следствие, смен растительности и почв.

Эти изменения проявляются в образовании вертикальных растительно-климатических и почвенных поясов (вертикальных зон).

В общем виде последовательная смена зон аналогична их смене на равнинных пространствах при движении с юга на север.

Такая общая схема последовательной смены вертикальных почвенных зон может осложняться и нарушаться из-за особенностей горного рельефа (резкой смены абсолютных высот, крутизны и экспозиции склонов, типов макрорельефа – плоскогорье, межгорные впадины, разнообразие склонов и т. д.) и частой сменой почвообразующих пород.

Конкретный состав почвенных вертикальных зон определяется положением горной страны в системе широтных зон и абсолютными высотами ее рельефа.

Закон фациальности почв был сформулирован Л. И. Прасловым и И. П. Герасимовым. Заключается в том, что почвенный покров в отдельных меридиональных частях термических поясов и зон может заметно изменяться в связи с изменением климата под влиянием термодинамических атмосферных процессов.

Эти изменения обусловлены близостью или удаленностью конкретных частей пояса или зоны от морских и океанических бассейнов, а также влиянием горных систем и т. д.

Они проявляются в виде повышения или ослабления атмосферного увлажнения и континентальности климата. Такие изменения сказываются на растительности и проявлении почвообразовательных процессов.

Фациальные особенности почвенного покрова часто выражаются в дифференциации почв по температурному режиму (теплые, умеренные, холодные, непромерзающие, промерзающие, длительно промерзающие почвы и т. д.), в проявляющихся различиях в строении профиля (мощности гумусовых горизонтов и др.) и свойствах зонального типа или подтипа почв, а иногда и в появлении новых типов в данной фации.

Закономерности в географии почв, проявляющиеся в форме законов широтной и вертикальной зональности и закона фациальности почв, являются следствием закономерности изменения

биоклиматических условий на обширных территориях в связи с их широтным и меридиональным положением на материках.

Закон аналогичных топографических рядов сформулирован С. А. Захаровым. Отражает сходную закономерную смену почв по элементам мезо- и микрорельефа во всех зонах.

Сущность этого закона заключается в том, что в любой зоне распределение почв на элементах рельефа имеет аналогичныйхарактер.

Так, на возвышенных элементах залегают почвы, генетически самостоятельные (автотрофные), которым свойственны вынос подвижных продуктов почвообразования и аккумуляция малоподвижных, на пониженных элементах рельефа (шлейфы склонов, днища низин и западин, приозерные понижения, пойменные террасы и т. д.) расположены генетически подчиненные почвы (полугидроморфные и гидроморфные) с аккумуляцией подвижных продуктов почвообразования, привносимых с поверхностными и внутрипочвенными стоками с водоразделов и склонов, на склоновых элементах рельефа залегают переходные почвы, в которых по мере приближения к отрицательным формам рельефа возрастает аккумуляция подвижных веществ.

Задания:

1. Изучить закономерности географического распространения почв.
2. Познакомиться с законами географии почв.

Контрольные вопросы

1. Кто сформулировал закон горизонтальной почвенной зональности? В чем его сущность?
2. Сущность закона вертикальной почвенной зональности?
3. В чем заключается значение закона фациальности почв?
4. Что отражает закон аналогичных топографических рядов?
5. Для чего важно знать закономерности географии почв?

Тема 5. Структура почвенного покрова

Цель: изучить элементарные почвенные ареалы, классификацию почвенных комбинаций.

Дифференциация почвенного покрова на поверхности Земли определяется разнообразием географической среды. Состав, конфигурация и положение компонентов почвенного покрова относительно друг друга характеризуют его структуру.

Закономерности формирования почвенного покрова и его структура определены законами географии почв.

Структура почвенного покрова определяется пространственным размещением неоднородных почв на небольших территориях, и поэтому она наиболее полно раскрывается при крупномасштабном и детальном почвенном картографировании.

Эти неоднородности обуславливаются, главным образом, особенностями рельефа и почвообразующих пород.

Структура почвенного покрова – формы пространственных смен элементарных почвенных ареалов, в разной степени генетически связанных между собой и создающих определенный пространственный рисунок.

Элементарный почвенный ареал (ЭПА) – почвенный покров, внутри которого отсутствуют какие-либо почвенно-географические границы. ЭПА – самый низкий таксономический уровень структуры почвенного покрова.

Площади ЭПА изменяются в очень широких пределах – от нескольких квадратных метров (пятна солонцов среди каштановых почв) до нескольких тысяч гектаров (черноземные почвы).

Характеристика ЭПА определяется названием почвы, размерами и формой контура, а также расчлененностью его границ.

Элементарные почвенные ареалы, сменяя друг друга, образуют почвенные комбинации, которые и характеризуют структуру почвенного покрова конкретной территории.

Система регулярно чередующихся, в разной степени генетически связанных ЭПА образует *почвенную комбинацию (ПК).*

Факторы формирования почвенных комбинаций: рельеф, ускоренная водная эрозия, дефляция, аллювиальные и пролювиальные процессы, оползни, карстовые и суффозионные процессы, неоднородность почвообразующих пород, грунтовые воды, пестрота растительного покрова.

Почвенные комбинации представляют собой наименьшие целостные участки структуры почвенного покрова более сложные, чем ЭПА, таксономические единицы. ПК могут быть контрастными и неконтрастными.

Контрастные ПК образованы почвами, входящими в разные агропроизводственные или мелиоративные группы; неконтрастные состоят из почв одной агропроизводственной группы.

Например, почвенный покров, представленный пятнами болотно-подзолистых почв среди дерново-подзолистых – контрастная ПК; чередование дерново- средне- и слабоподзолистых почв – неконтрастная ПК.

Все почвенные комбинации по характеру их строения объединяются в шесть групп: сочетания, комплексы, мозаики, вариации, пятнистости, ташеты.

Почвенные комбинации происхождение которых связано с смикрорельефом, называют микроструктурами. Они представлены комплексами и пятнистостями.

Мезоструктруность почвенного покрова характеризуется мезокомбинациями, представляющими чередование средне- и крупноконтурных ЭПА и микрокомбинаций, связанное обычно с мезорельефом (сочетания и вариации) или с пространственной сменой почвообразующих пород (мозаики и ташеты).

Сочетания, комплексы и мозаики относятся к контрастным ПК, а вариации, пятнистости и ташеты – к неконтрастным ПК. Часто выделяют переходные почвенные комбинации.

Под сложностью почвенного покрова подразумевается его пестрота, зависящая от размеров почвенных контуров и степени их расчлененности.

Контрастность и сложность почвенного покрова определяют степень неоднородности его структуры. Минимальная неоднородность характерна для почв лесостепи, а максимальная – южной тайги на севере и сухих степей на юге.

И. И. Карманов выделил три основных группы *структур почвенного покрова* (СПП) в зависимости от агрономической совместимости: агрономически однородные СПП, агрономически неоднородные совместимые СПП, агрономически несовместимые СПП.

Помимо теоретического интереса, познание структуры почвенного покрова имеет большое практическое значение. Данные о структуре почвенного покрова используют при картографировании почв, при почвенном районировании, а также при сельскохозяйственной типизации и учете земель.

Задания:

1. Изучить теоретические основы структуры почвенного покрова.

2. Познакомиться с классификацией почвенных комбинаций и их практическим использованием.

Контрольные вопросы

1. Что такое структура почвенного покрова?

2. Дайте характеристику элементарного почвенного ареала.

3. Как объединяют почвенные комбинации по характеру их строения?

4. Назовите контрастные и неконтрастные почвенные комбинации.

5. Какие факторы оказывают влияние на формирование почвенных комбинаций?

Тема 6. Почвы арктической и тундровой зон

Цель: изучить условия почвообразования и классификацию почв арктической и тундровой зон.

Суровые климатические условия, вечная мерзлота и разнообразные мерзлотные явления, молодость ландшафтов, недавно освободившихся от ледника или моря, слабое функционирование биоты определяют главные особенности выветривания и почвообразования арктической зоны.

Существенной особенностью Арктики является широкое распространение современного оледенения. Ледниками покрыто около 30% площади всех островов.

В составе почвообразующих пород на свободной от ледников территории преобладают щебнистые элювиально-солифлюкционные, морские, часто засоленные и ледниковые отложения.

Растительность арктической зоны, в составе которой преобладаю мхи и лишайники, сильно разрежена и бедна по флористическому составу. В наиболее суровых северных районах отдельные куртины растительности занимают 5-10% площади, в южной части зоны растительность покрывает 50-60% поверхности, располагаясь полосами вдоль трещин, на поверхности развиты сине-зеленые водоросли.

Характерная особенность почвенного покрова этой зоны – ее прерывистый фрагментарный характер. Основными типами почв согласно «Классификация и диагностика почв России» (2004) являются петроземы, литоземы перегнойные, криоземы, криоземы грубогумусовые.

В типе петроземы выделяют следующие подтипы: типичные, оподзоденные, оллювиально-ожелезненные.

Тип литоземы перегнойные включает подтипы: типичные и потечно-гумусовые.

Тип криоземы подразделяется на подтипы: типичные, грубогумусированные, перегнойные, палево-метаморфизированные, глееватые.

Тип криоземы грубогумусовые включает подтипы: типичные, перегнойные, палево-метаморфизированные, глееватые.

По WRB – Leptic Cryosols. Leptosols.

Гидроморфные почвы представлены типом болотных арктических почв. Они формируются в условиях переувлажнения талыми водами ледников и снежников, а также на пониженных участках с застойными водами. В типе выделяют два подтипа: арктические болотные неглеевые и арктические болотные глеевые.

Тундровая зона расположена южнее арктической зоны. Здесь повсеместно распространена многолетняя мерзлота, которая оказывает значительное влияние на почвообразование и структуру почвенного покрова.

Согласно «Классификация и диагностика почв России» (2004) тундровые почвы отнесены к глееземам. Выделяют три типа: глееземы, глееземы криометаморфические, торфяно-глееземы. Подтипы выделяются по степени разложенности органогенного материала, проявлению признаков поверхностного осветления, криогенного ожелезнения и криотурбации.

Тип глееземы включает подтипы: типичные, грубогумусированные, перегнойные, оподзоленные, криогенно-ожелезненные, потечно-гумусовые, иллювиально-ожелезненные, криотурбированные.

Тип глееземы криометаморфические подразделяется на подтипы: типичные, грубогумусированные, перегнойные, оползоленные, криогенно-ожелезненные, криотурбированные.

Тип торфяно-глееземы включает подтипы: типичные, перегнойно-торфяные, потечно-гумусовые.

По WRB – Turbic Gleysols.

Тундрово-болотные почвы формируются в арктической и мохово-кустарничковой тундре занимая локальные мезо- и микропонижения, образуя комбинации с глееземами и торфяно-глеевыми почвами.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) их относят к торфяно-глееземам / торфяным олиготрофным почвам.

Тип торфяно-глееземы включает подтипы: типичные, перегнойно-торфяные, потечно-гумусовые.

Тип торфяные олиготрофные почвы подразделяется на подтипы: типичные, остаточно-эутрофные, деструктивные, пирогенные, слоисто-пепловые.

По WRB – Histic Cryosols.

Почвы арктической хоны не используются в сельском хозяйстве из-за крайне суровых климатических условий.

В народном хозяйстве они имеют значение как охотничьи угодья и резерваты для сохранения и поддержания численности редких видов животных (белый медведь, овцебык, белый канадский гусь и др.).

В субарктической зоне основная форма сельскохозяйственного использования почв развитие оленеводства.

Развито очаговое земледелие, которое приурочено к почвам легкого гранулометрического состава, прежде всего по долинам рек с более мягким климатом и более глубоким деятельным слоем.

Задания:

1. Познакомиться с особенностями почвообразования и классификацией почв арктической и тундровой зоны.

2. Определить возможность сельскохозяйственного использования данных почв.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику особенностям почвообразования арктической зоны.

2. Классификация арктических почв.

3. Особенности почвообразования тундровой зоны.

4. Классификация тундровых почв.

5. Сельскохозяйственное использование арктических и тундровых почв.

Тема 7. Почвы таежно-лесной зоны

Цель: изучить условия почвообразования и классификацию почв таежно-лесной зоны.

Зона включает три биоклиматические области: Европейско-Западно-Сибирскую, восточно-Сибирскую и Дальневосточную. Климат характеризуется избыточным увлажнением и ограниченным поступлением тепла солнечной радиации. Автоморфные почвы образуются в условиях промывного водного режима, а в некоторых районах - мерзлотного.

Рельеф характеризуется большим разнообразием форм, связанных с деятельностью ледника.

Почвообразующие породы преимущественно ледникового происхождения: моренные отложения, бескарбонатные и карбонатные различного гранулометрического состава; покровные суглинки, древнеаллювиальные, преимущественно песчаные и супесчаные отложения древних речных террас; двучленные породы – пески и супеси.

Растительный покров обусловлен, прежде всего, широтно-зональной изменчивостью климата и в определенной мере фациальной – фациальной. Северная тайга представлена изреженными еловыми лесами с примесью березы, осины, лиственницы. Травянистая растительность не развивается, преобладают мхи. Широко распространена болотная растительность: болотные кустарники, мхи. В средней тайге преобладают еловые леса на суглинистых почвах, сосновые – на легких почвах. Травянистая растительность крайне изрежена, преобладает моховой покров. Южная тайга представлена темнохвойными лесами с примесью широколиственных. Под пологом этих лесов развит травянистый покров.

Глееподзолистые почвы формируются под северо-таежными редкостойными хвойными и смешанными лесами с мохово- и лишайниково-кустарничковым напочвенным покровом.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) распространенные здесь глееподзолистые почвы, являются подтипом в типе подзолистые почвы.

По WRB – Epigleyic Albeluvisols.

На легких породах, обеспечивающих свободный внутренний дренаж, в зоне северной тайги формируются подзолистые иллювиально-гумусовые почвы.

Согласно «Классификация и диагностика почв России» (2004) они относятся к типам подзолы, сухоторфяно-подзолы.

Тип подзолы включает подтипы: грубогумусированные, перегнойные, иллювиально-железистые, иллювиально-гумусовые, охристые, псевдофибровые, языковатые, литобарьерные, глинисто-иллювиированные, контактно-осветленные, глееватые, турбированные.

Тип сухоторфяно-подзолы включает подтипы: иллювиально-гумусовые, иллювиально-железистые, охристые, турбированные.

По WRB –Albic Podzols.

В холодных гумидных областях в зонах северной и средней тайги (а также в тундре и лесотундре) на легких и хрящеватощебнистых породах встречаются почвы без внешних признаков оподзоленности, с бурым цветом верхнего минерального горизонта – подбуры.

Почвообразование подбуров идет в условиях свободного дренажа. Специфика климатических условий (крайне холодный климат), молодость почв, богатство пород железом и алюминием приводит к мобилизации полуторооксидов при выветривании. В профиле преобладаю процессы накопления гидроокисей железа и алюминия над процессами их выноса и перераспределения.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) подбуры самостоятельный тип почв, включающий подтипы: грубогумусированные, перегнойные, оподзоленные, иллювиально-железистые, иллювиально-гумусовые, охристые, литобарьерные, глинисто-иллювиированные, глееватые, турбированные.

По WRB – Turbic, Spodic. Folic Cryosols. Entic Podzols.

Болотно-подзолистые почвы распространены преимущественно в зонах северной и средней тайги на слабодренированных территориях (плоские равнины, неглубокие понижения), которые характеризуются временным застоем поверхностных вод (верховодки).

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) они относятся к типу подзолисто-глеевые, включающему подтипы: типичные, перегнойные, конкреционные, языковатые, турбированные.

По WRB – Gleyic, Histic-Gleyic Albeluvisols.

Болотные почвы широко распространены на земном шаре в разных природных зонах. Образование болотных почв может происходить в результате заболачивания водоемов и суши.

Болотные почвы формируются в результате болотного почвообразовательного процесса. При сочетании с другими процессами он может приводить к образованию большого разнообразия полугидроморфных почв.

Болотные массивы необходимо рассматривать как уникальные экосистемы, большая часть которых должна быть сохранена в природном состоянии.

Согласно «Классификация и диагностика почв России» (2004) болотные почвы относятся к торфяным эутрофным, торфяным олиготрофным, сухоторфяным.

Тип торфяные эутрофные включает подтипы: типичные, перегнойно-торфяные, иловато-торфяные, пирогенные, слоисто-пепловые.

Тип торфяные олиготрофные почвы подразделяется на подтипы: типичные, остаточно-эутрофные, деструктивные, пирогенные, слоисто-пепловые.

Тип сухоторфяные почвы включает один подтип типичные.

По WRB – Histosols.

Торфяные и торфяно-глеевые болотные верховые почвы приурочены к водораздельным пространствам и террасам с небольшими уклонами и слаборассеченной поверхностью.

Они развиваются в условиях застойного увлажнения под воздействием пресных или очень слабо минерализованных вод, атмосферных осадков без влияние грунтовых вод.

Согласно «Классификация и диагностика почв России» (2004) они относятся к торфяным олиготрофным и торфяно-глееземам.

Тип торфяные олиготрофные почвы подразделяется на подтипы: типичные, остаточно-эутрофные, деструктивные, пирогенные, слоисто-пепловые.

Тип торфяно-глееземы включает подтипы: типичные, перегнойно-торфяные, потечно-гумусовые.

По WRB – Cryic. Fibric. Ombric Histosols. Histic Gleysols.

Торфяные и торфяно-глеевые болотные низинные и переходные почвы распространены во всех природных зонах Российской

Федерации. Формирование почв происходит под влиянием избыточного увлажнения минерализованными грунтовыми водами.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) данные почвы относятся к типу торфяные эутрофные и включает подтипы: типичные, перегнойно-торфяные, иловато-торфяные, пирогенные, слоисто-пепловые.

По WRB – Eutric Histosols. Histic Gleysols.

Торфяные и торфяно-глеевые почвы низинных (в меньшей степени переходных) болот представляют собой ценные сельскохозяйственные угодья при условии их осушения.

Глееземы таежные формируются в северной и средней тайге при условии затрудненного внутреннего дренажа поверхностной толщи.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) почвы выделяют в отделе «Глеевые почвы», тип глееземы и тип торфяно-глееземы.

Тип глееземы включает подтипы: типичные, грубогумусированные, перегнойные, оподзоленные, криогенно-ожелезненные, потечно-гумусовые, иллювиально-ожелезненные, криотурбированные.

Тип торфяно-глееземы подразделяется на подтипы: типичные, перегнойно-торфяные, потечно-гумусовые.

По WRB – Haplic Gleysols Gelic.

Подзолистые почвы формируются на равнинах и в горах преимущественно на суглинистых породах различного генезиса (моренных, покровных суглинках и др.) под хвойными среднетаежными мохово-кустарничковыми лесами в условиях хорошего дренажа и промывного водного режима.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) они выделяются на правах типа, включающего следующие подтипы: типичные, грубогумусовые, перегнойные, с микропрофилем подзола, палево-подзолистые, глееподзолистые, контактно-осветленные, глееватые, языковатые, турбированные.

По WRB – Haplic Albeluvisols.

В своем природном состоянии подзолистые почвы малопригодны для возделывания сельскохозяйственных культур, их плодородие лимитировано неблагоприятными химическими и физическими свойствами.

Дерново-подзолистые почвы формируются в результате подзолистого и дернового процессов почвообразования – это зональные почвы в южной зоне таежно-лесной области.

В «Классификация и диагностика почв России» (2004) они выделяются как тип дерново-подзолистых почв, включающий следующие подтипы: типичные, с микропрофилем подзола, дерново-палево-подзолистые, контактно-осветленные, языковатые, сегрегационно-отбеленные, со вторым гумусовым горизонтом, глееватые, турбированные.

По WRB – Umbric Albeluvisols.

Дерновые почвы в таежно-лесной зоне занимают небольшие площади, но они встречаются во всех подзонах и фациях. Дерново-карбонатные типичные почвы встречаются преимущественно на слабовыветренном маломощном элювии известняковых пород.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) тип дерново-карбонатных, подтип дерново-карбонатных типичных почв, частично соответствует темногумусовым почвам, карболитоземам темногумусовым, карбо-петроземам гумусовым.

Дерново-карбонатные выщелоченные почвы развиваются обычно на более выветренной и относительно мощной толще элементов делювия карбонатных пород. В условиях промывного и периодически промывного водного режима почвы идет процесс выщелачивания.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) тип дерново-карбонатных, подтип дерново-карбонатных выщелоченных почв, частично соответствует темногумусовым и серогумусовым почвам, метаморфизированному подтипу темногумусовых почв, отчасти бурозему темному, глинисто-иллювированному подтипу типа карболитоземов темногумусовых.

Дерново-карбонатные оподзоленные почвы формируются на сильновыщелоченных карбонатных породах или на породах, содержащих в исходном состоянии малое количество карбонатов.

По «Классификация и диагностике почв России» (2004) тип дерново-карбонатных, подтип дерново-карбонатных оподзоленных почв соответствует глинисто-иллювиированному подтипу темногумусовых и серогумусовых почв.

По WRB – Rhendzic Leptosols.

Дерново-глеевые почвы широко распространены в таежно-лесной области, формируются в условиях избыточного

увлажнения. Слабая дренированность территории или близкое залегание грунтовых вод обусловливают присутствие в профиле оглеенных или глеевых горизонтов.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) дерново-глеевые почвы относятся к типам: темногумусовые-глеевые, перегнойно-гумусовые глеевые, перегнойно-глеевые.

Тип темногумусовые глеевые почвы включает подтипы: типичные, перегнойно-гумусовые, глинисто-иллювиированные, омергеленные.

Тип перегнойно-гумусовые глеевые включает подтипы: типичные, иловато-перегнойные, солонцеватые, осолоделые, засоленные, омергеленные.

Тип перегнойно-глеевые включает подтипы: типичные, иловато-перегнойные, омергеленные.

По WRB – Histic Gleysols Humic.

Дерново-глеевые почвы потенциально плодородны, но требуют регулирования водно-воздушного режима.

Задания:

1. Познакомиться с особенностями почвообразования и классификацией и возможностью сельскохозяйственного использования почв северно-таежной, средне-таежной и южно-таежной зон.

2. Научиться определять таксономические единицы следующих почв:

- подзолистая остаточно-карбонатная суглинистая почва на покровном суглинке;
- дерново-подзолистая умеренно промерзающая слабодифференцированная песчаная почва на моренной супеси;
- мелко-подзолистая поверхностно-глееватая среднесуглинистая почва на аллювиальных отложениях.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте условия почвообразования таежно-лесной зоны.
2. Классификация глееподзолистых и иллювиально-гумусовых почв северной тайги.
3. Классификация болотно-подзолистых и болотных почв.
4. Условия образования и классификация подзолистых почв и дерново-подзолистых почв.
5. Процессы формирования дерново-карбонатных почв и их классификация.

6. Классификация дерново-глеевых почв.

7. Агрономическая характеристика и возможности сельскохозяйственного использования почв таежно-лесной зоны.

Тема 8. Серые лесные почвы лесостепной зоны и бурые лесные почвы широколиственных лесов

Цель: изучить принципы классификации серых лесных почв лесостепной зоны и бурых лесных почв широколиственных лесов.

Серые лесные почвы формируются в северной части лесостепной зоны под пологом широколиственных травянистых лесов в европейской части России и мелколиственных с примесью хвойных – в Сибири. В условиях периодически промывного водного режима. Благоприятные тепловой и водный режимы серых лесных почв обуславливают высокую активность биологических процессов.

Согласно «Классификация и диагностика почв России» (2004) выделяют следующие типы почв: серые лесные и темно-серые лесные.

В типе серые лесные выделяют следующие подтипы: типичные, со вторым гумусовым горизонтом, глееватые.

В типе темно-серые лесные выделяют следующие подтипы: типичные, со вторым гумусовым горизонтом, глееватые.

Светло-серые лесные включены в тип дерново-подзолистых почв. Выделяют следующие подтипы: типичные, со вторым гумусовым горизонтом, глееватые.

Теплые южноевропейские (теплые промерзающие) включают подтипы светло-серые лесные теплые, серые лесные теплые и темно-серые лесные теплые.

Умеренные восточноевропейские (умеренно теплые промерзающие) включают подтипы: светло-серые лесные, серые лесные и темно-серые лесные.

Холодные – западно- и среднесибирские (умеренные и умеренно холодные длительно промерзающие) включают следующие подтипы: светло-серые лесные холодные, серые лесные холодные и темно-серые лесные холодные.

Глубокопромерзающие или длительно мерзлые восточносибирские включают следующие подтипы: серые лесные глубоко

промерзающие или длительно мерзлые, темно-серые лесные глубоко промерзающие или длительно мерзлые.

По WRB – Albic Luvisols. Grey-Luvic Phaeozems.

По совокупности свойств светло-серые лесные почвы ближе к дерново-подзолистым почвам, а темно-серые лесные к черноземам. Эта двойственность выражается не только в свойствах, но и в географии серых лесных почв.

Серые лесные глеевые почвы – тип, встречающийся на участках с повышенным увлажнением (в западинах, на шлейфах склонов, на слабодренированных плоских водоразделах), под переувлажненными лесами или влажными вторичными лугами.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) – выделяется тип темно-серых лесных глеевых почв, подтипы: типичные, перегнойно-глеевые, со вторым гумусовым горизонтом.

По WRB – Albi-Gleyic Luvisols.

Зона серых лесных почв – важный земледельческий район страны. Положительными качествами почвы считаются достаточное влагообеспечение и содержание подвижных элементов минерального питания растений. На серых лесных почвах возделывают озимую и яровую пшеницу, свеклу, картофель, кукурузу, лен, многолетние травы и др.

Бурые лесные почвы широколиственных лесов распространены в умеренно теплых и влажных приокеанских областях суббореального пояса в Западной и Средней Европе и на Дальнем Востоке. На территории России в равнинных условиях они встречаются в Калининградской области, в Приморском крае, на юге Хабаровского края и в Амурской области.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) бурые лесные почвы относятся к типам: ржавоземы (подтипы: типичные, грубогумусированные, оподзоленные, турбированные), буроземы (подтипы: грубогумусовые, оподзоленные, глееватые, турбированные) и буроземы темные (подтипы: типичные, оподзоленные, глееватые, турбированные).

Фациальные подтипы формируются в разных климатических условиях: теплые кратковременно-промерзающие, умеренно-теплые длительно промерзающие, умеренно-холодные промерзающие, умеренно-холодные длительно промерзающие.

По WRB – Haplic Cambisols. Brunic Arenosols.

В благоприятных условиях рельефа бурые лесные почвы используются под зерновые, технические, кормовые, плодовые и овощные культуры. Набор культур и сортов определяется, в основном, теплообеспеченностью.

На Северном Кавказе бурые лесные почвы широко используются под виноградники.На Черноморском побережье Кавказа на бурых лесных почвах выращивают чай. На луговых подбелах Приморского края выращивают сахарную свеклу, сою, рис, кукурузу и подсолнечник.

В естественном состоянии бурые лесные почвы обеспечивают высокую продуктивность лесов.

Задания:

1. Познакомиться с условиями образования, классификацией и возможностью сельскохозяйственного использования серых и бурых лесных почв.

2. Научиться определять таксономические единицы следующих почв:

- светло-серая лесная высоковскипающая легкосуглинистая почва на лессовидном суглинке;
- серая лесная со вторым гумусовым горизонтом среднемощная глинистая почва на элювии красноцветных глин;
- темно-серая лесная остаточно-карбонатная мощная тяжелосуглинистая почва на покровном суглинке.

Контрольные вопросы

1. Условия образования серых лесных почв?
2. Классификация серых лесных почв.
3. Особенности образования бурых лесных почв.
4. Классификация бурых лесных почв.
5. Агрономическая оценка и возможности сельскохозяйственного использования серых и бурых лесных почв.

Тема 9. Черноземы лесостепной и степной зоны

Цель: изучить классификацию черноземов лесостепной и степной зоны.

Черноземные почвы формируются в лесостепной и степной зонах под травянистыми формациями, при периодически промывном и непромывном водном режиме на породах, содержащих карбонаты. Они занимают обширные пространства в европейской части России. Благодаря своим уникальным свойствам, огромным потенциальным возможностям черноземы занимают особое положение среди других типов почв.

В лесостепной зоне сформировались три подтипа черноземов, которым свойственны самостоятельные почвенные подзоны: оподзоленные, выщелоченные и типичные.

Основной ареал черноземов оподзоленных располагается в северной подзоне лесостепи, на границе с серыми лесными почвами. Почвы по морфологии и свойствам близки к серым лесным почвам.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) чернозем оподзоленный соответствует типу черноземы глинисто-иллювиальные. Тип делится на подтипы: типичные, оподзоленные, глееватые, гидрометаморфизированные.

Фациальные подтипы черноземов оподзоленных: очень теплые, кратковременно промерзающие; черноземы оподзоленные теплые и умеренно теплые промерзающие; черноземы оподзоленные холодные (умеренно или длительно промерзающие).

По WRB – Greyic-Luvic Phaeozems. Luvic Chernozems.

Основной ареал черноземов выщелоченных располагается к северу от черноземов типичных в условиях семигумидного климата.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) чернозем выщелоченный соответствует типу черноземы глинисто-иллювиальные. Тип делится на подтипы: типичные, оподзоленные, глееватые, гидрометаморфизированные.

Фациальные подтипы черноземов выщелоченных: очень теплые, кратковременно промерзающие; теплые и умеренно-теплые промерзающие, холодные (умеренные, длительно промерзающие).

По WRB – Greyic-Luvic Phaeozems. Luvic Chernozems.

Основной ареал черноземов типичных приурочен к южной части лесостепной зоны несколько южнее оподзоленных и выщелоченных черноземов.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) чернозем типичный соответствует типу черноземы. Тип делится на подтипы: сегрегационные, миграционно-мицеллярные, миграци-

онно-сегрегационные, криогенно-мицеллярные, дисперсно-карбонатные, солонцеватые, засоленные, осолоделые, слитизированные, гидрометаморфизированные.

Фациальные подтипы черноземов типичных: очень теплые, кратковременно и периодически промерзающие; теплые и умеренно теплые промерзающие; холодные (умеренно промерзающие).

По WRB – Vermic Chernozems.

В степной зоне выделяют два подтипа черноземов: черноземы обыкновенные и черноземы южные.

Черноземы обыкновенные распространены в северной части степной зоны.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) чернозем обыкновенный соответствует типу черноземы. Тип делится на подтипы: сегрегационные, миграционно-мицеллярные, миграционно-сегрегационные, криогенно-мицеллярные, дисперсно-карбонатные, солонцеватые, засоленные, осолоделые, слитизированные, гидрометаморфизированные.

Фациальные подтипы черноземов обыкновенных: очень теплые, кратковременно и периодически промерзающие; теплые, промерзающие; холодные (умеренно теплые, умеренно промерзающие); глубоко промерзающие и длительно мерзлотные (умеренные, длительно промерзающие).

По WRB –Calcic Chernozems.

Черноземы южные распространены южнее ареала обыкновенных черноземов.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) чернозем южный типу черноземы структурно-карбонатные. Тип делится на подтипы: типичные, солонцеватые, засоленные, осолоделые, гидрометаморфизированные.

Фациальные подтипы черноземов южных: очень теплые, кратковременно и периодически промерзающие; теплые промерзающие; холодные (умеренно теплые, умеренно промерзающие); глубоко промерзающие (умеренные длительно промерзающие).

По WRB – Calcic Chernozems.

На черноземных почвах выращивают зерновые, технические, масличные, плодовые культуры, в том числе виноград. Особенности сельскохозяйственного использования фациальных подтипов определяются, прежде всего, теплообеспеченностью и соответствующим набором культур.

Лугово-черноземные почвы известны также под названием черноземовидные почвы западин, темноцветные почвы, долинные почвы.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) лугово-черноземные почвы не выделяются как самостоятельный тип. Луговато-черноземные почвы выделяется на правах подтипа в типе черноземов глинисто-иллювиальных, а лугово-черноземные почвы на правах подтипа в типах черноземов и черноземов текстурно-карбонатных.

По WRB – Gleyic Chernozems.

По уровню плодородия лугово-черноземные почвы стоят выше черноземов и широко вовлекаются в сельскохозяйственное использование.

В лесостепной и степной зонах среди черноземов и лугово-черноземных почв встречается гидроморфный тип – луговые почвы.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) их относят к типу гумусово-гидрометаморфические. Выделяют следующие подтипы: типичные, осободелые, солонцеватые, засоленные, слитизированные, омергеленные.

По WRB – Mollic Gleysols. Gleyic Phaeozems.

Луговые почвы плодородны, используются под сенокосы, посевы зерновых и овощных культур.

Задания:

1. Познакомиться с классификацией и возможностью сельскохозяйственного использования черноземов.

2. Научиться определять таксономические единицы следующих почв:

- чернозем оподзоленный маломощный песчаный на элювии третичного песчаника;
- чернозем выщелоченный тучный мощный глинистый на делювиальной глине;
- чернозем типичный слитый малогумусный маломощный тяжелосуглинистый на элювии плотных коренных пород;
- чернозем обыкновенный слабосолонцеватый среднегумусный маломощный слабосмытый среднесуглинистый на лессовидном суглинке;
- чернозем южный осолоделый среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на тяжелом покровном суглинке.

Контрольные вопросы

1. Какие почвообразовательные процессы формируют профиль черноземных почв?
2. Классификация черноземов лесостепи.
3. Классификация черноземов степи.
4. Перечислите фациально-провинциальные особенности черноземов.
5. Назовите особенности сельскохозяйственного использования черноземов.

Тема 10. Каштановые почвы зоны сухих степей и бурые полупустынные почвы

Цель: изучить классификацию каштановых и бурых полупустынных почв.

Сухостепная зона тянется в виде широко полосы от восточного Предкавказья до Алтая. Кроме того к ней относятся островные массивы каштановых почв межгорных котловин восточной Сибири.

В соответствии с почвенно-географическим районированием в зоне сухой степи выделяют два подтипа каштановых почв: темно-каштановые и каштановые. Светло-каштановые почвы относят к типу каштановые. Однако поскольку по возможности их хозяйственного использования они близки к бурым полупустынным почвам, то в системе почвенно-географического районирования они относятся к пустынно-степной зоне.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) темно-каштановые почвы относятся к типу черноземы текстурно-карбонатные, каштановые почвы к типу – каштановые.

Тип черноземы текстурно-карбонатные включает подтипы: типичные, солонцеватые, засоленные, осолоделые. Фациальные подтипы: очень теплые периодически промерзающие, теплые кратковременно-промерзающие, теплые промерзающие, умеренно-теплые промерзающие, умеренные длительно-промерзающие.

Тип каштановые почвы включает подтипы: типичные, солонцеватые, засоленные, гидрометаморфизированные, турбированные. Фациальные подтипы: очень теплые периодически промерзающие, теплые кратковременно-промерзающие, теплые промер-

зающие, умеренно-теплые промерзающие, умеренные длительно-промерзающие.

WRB – Haplic. Gypsic Kastanozems.

Зона каштановых почв сухих степей имеет значение в сельскохозяйственном производстве. Здесь получили развитие, как зерновое хозяйство, так и животноводство. Различия в сельскохозяйственном использовании фациальных подтипов сводятся к набору культур и сортов разных сроков созревания.

Лугово-каштановые почвы распространены в сухостепной и полупустынной зонах среди каштановых и светло-каштановых почв.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) лугово-каштановые почвы выделяются в типе каштановых почв, подтип гидрометаморфизированные.

По WRB – Gleic Kastanozems.Gleyic Phaieozems.

Лугово-каштановые почвы верхних пойменных террас являются ценными земельными угодьями, используются как пастбища и сенокосы.

Бурые полупустынные почвы автоморфный тип почв полупустынной зоны, простирающийся относительно полосой от Калмыкии и Астраханской области на западе до восточных пределов равнинного Казахстана.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) бурые полупустынные почвы относятся к типу бурые (бурые аридные) и включают подтипы: типичные, солонцеватые, засоленные, гидрометаморфизированные, турбированные. Выделяют три фациальных подтипа: теплые кратковременно промерзающие, теплые промерзающие, умеренно-теплые длительно-промерзающие.

По WRB – Luvic Calcisols.

Характерной чертой полупустынной зоны является чрезвычайная пестрота почвенного покрова. Кроме бурых полупустынных почв основными компонентами комплексов являются солонцеватые почвы, солонцы и лугово-бурые почвы.

Лугово-бурые почвы формируются среди бурых полупустынных почв по понижениям в условиях периодического переувлажнения водами поверхностного стока или грунтовыми водами.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) лугово-бурые почвы относятся к типу бурых почв, подтипу гидрометаморфизированные.

По WRB – Luvic-Gleyic Calcisols.

Сельскохозяйственное использование бурых полупустынных почв резко ограничивается недостатком влаги. Поэтому без орошения земледелие не имеет перспектив. При орошении в этой зоне выращивают ценные сельскохозяйственные культуры: овощи, бахчевые, плодовые и др.

Пустынно-степная зона традиционно является зоной пастбищного экстенсивного животноводства, в первую очередь овцеводства.

Задания:

1. познакомиться с условиями образования, классификацией и возможностью сельскохозяйственного использования каштановых и бурых полупустынных почв.

2. Научиться определять таксономические единицы следующих почв:

- светло-каштановая солончаковатая среднесмытая тяжелосуглинистая почва на покровном суглинке;
- каштановая неполноразвитая маломощная суглинистая почва на элювии известняков.
- темно-каштановая слабосолонцеватая легкосуглинистая почва на карбонатной супеси.

Контрольные вопросы

1. Особенности условий почвообразования зоны сухих степей.
2. Классификация каштановых почв.
3. Перечислите особенности почвообразования полупустынной зоны.
4. Классификация бурых полупустынных почв.
5. Особенности сельскохозяйственного использования каштановых и бурых полупустынных почв.

Тема 11. Засоленные почвы и солоди

Цель: изучить классификацию засоленных и щелочных почв.

Засоленные и щелочные почвы встречаются в различных почвенно-биоклиматических поясах, областях и зонах, т. е. относятся

к почвам интразональным. Наибольшие площади этих почв приурочены к аридным областям.

Засоленными называются почвы, содержащие в профиле легкорастворимые соли в количестве, токсичном для растений не галофитов.

К группе засоленных почв относятся как самостоятельные типы почв – солончаки, так и солончаковатые и засоленные почвы (слабо, средне, сильно), которые не являются самостоятельным типом, а выделяются на родовом уровне в различных типах почв: черноземах, каштановых, аллювиальных и т. д.

Солончаки – это почвы, засоленные с поверхности, содержащие в верхней 10-сантиметровой толще легкорастворимые (токсичные) соли в количестве не менее 1% (по данным водной вытяжки).

Солончаки чаще всего формируются в условиях аридного и семиаридного климата степной, сухостепной и полупустынной зон, в отрицательных элементах рельефа: котловинах, впадинах, поймах и дельтах рек, а также на приозерных террасах, берегах морей и озер.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) следующие типы солончаков: солончаки, солончаки глеевые, солончаки сульфидные, солончаки темные, солончаки торфяные, солончаки вторичные.

Тип солончаки включает четыре подтипа: типичные, такыровидные, солонцеватые, слабодифференцированные (литогенные).

Тип солончаки глеевые включает одни подтип – типичные.

Тип солончаки сульфидные включает одни подтип – типичные.

Тип солончаки темные включает три подтипа: типичные, солонцеватые, омергеленные.

Тип солончаки торфяные одни подтип – типичные.

Тип солончаки вторичные включает три подтипа: солончаки вторичные по черноземам, солончаки вторичные по каштановым почвам, солончаки вторичные по солонцам.

По WRB – Solonchaks.

Использование солончаков в земледелии возможно только после сложной мелиорации. Хорошими освоителями засоленных почв во время мелиоративных работ являются люцерна, ячмень, просо, пшеница.

Солонцы – это почвы, содержащие в поглощенном состоянии повышенное количество обменного натрия в иллювиальном

горизонте (более 15% от ЕКО) или обменного магния (более 40%) при меньшем, чем 15% содержании обменного натрия.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) выделяют следующие типы солонцов: солонцы темные, солонцы светлые, солонцы гидрометаморфические темные, солонцы гидрометаморфические светлые.

Тип солонцы темные делится на подтипы: типичные, гидрометеморфизированные, турбированные.

Тип солонцы светлые делится на подтипы: типичные, гидрометаморфизированные, турбированные.

Тип солонцы гидрометаморфические темные делится на подтипы: темные типичные, темные турбированные.

Тип солонцы гидрометаморфические светлые делится на подтипы: светлые типичные, светлые турбированные.

По WRB – Solonets.

Солонцы обладают комплексом отрицательных агрономических свойств. Для улучшения их свойств проводят мелиоративные мероприятия.

Солоди – это гидроморфные и полугидроморфные почвы, сформировавшиеся в условиях промывного или интенсивного периодически промывного водного режима в мезо- и микропонижениях под гидроморфными растительными сообществами.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) выделяют следующие типы солодей: дерново-солоди, солоди темногумусовые, дерново-солоди глеевые, солоди перегнойно-темногумусовые гидрометаморфические.

Тип дерново-солоди делится на подтипы: типичные, глееватые, гидрометаморфизированные, турбированные.

Тип солоди темногумусовые делится на подтипы: типичные, глееватые, гидрометаморфизированные.

Тип дерново-солоди глеевые делится на подтипы: типичные, турбированные.

Тип солоди перегнойно-темногумусовые гидрометаморфические делится на подтипы: типичные, турбированные.

По WRB – Planosols. Solonets.

Низкое естественное плодородие солодей затрудняет использование их в сельском хозяйстве. Травяные экосистемы на солодях можно использовать как сенокосы и пастбища, а колочные леса – как источник древесины и водоохранные угодья.

Задания:

1. Познакомиться с распространением и классификацию солонцов, солончаков и солодей, особенностями их сельскохозяйственного использования.

2. Научиться определять таксономические единицы следующих почв:

- солончак глеевый типичный хлоридный поверхностный глинистый;
- солонец темный типичный смешанный корковый призматический тяжелосуглинистый;
- солодь темногумусовая типичная средняя суглинистая.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам выделяют засоленные почвы?
2. Условия образования и классификация солончаков.
3. Какие почвы называют солонцами?
4. Классификация солонцов.
5. Что такое солоди?
6. Классификация солодей.
7. Сельскохозяйственное использование солончаков, солонцов и солодей.

Тема 12. Аллювиальные почвы пойм

Цель: изучить классификацию аллювиальных почв и особенности их сельскохозяйственного использования.

Почвы пойм и дельт относятся к отделу аллювиальных почв, принадлежащему к стволу синлитогенных. Общей особенностью их является протекания почвообразования одновременно с аккумуляцией свежего органо-минерального материала, что приводит к постоянному омолаживанию верхней части почвенного профиля.

Пойменные почв формируются в результате двух групп процессов – поемно-аллювиальных и собственно почвообразовательных. Процесс почвообразования в пойме включает процесс затопления и период после ухода воды. Ведущим процессом почвообразования является дерновый.

Почвенный покров пойм характеризуется разновозрастностью и динамичностью. По характеру водного режима и связанным

с ним условиями аллювиальные почвы делятся на три группы: дерновые, луговые и болотные.

Аллювиальные дерновые почвы формируются в прирусловой части поймы, а также по гривам центральной поймы, в условиях кратковременного увлажнения паводковыми водами.

Аллювиальные луговые почвы формируются преимущественно на суглинистом и глинистом аллювии в центральной пойме, а также по пониженным элементам прирусловой поймы.

Аллювиальные болотные почвы формируются в условиях длительного паводкового и устойчиво атмосферно-грунтового увлажнения.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) аллювиальные почвы подразделяются на следующие типы: аллювиальные серогумусовые (дерновые), аллювиальные темногумусовые, аллювиальные торфяно-глеевые, аллювиальные перегнойно-глеевые, аллювиальные серогумусовые (дерновые) глеевые, аллювиальные темногумусовые гидрометаморфические, аллювиальные слитые.

Тип аллювиальные серогумусовые (дерновые) включает подтипы: типичные, оподзоленные, глееватые, турбированные.

Тип аллювиальные темногумусовые делится на подтипы: типичные, солонцеватые, засоленные, слитизированные, глееватые, гидрометаморфизированные.

Тип аллювиальные торфяно-глеевые включает подтипы: типичные, омергеленные, оруденелые, торфяно-минеральные.

Тип аллювиальные перегнойно-глеевые делится на подтипы: типичные, засоленные, омергеленные, оруденелые, тиловато-перегнойные.

Тип аллювиальные серогумусовые (дерновые) глеевые включат подтипы: типичные, оруденелые.

Тип аллювиальные темногумусовые гидрометаморфические делится на подтипы типичные, солонцеватые, засоленные, слитизированные, омергеленные.

Тип аллювиальные слитые включает подтипы: типичные, засоленные, гидрометаморфизированные.

По WRB – Fluvisols.

Аллювиальные почвы обладают высоким потенциальным плодородием, особенно аллювиальные луговые почвы центральной поймы.

Плодородие аллювиальных луговых почв, как правило, выше, по сравнению с зональными почвами водоразделов. Поэтому их используют под наиболее требовательные к условиям питания и увлажнения культуры: овощные плодовые, ягодные, кормовые.

Возможно использование пойменных почв под сенокосы и пастбища, при проведении комплекса мероприятий (мелиоративных, культуртехнических, агротехнических).

Задания:

1. Познакомиться условиями образования аллювиальных почв их классификацией и возможностью сельскохозяйственного использования.

2. Научиться определять таксономические единицы следующих почв:

- аллювиальная серогумусовая оподзоленная маломощная легкосуглинистая почва;
- аллювиальная торфяно-глеевая типичная среднесуглинистая почва.

Контрольные вопросы

1. Назовите особенности условий образования аллювиальных почв.
2. Классификация аллювиальных почв.
3. Дайте агрономическую характеристику основным типам аллювиальных почв.
4. Как используют в сельском хозяйстве аллювиальные почвы?

Тема 13. Горные почвы

Цель: изучить классификацию почв горных областей.

Горные почвы занимают значительные территории в РФ и встречаются в различных почвенно-биоклиматических поясах. Наиболее крупные горные системы – Кавказ, Урал, Алтай, Саяны.

К горным относят почвы, формирующиеся в условиях горного рельефа, при абсолютных отметках на вершинах, как правило, более 500 м и при общей глубине расчленения не менее 300 м.

Формирование и распределение почв в горных районах подчиняется закону вертикальной зональности. Однако чередование

почв в зоне высотной поясности имеет свои особенности и связаны со следующими явлениями:

- *инверсия* почвенных зон, когда с высотой местности нарушается последовательность смены почв;

- *миграция* почвенных зон – внедрение одной почвенной зоны в другую, что может быть связано с экспозицией склона или проникновением одной зоны в другую по долинам рек;

- *интерференция* почвенных зон – выделение в системе нормальных рядов отдельных почвенных зон.

Особенности горного почвообразования определяются неравнозначностью факторов почвообразования в горных странах по сравнению с равнинными территориями.

Резко возрастает влияние рельефа, что определяет: характер почвообразования, интенсивность процессов денудации, гидротермический режим в соответствии с экспозицией склона, формирует климатические особенности как горной страны в целом, так и отдельных ее частей, характер растительности.

Влияние материнской породы в горных странах на почвообразование проявляется сильнее: почвы молоды, постоянно вовлекаются в почвообразование и выветривание, высокая щебнистость профиля, наследование свойств почвообразующей породы.

По условиям рельефа и возможностям использования горные почвы делятся на три группы:

- горно-склоновые формируются на склонах крутизной более 10°; к названию типа добавляется слово «горные»;

- нагорно-равнинные формируются на склонах крутизной менее 10°, нередко используются в земледелии; в названии добавляется термин «нагорно-равнинные»;

- межгорно-равнинные и горно-долинные формируются на склонах крутизной не более 4-5°; к основному названию добавляется термин «межгорно-равнинные».

В подходах к классификации горных почв имеется две точки зрения:

- все горные почвы рассматриваются как самостоятельные типы, отличные от аналогичных почв равнинных территорий;

- самостоятельными типами выделяются только оригинальные горные почвы, не встречающиеся на равнинах. К ним относят: горно-луговые, горные лугово-черноземовидные, горные лугово-степные. Все остальные горные почвы, имеющие аналоги

на равнинах, рассматриваются как единый с ними тип. В ряде работ к оригинальным горным почвам относят тип горно-тундровые.

Горно-луговые почвы формируются в высокогорьях Кавказа, Алтая, Саян, в среднегорьях Урала за пределами верхней границы леса в альпийском и субальпийском поясах.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) горно-луговые относятся к типам: перегнойно-темногумусовые (подтип типичные) и литоземы перегнойно-темногумусовые (подтип типичные).

По WRB – Leptic Umbrisols. Umbric Leptosols.

Горно-луговые черноземовидные почвы развиваются в среднегорной зоне под травянистыми лесами преимущественно на Алтае, Кавказе, Саянах. Встречаются в высокогорной зоне под альпийскими, субальпийскими и послелесными, преимущественно остепненными лугами и луговыми степями.

Различия горно-луговых черноземовидных почв в морфологическом строении, тесно коррелируют с физико-химическими свойствами и обуславливают разную интенсивность протекания почвообразовательных процессов.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) горно-луговые черноземовидные почвы относятся типам: черноземы глинисто-иллювиальные (подтип типичные) и темно-серые почвы (подтип типичные).

По WRB – Humic Luvisols. Luvic Phaeozems.

Горные лугово-степные почвы развиваются в высокогорной зоне под альпийскими и субальпийскими остепненными лугами и луговыми степями восточного Кавказа, гор Южной Сибири, а также встречаются на отдельных ксероморфных участках внутри ареала горно-луговых почв.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) горные лугово-степные почвы относятся к типам темногумусовые (подтипы: типичные, глинисто-иллювиированные, остаточно-карбонатные), литоземы темногумусовые (подтип типичные), карбо-петроземы гумусовые (подтип типичные).

По WRB – Mollic Leptosols.

Горно-тундровые почвы формируются в субнивальном поясе и являются самым верхним звеном в высотной поясности почвенного покрова. Развиты на маломощном элювии коренных пород. Климатические условия суровы, поверхность не всегда хорошо

прогревается и деятельность почвенных организмов ослаблена. Верхний горизонт таких почв перегнойно-торфянистый.

Использование горных почв в сельском хозяйстве затруднено вследствие сложности рельефа, маломощности почвенного профиля, его щебнистости, каменистости, выходов горных пород на поверхность и т.д.

Большая часть их используется под пастбища, которые располагаются в горно-тундровой, горно-луговой и горно-степной зонах.

В земледелии используют горные бурые лесные почвы, горные черноземы и горные каштановые почвы. На горных полупустынных и пустынных почвах развито орошаемое земледелие. Успешно возделывают зерновые, овощные, плодовые, виноград, цитрусовые, чай.

Задания:

1. Познакомиться с особенностями классификации горных областей.
2. Изучить разделение горных почв по характеру рельефа и особенностям использования.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под инверсией, миграцией и интерференцией почвенных зон?
2. В чем сущность закона вертикальной зональности почв?
3. Классификация почв горных областей.
4. Назовите особенности горного почвообразования?
5. Перечислите возможности сельскохозяйственного использования горных почв.

Тема 14. Почвенные ресурсы Самарской области

Цель: изучить почвенный покров Самарской области.

Самарская область занимает площадь 56,3 тыс. км^2 в Восточной части Русской платформы и характеризуется значительной неоднородностью природных условий. Река Волга делит ее на две неравные части: меньшую – правобережную и большую – левобережную.

Климат Самарской области континентальный с резкими колебаниями температуры, дефицитом влаги, интенсивной ветровой деятельностью и высокой инсоляцией.

Климатические особенности территории способствуют произрастанию различной растительности. Растительность – ведущий фактор почвообразования, который зависит как от современных экологических условий, так и от эволюционно-преемственных.

Самарская область располагается в двух растительных зонах – лесостепной и степной. В связи с изменением климатических условий с севера на юг и с запада на восток более влаголюбивые растения сменяются засухоустойчивыми, все меньше становится лесов.

В геологическом отношении область сложена каменноугольными, пермскими, триасовыми, юрскими, меловыми, палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными отложениями.

Самарская область характеризуется разнообразным почвенным покровом, что обусловлено ее природно-климатическими и гидрологическими условиями, разнообразием рельефа и почвообразующими породами.

На территории области хорошо выражена почвенная зональность с севера на юг: от серых лесных почв, выщелоченных и типичных черноземов на севере, до черноземов южных, каштановых почв, солонцов и солончаков на юге.

Преобладающими почвами в области являются черноземы. В пределах Самарской области встречаются черноземы оподзоленные (1,09%), выщелоченные (21,8%), типичные (24,92%), обыкновенные (19,13%), южные (30,60%). Генетический профиль черноземов характеризуется хорошо развитым горизонтом накопления гумуса.

Серые лесные почвы располагаются в основном под лесными угодьями. Удельный вес серых лесных почв в площади пашни 1,5%, в основном это темно-серые лесные почвы, по строению и свойствам они близки к черноземам.

Темно-каштановые почвы занимают 0,04% площади пашни. Главной их особенностью является небольшое содержание гумуса и слабая выщелоченность от карбонатов.

Солонцы встречаются как самостоятельно, так и в комплексе с черноземами южными и темно-каштановыми почвами. Площадь солончаков незначительна, генезис связан с близким залеганием засоленных грунтовых вод.

Луговые и лугово-черноземные почвы занимают 0,56% от площади пашни, расположены по долинам рек, днищам балок, депрессиям водоразделов, предовражным понижениям, шлейфам склонов. Они характеризуются высоким содержанием гумуса и значительным запасом питательных веществ.

В Самарской области более 4 млн га земель сельскохозяйственного назначения.

Площадь сельхозугодий в составе земель сельскохозяйственного назначения – 3,8 млн га (более 7% сельскохозяйственных угодий по Приволжскому федеральному округу).

Структура сельскохозяйственных угодий: 76% пашня, 20% пастбища, 1% сенокосы, 3% залежь.

В структуре валовой продукции сельского хозяйства продукция растениеводства составляет 62%, продукция животноводства – 38%.

Отрасль растениеводства специализируется на выращивании зерновых, масличных и кормовых культур, картофеля, овощей и плодово-ягодной продукции.

Животноводство региона специализируется на молочном и мясном скотоводстве, свиноводстве, овцеводстве и птицеводстве.

На темно-серых лесных возможно возделывание зерновые культуры, кукурузу, свеклу, картофель и др.

Все подтипы черноземов характеризуются высоким естественным плодородием. Широко используются в сельскохозяйственном производстве зерновых, технических и масличных культур, овощных и плодовых.

Темно-каштановые почвы потенциально плодородны. Возможно успешное выращивание широкого спектра культур: зерновых (пшеница, кукуруза, ячмень), технических, овощных, плодовых при условии проведения комплекса мероприятий по влагонакоплению.

Луговые почвы могут частично использоваться под выпас или сенокос. Однако в области они имеют водозадерживающее, природоохранное значение, поэтому их осушение не рекомендуется.

Высокая степень распаханности территории Самарской области, бессистемное применение химических средств, замена естественной растительности культурной, ежегодное безвозвратное отчуждение питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур привели к существенным изменениям в почвах.

Задания:

1. Познакомиться с особенностями почвообразования и классификацией почв Самарской области.

2. Проанализировать возможности сельскохозяйственного использования почв Самарской области.

Контрольные вопросы

1. Особенности почвообразования в Самарской области.
2. Как изменяются климатические условия?
3. Как изменяется растительность при движении с севера на юг области?
4. Классификация основных типов почв в Самарской области.
5. Структура почвенного покрова Самарской области.
6. Пространственное распространение типов почв в Самарской области.
7. Возможности сельскохозяйственного использования почв области.

Тема 15. Агроэкологическая классификация почв

Цель: изучить принципы агроэкологической классификации почв.

Синтез агрономически ориентированной классификации с использованием наиболее значимых в агрономическом отношении элементов различных классификаций с сохранением прежней номенклатуры позволил разработать агроэкологическую классификацию почв.

Классификация начинается с зональных экологических групп с разделением на генетические ряды по режиму увлажнения. Они отражают топографические условия и включают некоторые факторные характеристики почв, которых не дают профильные морфологические параметры. Такой экологический каркас в совокупности с показателями почв способствует пониманию почвенных процессов, их направленности, и в целом эволюции почв, что необходимо для проектирования агроландшафтов, систем земледелия, решения мелиоративных и других задач.

Вместо био-физико-химических групп заимствованы отделы (по единству основных процессов почвообразования, формирующих главные черты почвенного профиля).

В пределах некоторых отделов целесообразно выделение семейств почв в зависимости от литологических особенностей, резко влияющих на почвообразование.

Выделением отделов текстурно-дифференцированных и альфегумусовых почв упорядочено разделение таежно-лесных почв. В рамках этих отделов узаконено введение самостоятельных типов подзолистых, дерново-подзолистых почв и соответственно подзолов и дерново-подзолов.

В степной и сухостепной зонах в отделах аккумулятивно-гумусовых и аккумулятивно-карбонатных почв выделены соответственно типы степных и сухостепных литогенных песчаных и супесчаных почв и литогенных почв на древних породах (каолиновых корах, выходах монтмориллонитовых глин и др.).

Антропогенно-измененные почвы показаны на разных таксономических уровнях в зависимости от степени и характера преобразованности в соответствующих эволюционных рядах окультуривания и деградации. Название антропогенно-измененных почв должно складываться из названия естественной почвы с добавлением к соответствующих видовому, подовому, подтиповому и типовому уровню терминов: осовенные, окультуренные, культурные, слабосмытые, среднесмытые, сильносмытые, вторично-гидроморфные, постирригационные и т. д.

В остальном систематика и номенклатура сохранены. Это относится также и к фациальным подтипам почв. Идентификация фациальных подтипов сопряжена с совершенствованием диагностики почв, в которой факторные характеристики, связанные с гидротермическим режимом, должны уступить место субстантивным по мере выявления признаков почв, обусловленных этими факторами. При всем несовершенстве идентификации, преимущественно факторной (температурный режим почвы), их выделение имеет важное практическое значение.

Агроэкологическая классификация построена в рамках природно-сельскохозяйственных зон. Выделяют:

- *зональные экологические группы* (таежно-лесные, лесостепные, степные, сухостепные, полупустынные, пустынные);
- *генетические ряды почв по режиму увлажнения* (автоморфные, полугидроморфные, гидроморфные);
- *стволы* (постлитогенные, органогенные, синлитогенные);
- *отделы* (текстурно-дифференцированные, альфегумусовые,

дерновые органо-аккумулятивные, метаморфические, аккумулятивно-гумусовые, аккумулятивно-карбонатные, малогумусовые аккумулятивно-карбонатные, щелочно-глинисто-дифференцированные, галоморфные, торфяные, аллювиальные, вулканические);

- *семейства* (в зависимости от особенностей литологии, резко влияющих на почвообразование, выраженных на уровне общих для всего профиля генетических признаков);

- *генетические типы* (по проявлению основного процесса почвообразования, выраженного в строении профиля, характеризующегося единой системой основных диагностических горизонтов);

- *подтипы* (по проявлению основного и налагающегося процессов почвообразования, выраженных в модификациях строения и свойств генетических горизонтов и по фациальной принадлежности);

- *роды* (по влиянию местных условий, выраженных на уровне признаков отдельных генетических горизонтов);

- *виды* (по степени выраженности типовых и подтиповых признаков);

- *разновидности* (по гранулометрическому составу);

- *разряды* (по генетическим свойствам почвообразующих пород).

Таким образом, агроэкологическая классификация представляет собой компиляцию действующих классификаций почв. В ней приводятся в основном почвы, имеющие значение в земледелии.

Задания:

1. Познакомиться агроэкологической классификацией почв.
2. Дать характеристику генетических рядов почв по режиму увлажнения и фациальных подтипов для любой зональной экологической группы почв.

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности построения агроэкологической классификации почв?
2. Какое значение имеет зональный принцип формирования классификации почв?
3. Какое агрономическое значение имеет учет генетических рядов по режиму увлажнения?

4. На каких таксономических уровнях отражается степень окультуренности и деградированности почв?

5. Какое агрономическое значение имеет выделение фациальных подтипов почв?

Тема 16. Агроэкологическая типология и классификация земель

Цель: изучить агроэкологическую типологию и классификацию земель.

Агропроизводственная группировка почв – это объединение почв близких по генетическим, агроэкологическим условиям и агрономическим свойствам, в группы, характеризующиеся одинаковой возможностью сельскохозяйственного использования и однотипным характером мероприятий по улучшению свойств.

В. М. Фридланд разделил агропроизводственные группировки *почв* на три категории. В первой категории почвы группируются в соответствии с агрономическими качествами по отношению к какой-либо сельскохозяйственной культуре, во второй – по отношению к определенным экологическим группам культур, в третьей – по общим растениеводческим качествам.

Агропроизводственная группировка почв недостаточно учитывает важнейшие характеристики ландшафта, такие, как рельеф, литологические, гидрологические и микроклиматические условия. Поэтому *классификация земель* – группировка земель (ландшафтов) для их рационального использования представляет особый интерес. Она включает 37 классов и 7 категорий земель.

Классы земель – участки с близкими природными и хозяйственными качествами, общностью использования, приемов окультуривания и охраны. Они выделяются по условиям рельефа, гранулометрическому составу почв и почвообразующих пород. Классы объединяют в категории по условиям увлажнения, пригодности использования под те или иные сельскохозяйственные угодья.

Категория 1. Земли пригодные под пашню. В эту категорию объединены 14 классов, включающих земли водоразделов и склонов с крутизной до 10° и с временным переувлажнением.

Классы земель: 1 – окультуренные; 2 – дренированные водоразделы и слабовыраженные склоны (до 2°) суглинистые и легкосуглинистые, некарбонатные; 3 – дренированные водоразделы и слабовыраженные склоны (до 2°) суглинистые и легкосуглинистые карбонатные; 4 – дренированные водоразделы и слабовыраженные склоны (до 2°) с повышенным влиянием легких пород, супесчаные и песчаные; 5 – дренированные водоразделы и слабовыраженные склоны (до 2°) с повышенным влиянием тяжелых пород, глинистые, включая слитые; 6 – дренированные водоразделы и слабовыраженные склоны (до 2°) с повышенным влиянием плотных пород и валунно-галечных отложений, суглинистые; 7 – слабодренируемые кратковременно переувлажняемые, глинистые и суглинистые некарбонатные; 8 – слабодренируемые кратковременно переувлажняемые, глинистые и суглинистые карбонатные; 9 – слабодренируемые кратковременно переувлажняемые, супесчаные и песчаные на глинах и суглинках; 10 – слабоэрозионно опасные пологие склоны (2-5°), глинистые и суглинистые на рыхлых породах, включая слабосмытые; 11 – слабоэрозионно опасные пологие склоны (2-5°), песчаные на рыхлых породах, включая слабосмытые; 12 – эрозионно опасные покатые склоны (5-10°), глинистые и суглинистые на рыхлых породах, включая смытые; 13 – эрозионно опасные покатые склоны (5-10°), песчаные на рыхлых породах, включая смытые; 14 – повышенно-эрозионно опасные пологие и покатые склоны (2-10°) на плотных породах, включая смытые.

Категория 2. Земли, пригодные преимущественно под сенокосы. Включает 4 класса пойменных луговых и внепойменных луговых (переувлажненных) земель.

Классы земель: 1 – пойменные луговые, глинистые и суглинистые; 2 – пойменные луговые, супесчаные и песчаные; 3 – внепойменные луговые, глинистые и суглинистые; 4 – внепойменные луговые, супесчаные и песчаные.

Категория 3. Земли пастбищные, после улучшения могут быть использованы под другие сельскохозяйственные угодья. В категорию объединены 7 классов, включающих заболоченные, солонцеватые, склоновые (с крутизной более 10°), сильнокаменистые земли и задернованные пески.

Классы земель: 1 – переувлажняемые (заболоченные); 2 – солонцовые и слитые автоморфные, включая средне- и сильнокомплексные; 3 – солонцовые и слитые полугидроморфные, включая средне- и сильнокомплексные; 4 – солонцовые и слитые

гидроморфные, включая средне- и сильнокомплексные; 5 – особо эрозионно опасные крутые склоны (более 10°), включая смытые; 6 – малолощные включая сильнокаменистые и щебнистые; 7 – пески задернованные.

Категория 4. Земли, пригодные под сельскохозяйственные угодья после коренных мелиораций. Включает 6 классов.

Классы земель: 1 – болота торфяные низинные и переходные; 2 – болота минеральные низинные и переходные; 3 – сильно и очень сильно засоленные; 4 – такыры; 5 – овражно-балочные комплексы; 6 – пески, лишенные растительности (развеваемые).

Категория 5. Земли, малопригодные под сельскохозяйственные угодья. Включает 2 класса.

Классы земель: 1 – болота верховые; 2 – галечники, каменистые россыпи, щебнистые отложения и др.

Категория 6. Земли, непригодные под сельскохозяйственные угодья. Включает 2 класса.

Классы земель: 1 – скалы, обнажения плотных пород, россыпи и др.; 2 – ледники, вечные снега, под водой.

Категория 7. Нарушенные земли. Включает 2 класса.

Классы земель: 1 – торфоразработки; 2 – карьеры, горные выработки, терриконники и др.

Л. Г. Раменский заложил основы экологическо типологии земель. Он рассматривал тип земель, как тип среды, определяющей естественную растительность и пути ее хозяйственного использования.

Экологический тип земель – это совокупность участков, сходно реагирующих на изменение природной среды, в частности, на мероприятия по ее использованию.

На основе работ Л. Г. Раменского, В. М. Фридланда, К. В. Зворыкина, Г. С. Гриня, Я. М. Годельмана В. И. Кирюшин разработал новую систему агроэкологической типизации и ландшафтно-экологическую классификацию земель.

В настоящее время агроэкологический тип земель – это территория, однородная по агроэкологическим требованиям возделывания сельскохозяйственной культуры или близких культур.

В качестве первичного структурного элемента для выделения типиов В. И. Кирюшин предложил элементарный ареал агроландшафта (ЭАА), под которым понимается участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарным почвенным ареалом или

элементарной почвенной структурой, при одинаковых геологических, литологических и микроклиматических условиях.

Ландшафтно-экологическая классификация земель является основным инструментом, интерпретирующим информацию по агроэкологической оценке земель, которая формируется на основе материалов почвенно-ландшафтного картографирования.

Ландшафтный подход касается размещения сельскохозяйственных культур и технологий их возделывания в соответствии с агроэкологическими условиями. Экологический подход – организации территории (противоэрозионной мелиоративной и др.), предотвращения деградации почв, устранения ее очагов с учетом почвенно-ландшафтных связей, заболачивания, засоления, миграции химических веществ, в том числе загрязнителей.

Классификация включает агроэкологические группы, агроэкологические подгруппы, разряды I и II порядка, классы, подклассы, роды, подроды и виды земель.

Агроэкологические группы выделяются по ведущим агроэкологическим факторам (ландшафты плакорные, эрозионные, переувлажненные, солонцовые), определяющим направление их сельскохозяйственного использования (влагообеспеченность, эрозия, переувлажнение, периодическое затопление, засоление, солонцеватость, литогенез и т. д.).

Агроэкологические подгруппы выделяют по степени проявления лимитирующих факторов.

Разряды I порядка выделяют по абсолютным высотам над уровнем моря с интервалами, отражающими смену экологических условий возделывания культур. В горных районах этот фактор определяет вертикальную зональность.

На уровне разряда с учетом местных особенностей целесообразно выделять местоположения – очень высокие, высокие, средние, низкие, а речные террасы – верхние, вторая надпойменная, первая надпойменная, пойма.

Разряды II порядка выделяются по морфологическим типам рельефа (для равнин): плоские, волнистые, холмистые, увалистые, плоско-холмистые, волнисто-увалистые и другие комбинации.

Классы земель различаются по генезису почвообразующих пород (покровные, ледниковые, флювиогляциальные, аллювиальные, лессы, элювий коренных пород и т. д.).

Подклассы земель различают по гранулометрическому составу.

Роды земель выделяются по мезоформам рельефа и их элементам: плоские положения на увалах, грядах и т. д; склон прямой; склон выпуклый; склон вогнутый; днище балки, лощины.

Подроды земель выделяются по крутизне склонов и экспозиции склонов.

Виды земель выделяются по элементарным почвенным структурам, категориям микроструктур почвенного покрова (микрокомбинациям), включающим: элементарные почвенные ареалы, комплексы, пятнистости, микромозаики и микроташеты.

Подвиды земель выделяются по контрастности и сложности элементарных почвенных структур.

Совокупность агроэкологических факторов ранжируется с точки зрения лимитирующего влияния на возделывание сельскохозяйственных культур и возможностей их преодоления.

Агроэкологические факторы можно разделить на четыре группы:

- *управляемые* (обеспеченность почвы элементами минерального питания);
- *регулируемые* (реакция pH, засоленность, мощность пахотного слоя, содержание обменного натрия);
- *ограниченно регулируемые* (неоднородность почвенного покрова, связанная с микрорельефом, сложение, структурное состояние почвы, водный режим, тепловой режим, содержание гумуса);
- *нерегулируемые* (гранулометрический состав, минералогический состав, рельеф, погодные условия, глубина залегания материнских пород).

По мере усложнения этих факторов уменьшается возможность устранения или смягчения их влияния и усиливается роль адаптационных мер (подбор сортов и гибридов, агротехнические мероприятия с учетом рельефа, климата, организация территории и т. д.) до тех под пока ограничения со стороны нерегулируемых природных факторов становятся непреодолимыми.

В соответствии с характером природных ограничений пригодности земель для возделывания конкретных культур или групп культур и характером мероприятий по их преодолению или адаптации *агроэкологические виды земель различаются по 6 категориям*:

1 категория – земли пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур, без особых ограничений, за исключением управляемых факторов, которые регулируются внесением удобрений и агротехническими мероприятиями.

2 категория – земли пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены агротехническими, мелиоративными, противоэрозионными мероприятиями. Они подразделяются на *2 подкатегории*:

- земли с ограничениями, преодолеваемые с помощью агротехнических и культуртехнических мероприятий (не подвержены эрозии). В числе ограничивающих факторов преобладают регулируемые, отмечаются ограниченно регулируемые.

- земли с ограничениями, преодолеваемые с помощью мелиоративных и противоэрозионных мероприятий.

3 категория – земли пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены среднезатратными гидротехническими, химическими, лесными, комплексными мелиорациями. Делятся на *3 подкатегории*:

- переувлажненные земли, которые могут быть улучшены путем осушения;

- земли, требующие затратных, агротехнических, химических и комбинированных мелиораций (например, солонцы);

- земли, интенсивное использование которых возможно на фоне противоэрозионных, гидротехнических и лесомелиоративных мероприятий (расположены в сложных эрозионных ландшафтах).

4 категория – земли малопригодные для возделывания сельскохозяйственных культур (маломощные почвы, сложный рельеф, близкое залегание материнских пород и т. д.).

5 категория – земли потенциально пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур после сложных гидротехнических мелиорация (болотные земли, сильно засоленные).

6 категория – земли не пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур из-за неустранимых ограничений и незначительных возможностей адаптации.

Типы земель формируются путем объединения ЭАА, отвечающих требованиям возделывания определенной культуры или групп культур. Для этого агроэкологические требования культур сопоставляют с характеристиками ЭАА (микроклимат, рельеф, грунтовые воды, свойства почв и др.).

При соответствии требований культур и характеристик ЭАА его относят к первой категории земель, как не имеющих экологических ограничений, за исключением управляемых факторов.

Если ЭАА не удовлетворят культуры по каким-то показателям, то его относят к соответствующим последующим категориям.

В первую очередь выделяют агроэкологические типы земель для наиболее требовательных к почвенно-экологическим условиям культур (плодовые, овощные, виноградники и др.), затем для севооборотов с наиболее требовательными полевыми культурами (сахарная свекла, картофель и др.), далее – по возрастающей устойчивости к лимитирующим факторам для севооборотов с менее требовательными культурами, многолетних трав, сенокосов, пастбищ. При этом учитывается уровень интенсификации производства и предусматривается предотвращение процессов деградации агроландшафтов.

Задания:

1. Изучить агропроизводственную группировку почв и классификацию земель по пригодности для сельскохозяйственного использования.

2. Познакомиться с группировкой агроэкологических видов земель, подходами к агроэкологической типологии земель и ландшафтно-экологической классификации земель.

Контрольные вопросы

1. Что такое агропроизводственная группировка почв?

2. Как классифицируют земли по пригодности для сельскохозяйственного использования?

3. Как различаются управляемые, регулируемые, ограниченно регулируемые и нерегулируемые факторы?

4. Как построена группировка агроэкологических видов земель?

5. Назовите основные подходы к агроэкологической типологии земель.

6. В чем заключается принцип ландшафтно-экологической классификации земель.

Рекомендуемая литература

1. Жичкина, Л. Н. Почвоведение и инженерная геология : учебное пособие / Л. Н. Жичкина. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – 135 с.

2. Жичкина, Л. Н. Почвоведение : учебное пособие / Л. Н. Жичкина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 203 с.

3. Жичкина, Л. Н. Почвоведение с основами геологии : учебное пособие / Л. Н. Жичкина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 292 с.

4. Кирюшин, В. Н. Агротехнологии : учебник / В. Н. Кирюшин, С. В. Кирюшин. – СПб. : Лань, 2023. – 464 с.

5. Кирюшин, В. И. Классификация почв и агроэкологическая типология земель : учебное пособие / В. И. Кирюшин. – СПб. : Лань, 2024. – 284 с.

6. Курбанов, С. А. Почвоведение с основами геологии : учебное пособие / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедов. – СПб. : Лань, 2023. – 288 с.

7. Наумов, В. Д. География почв (Почвы России) : учебник / В. Д. Наумов. – Москва: Проспект, 2016. – 344 с.

8. Наумов, В. Д. География почв. Зональные и провинциальные особенности бореального почвенно-биоклиматического пояса : учебник / В. Д. Наумов, Н. Л. Каменных. – СПб. : Лань, 2024. – 140 с.

9. Организация и особенности проектирования экологически безопасных агроландшафтов : учебное пособие / Л. П. Степанова, Е. В. Яковлева, Е. А. Коренькова [и др.] – СПб. : Лань, 2022. – 268 с.

Учебное издание

Жичкина Людмила Николаевна

Классификация почв и агроэкологическая типология почв

Методические указания

Авторская редакция

Подписано в печать 23.01.2025. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 5,1, печ. л. 5,5.
Тираж 50. Заказ № 13.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский,
ул. Учебная, 2.
E-mail: ssaariz@mail.ru