

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**

УДК: 633.853.494: 631.4 (574.2)

*На правах рукописи*

**ЧЕРНЯКОВА ГАЛИНА ИГНАТЬЕВНА**

**Влияние органоминеральной системы удобрений  
на накопление тяжелых металлов в агроценозах картофеля  
в условиях степной зоны Среднего Поволжья**

Специальность 06.01.04 – агрохимия

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор сельскохозяйственных наук,  
Троц Н.М.

Кинель – 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1 Состояние и перспективы картофелеводства в Самарской области....	10
1.2 Биологические особенности картофеля и роль удобрений при его выращивании .....	16
1.3 Фитотоксичность тяжелых металлов и устойчивость к ним картофеля	25
1.4 Агрохимические приемы, снижающие токсичность тяжелых металлов для растений .....	41
2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	48
2.1 Природно-климатические и погодные условия возделывания картофеля.....	48
2.2 Характеристика опытного участка, агротехника, схема опыта и мето- дика исследований.....	52
3 ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ КАРТОФЕЛЬНЫХ ПЛАНТАЦИЙ И РАСТЕНИЯХ КАРТОФЕЛЯ.....	68
3.1 Агрохимические показатели почв производственных плантаций картофеля.....	68
3.2 Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве плантаций сортового картофеля.....	94
3.3 Особенности химического состава и аккумуляции тяжелых металлов в растениях сортового картофеля.....	100
4 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ, УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ И ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО.....	105
4.1 Расчет потребности в органических удобрениях для восстановления бездефицитного баланса гумуса при возделывании картофеля.....	105
4.2 Влияние различных доз удобрений органоминеральной системы на химический состав и накопление тяжелых металлов в агроценозах картофеля.....	110
5 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗО- ВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ПРОДУКЦИИ КАРТОФЕЛЯ.....	126
5.1 Расчет экономической эффективности применения органических удобрений .....	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	129
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	132
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	133
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	153

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** В Самарской области картофель является традиционной продовольственной культурой, выращиванием которой заняты предприятия северной, центральной и южной агроклиматических зон области (Макеева А. М., 2012; Лебедь М. Б., 2019). 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 (Черных Н. А., 1995; Овчаренко М. М., 1998; Сокаев К. Е., 2007; Устроев А. А., 2019).

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.

**Степень разработки темы.** Вопросам применения органических удобрений при выращивании картофеля, влияния их на качество клубней картофеля посвящены труды российских ученых Иваненко Т. А. (2003), Федорова А. Я. (2007), Комиссарова А. В. (2010), Коршунова В. А. (2010), Рахимова Р. Л. (2011), Кружилина И. П. (2011), Тютюмы Н. В. (2012), Щербаковой Н.А. (2012), Бочарова С.С.

(2013), Васильева А.А. (2015), Степанова А. И. (2016), Андрианова Д. А. (2016), Мушинского А. А. (2016), Хайбуллина М. М. (2016), Габбасовой И. М. (2016), Дубенка Н. Н. (2017) и др.

Вопросы эффективности применения стимуляторов роста в технологии получения качественного семенного материала, селекции картофеля для создания сортов с комплексом хозяйственно-ценных признаков, сочетающих высокую продуктивность, полевую устойчивость к вирусным и грибковым заболеваниям, высокие потребительские качества клубней изучаются самарскими учеными (Шевченко С.Н., Лигастаева Л.Ф., Рубцов С. Л., Вовчук О. А., Бакунов А. Л., Дмитриева Н. Н., Милехин А. В., 2015, 2016).

Химический состав почв региона детально исследован специалистами НИИ Волгогипрозем (Г. Г. Лобов, 1985). Сотрудники института Волжского бассейна РАН (Г. С. Розенберг, 1995, 2010; В. А. Селезнев, К. В. Беспалова, 2014, 2015) изучают степень загрязнения тяжелыми металлами природных вод и донных отложений.

Опубликованы данные о соединениях тяжелых металлов в почвенном покрове в целом, в типах и подтипах почв, в дикорастущих и сельскохозяйственных растениях, произрастающих на территории области (Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев, В. А. Павловский, 1996, 1997, 1998, 2002, Н. М. Троц 2018, 2019, 2020).

**Цель исследования** – разработка агроприемов, способствующих снижению поступления тяжелых металлов из почвы в растения картофеля и получению экологически чистой продукции, на основе изучения взаимодействия агрогенных и природных факторов, определяющих плодородие чернозема обыкновенного на территории степной зоны Среднего Поволжья.

В задачи исследований входило изучение следующих вопросов:

1. Обобщить результаты мониторинга черноземов обыкновенных по основным агрохимическим параметрам, характеризующим закономерности динамики изменения плодородия почв.
2. Изучить динамику содержания и транслокацию тяжелых металлов в системе почва - растение на производственных сортоучастках картофеля.

3. Провести агроэкологическую оценку влияния органоминеральной системы удобрения (минеральные удобрения + навоз) на урожайность, качество картофеля и транслокацию тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe) в агроценозах.
4. Установить количественные параметры загрязнения почв и растений тяжелыми металлами в результате антропогенной нагрузки.
5. Разработать наиболее эффективные приемы по экологически безопасному применению минеральных удобрений и навоза для создания бездефицитного баланса гумуса, детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами.
6. Провести оценку сортовых особенностей 20 сортов картофеля, их химического состава и устойчивости к загрязнению тяжелыми металлами (Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe).
7. Определить экономическую эффективность органоминеральной системы удобрений (минеральных удобрений + навоза) в технологии возделывания картофеля.

**Научная новизна.** На основе длительного мониторинга (2003-2014 гг.) установлены основные закономерности изменения основных агрохимических параметров почв и дана комплексная оценка значимости этих параметров для развития устойчивого земледелия в климатических условиях степной зоны Заволжской провинции в зависимости от интенсивности антропогенного воздействия. В производственных условиях исследована динамика содержания органического вещества почв и разработаны 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. Исследована эффективность различных приемов повышения плодородия и детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты исследований расширяют региональную базу данных по количественной оценке содержания тяжелых металлов в почвах и растениях агроландшафтов степной зоны Самарского Заволжья. Выявлена видовая и сортовая специфика накопления тяжелых металлов растениями картофеля, что может служить основой для подбора сортов,

устойчивых к накоплению токсикантов в конкретных почвенно-климатических условиях.

Разработанные в ходе исследований рекомендации по снижению подвижности тяжелых металлов в почвах и получению экологически безопасной продукции растениеводства (на примере картофеля) могут быть использованы в решении вопросов экологически сбалансированного сельскохозяйственного производства. Результаты исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

**Методы исследований.** Материалом для исследований служили образцы почв и отобранные сопряжено с ними растительные образцы картофеля. Проанализировано 120 почвенных и 226 растительных образцов.

Определяли:

– в почвенных образцах - содержание гумуса по Тюрину; рН солевой вытяжки; содержание подвижного фосфора и обменного калия в нейтральных почвах по методу Чирикову, в карбонатных почвах по Мачигину; содержание легкогидролизуемого азота в 0,5 н.  $H_2SO_4$  вытяжке по Тюрину и Кононовой в модификации Кудеярова; содержание тяжелых металлов (кадмий, свинец, медь, железо, цинк, марганец) методом атомно-адсорбционной спектроскопии на приборе «Спектр 4-5». Валовое содержание и концентрация подвижной формы тяжелых металлов (кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, железа) определялось атомно-абсорбционными методами в аккредитованной лаборатории ФГБУ САС «Самарская»;

– в растительных образцах - учет урожая клубней; содержание тяжелых металлов пламенным и электротермическим методами атомно-адсорбционной спектроскопии (Кузнецов А. В. и др., 1992; МУ по определению ТМ..., 1992).

Исследования проводились с использованием традиционных и современных методов, степень достоверности выявленных закономерностей оценивали с помощью дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985).

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Особенности черноземов обыкновенных остаточного-луговых, связанные с почвенно-климатическими условиями низменного степного Заволжья.
2. Динамика агроэкологических показателей при сельскохозяйственном использовании (на примере выращивания картофеля).
3. Сортные особенности накопления тяжелых металлов в надземной части растений и клубнях картофеля.
4. Роль органоминеральной системы удобрения в увеличении урожайности картофеля, повышении плодородия и детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами.
5. Эколого-токсикологическая оценка почв по содержанию тяжелых металлов.
6. Экономическая эффективность применения органоминеральной системы удобрений (минеральные удобрения + навоз) как приема повышения урожайности и детоксикации почв при возделывании картофеля.

**Достоверность результатов** Достоверность полученных результатов подтверждается анализами в сертифицированных лабораториях ФГБУ САС «Самарская» (Аттестат аккредитации испытательной лаборатории (центра) в системе аккредитации аналитических лабораторий (центров)» № РОСС RU.0001.510565 выдан 10.08.2016 г. (дата внесения сведений в реестр аккредитованных лиц – 22.04.2015 г.), испытательной лаборатории ФГБУ «Самарский референтный центр Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору» (Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.516467 от 23 мая 2015 г) и научно-исследовательской испытательной лаборатории ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, большим количеством наблюдений лично автором диссертации, лабораторных и полевых опытов с проведением статистической обработки данных.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на Международных научно – практических конференциях «Вклад молодых ученых в аграрную науку», (г. Кинель, 2016); «Экологическое состояние природной среды и научно - практические аспекты современных агротехнологий», (г. Рязань, 2019, 2020); Всероссийской научно - практической кон-

ференции, посвященной 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Заслуженного агронома РФ К. И. Карповича, (г. Ульяновск, 2016); Международной научно-технической интернет-конференции «Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов» (г. Тула, 2016); Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ельчаниновой Надежды Николаевны, (г. Кинель, 2019); XV Международной научно-технической конференции «Наука, образование, производство в решении экологических проблем», (г. Уфа, 2020); III национальной (Всероссийской) научной конференции «Теория и практика современной аграрной науки», (г. Новосибирск, 2020).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 15 статей, в т.ч. 3 статьи в рецензируемых изданиях, одна монография.

**Объем и структура диссертации** Диссертация изложена на 152 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, условий и методики проведения исследований, пяти глав, включающих результаты исследований, выводов и рекомендаций производству, приложений. Содержит 44 таблицы, 12 рисунков и 5 приложений. Список литературы составляет 200 источников, в том числе 11 зарубежных авторов.

**Личный вклад автора** Диссертация является результатом анализа и обобщения исследований автора за период 2003-2014 г.г., которые опубликованы в научных статьях. Определение актуальных направлений исследований, оценка влияния изучаемых факторов на морфологические и биологические особенности роста и развития, формирование урожая и качество продукции, выводы и предложения производству в работе выполнялись лично автором. Соискателем лично выполнены полевые работы и произведены необходимые расчеты и статистическая обработка экспериментальных данных.

Автор диссертации выражает благодарность научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, доценту Наталье Михайловне Троц, доктору биологических наук, профессору Наталье Владимировне Прохоровой, кандидату

биологических наук генеральному директору АО «ВолгоНИИгипрозем», Дмитрию Александровичу Ахматову, сотрудникам АО «ВолгоНИИгипрозем» кандидату сельскохозяйственных наук Оксане Васильевне Горшковой, за консультации, помощь, рекомендации при проведении исследований, обобщении полученных результатов и при подготовке материалов к публикации., ведущему инженеру Евгению Александровичу Домовец по оказанию помощи по формированию картографического материала и проведения полевых работ.

Автор признательна сотрудникам ФГБУ САС «Самарская», испытательной лаборатории ФГБУ «Самарский референтный центр Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору», научно-исследовательской испытательной лаборатории ФГБОУ ВО Самарский ГАУ за предоставленную возможность проведения анализов почвенных и растительных образцов; главе крестьянско-фермерского хозяйства «Е. П. Цирулев» Приволжского района Евгению Павловичу Цирулеву и главному агроному хозяйства Анатолию Александровичу Соловьеву за помощь в проведении полевых исследований.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 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 (Щегорец, О. В., 2008).

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 (Картофелеводство..., 2019).

Картофель в Среднем Поволжье традиционно относится к числу важнейших сельскохозяйственных культур и используется, прежде всего, на продовольствие, а также для переработки и кормовых целей (Бакунов А. Л. и др., 2018).

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 (Бакунов А. Л. и др., 2015).

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 (Картофелеводство..., 2019).

Основным направлением в картофелеводстве было выбрано эффективное использование современной технологической базы, достижение проектной уро-

жайности 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, виroidной, 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 (Бакунов А. Л. и др., 2015).

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 картофелепроизводящих хозяйствах Самарской области (Милехин А. В., 2007).

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) (Картофелеводство..., 2019).

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. 1.1.1).

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 (Итоги развития АПК..., 2019).

Во всех категориях хозяйств собрано 275 тыс. тонн, что незначительно превышает уровень 2018 года (+ 0,2%) (Итоги развития АПК..., 2019).

Таблица 1.1.1 – Показатели производства картофеля в промышленном секторе Самарской области в 2012-2019 гг. (Итоги развития АПК..., 2019)

Годы	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 высо-

копроизводительной 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 (Картофелеводческие..., 2019).

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 (Картофелеводство..., 2019).

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 (Чичкин А. П., Горянин О. И., 2015).

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 (Айдиев А.Я. и др., 2017; Чуманова Н.Н. и др., 2014). При этом основной упор делается на максимальное использование природных факторов, включающих внесение в качестве удобрений побочной продукции возделываемых культур, сидератов и симбиотического азота (Чекмарев П.А., Лукин С.В., 2014; Турусов В.И. и др., 2017).

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 (Щегорец О.В., 2008).

## **1.2 Биологические особенности картофеля и роль удобрений при его выращивании**

Картофель (лат. *Solanum tuberosum*) – многолетнее, травянистое, клубненное 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. (Альсмик П.И., 1981; Исмагилов Р.Р., 2005; Посыпанов Г.С., 2006).

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 (Шафеева, Э.И., 2018). Корневая система мочковатая, представлена совокупностью корневых систем отдельных стеблей растения (Klasener В., 1989). Корневая система состоит из глазковых корней, образующихся при прорастании клубня, пристолоновых и столоновых корней (Черникова М.Ф., 1978).

Цикл от прорастания семенного клубня и до образования урожая проходит за один вегетационный период за несколько фаз развития: всходы, бутонизация, цветение и увядание ботвы (Карманов С.Н., 1993).

Рост и развитие растения картофеля в течение вегетации принято условно делить на 3 периода (Писарев Б.А., 1990).

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 (Черников В.А., Чекерес А.И., 2001).

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 (Государственный реестр..., 2019). Каждый сорт имеет свои возможности по урожайности, выдать которые может лишь при создании оптимальных условий произрастания, отвечающих требованиям того или иного сорта (Панников В.Д., 1982; Рубин Б.А., 1979).

Использование районированных сортов картофеля, наравне с соблюдением агротехники, гарантирует получение высоких и стабильных урожаев (Никитин А., 2012).

Культура обладает высоким потенциалом урожайности (Аминев И.Н. и др., 2012), однако картофель является требовательной культурой к тепловому, пищевому, водному, воздушному режиму почв (Мушинский А.С., 2005; Мушинский А.А., 2016).

При недостатке света наблюдается угнетение растения – ботва желтеет, растение вытягивается (Onwueme I.C., 2000), кроме того при недостатке света растение образует мало клубней и низкого качества (Клочков А.В., Попов В.А., 2006).

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 (Широков Е.П., 2000).

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 (Банадысев С.А. и др., 1998; Богдевич И.М. и др., 1988; Широков Е.П., 2000; Клочков А.В., Попов В.А., 2006).

Для картофеля наилучшими условиями являются районы с легкими по гранулометрическому составу почвами. (Волков С.Н., 2013).

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 (Косьянчук В.П., 1999; Ручкин А.С., 2002).

Для нормального развития корневой системы картофеля оптимальная плотность почвы должна быть в пределах  $1,10 \text{ г/см}^3$  (Коршунов А.В., 2001; Лебедева Т.Б., 2007).

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 (Машьянова Г.К. и др., 1991).

Оптимальная реакция среды для картофеля – рН 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 (Кремин В.Е., 1989; Ефремов В.Ф. и др., 1994). Основные питательные вещества, необходимые для развития растений картофеля – это азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо, сера и некоторые другие (Гайнутдинов М.Т., 2007).

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, необ-

ходимых 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 обуславливает повышенную отзывчивость картофеля на внесение удобрений (Баранников В.Д., Кириллов Н.К., 2006).

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 1.2.1.

Таблица 1.2.1 – Влияние различных питательных веществ на урожайность и некоторые качественные показатели клубней (Шпаар Д. и др., 2004 г.)

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 клубуры	-	-	+	0	0	0	0
Способность к заживлению ран	--	+	+	0	0	+	0

Обозначения:

- + – 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.

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 (Борискин И.А. и др., 2016).

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. (Баранников В.Д., Кириллов Н.К., 2006).

Изучением роли удобрений при выращивании картофеля занималось большое количество, как отечественных, так и зарубежных ученых.

Крупные исследования по удобрению картофеля проводил А.И. Тамман (1959). Отмечая, что потребность в отдельных питательных элементах возрастает при увеличении урожая.

Академик Прянишников Д. В. (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 (Журбицкий З.И., 1963).

В многочисленных исследованиях, проведенных как у нас, так и за рубежом, установлено, что картофель потребляет питательные вещества в значительных размерах до конца вегетационного периода (Арнаутов В.В., 1959; Лорх А.Г., 1955; Писарев Б.А., 1977 и др.).

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 (Тамман А.И., 1959). 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 (Кузнецов А. И., Казанков Ю.К., 1973).

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 (Писарев Б.А., 1977).

Потребность в азоте возникает у растений картофеля в самом начале роста (Прянишников Д.Н., 1936; Ничипорович А.А., 1963). 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 (Вавилов П.П., 1986).

Избыточное одностороннее азотное питание также нежелательно: оно вызывает чрезмерное развитие ботвы, при этом задерживается рост клубней, удлиняется вегетационный период, уменьшается сопротивляемость неблагоприятным условиям среды (Тамман А.И., 1959; Сухоиванов В.А., Борисов В.А., 1974).

При избыточном содержании азота листья картофеля имеют темно-зеленую окраску. При излишке азота понижается крахмалистость клубней (Vomonpal B., 1976; Бутов А.В., 1980; Кукреш Н.П., 1980). По мнению ряда ученых, при внесении удобрений с превышением оптимального содержания азота качество клубней заметно ухудшается (Perrenond S, 1983; Czuba R., 1988; Белоус Н.М., 1992; Владимиров В.П., 2007). При нормальном азотном питании усваиваемость калия и фосфора картофельным растением повышается (Хлевной Б.Ф., 1986).

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 (Турчин Ф.Б, 1936).

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 (Сухоиванов В.А., Борисов В.А., 1974).

При недостатке фосфора фаза бутонизации и цветения задерживается, в клубнях картофеля увеличивается накопление нитратов (Muller K, 1977; Васильев А.А., 2014, 2015).

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 (Сулейманов В.А., 1970). 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 (Писарев Б.А., 1990).

Действие фосфора находится в зависимости от обеспеченности другими элементами питания, в первую очередь, азотом (Прянишников Д.В., 1963).

Калий, в отличие от азота и фосфора, находится в растении в основном в ионной форма. С обеспечением растений калием связана интенсивность фотосин-

теза. Установлено, что как недостаток, так и избыток калия в растении понижают фотосинтез (Сухоиванов В.А., Борисов В.А., 1974).

Калий, в составе органических удобрений, повышает крахмалистость, устойчивость к механическим повреждениям, улучшает лежкость, помогает растениям переносить засуху (Gruber P, 1971; Weingmann B, 1971; Анатолийев Б.А., 1978), играет существенную роль в водном питании растений: повышается тургор клеток, вследствие этого поддерживается внутреннее давление в тканях растения (Башков А.С., 1999).

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 (Смирнов П.Н., Муравин Э.А., 1991). Калий повышает устойчивость растений и клубней картофеля к заболеваниям (Чмора Н.Я., 1953). Действие элементов питания на культуру зависит от обеспеченности почвы прочими питательными веществами. Так фосфор и калий, в свою очередь, улучшают усвоение азота (Писарев Б.А., 1977).

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 отдельно; калийные удобрения всегда вносят отдельно (Анисимов Б. В. и др., 2009).

Всеми исследователями признается роль навоза, способного улучшать плодородие почвы, ее физические свойства, микробиологическую активность и повышать урожай сельскохозяйственных культур (Тамман А.И., 1963; Лорх А.Г., 1955, Арнаутов В.В., 1959; Писарев Б.А., 1977; и др.).

Наиболее эффективно действие навоза на урожай картофеля на песчаных и супесчаных почвах. Последствие навоза на урожай картофеля изменяется в обратном направлении прямому действию: оно более выражено на суглинистых почвах и слабо – на песчаных и супесчаных (Ильин В.Ф., 1974) и др.

При совместном применении навоза и минеральных удобрений питательные вещества их используются растением лучше, чем при раздельном внесении (Тамман А.И., 1959; Прянишников Д.Н., 1963 и др.). При применении навоза совместно с минеральными удобрениями получают более высокие урожаи при меньших дозах этих удобрений, чем при раздельном их внесении (Клечковский В.М., Петербургский А.В., 1967 и др.). 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 (Арнаутов В.В., 1945 и др.).

Научно обоснованное применение удобрений при возделывании картофеля гарантирует получение планируемого урожая и продукции хорошего качества при соблюдении требований защиты окружающей среды от загрязнения (Полячков В.В., 1983).

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 (Турко С.А. и др., 2007).

Ведение сельского хозяйства должно быть организовано 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 (Борискин И.А. и др., 2016).

### **1.3 Фитотоксичность тяжелых металлов и устойчивость к ним картофеля**

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 (Кабата-Пендиас А., Пендиас Х, 1989).

Почве принадлежит ведущая роль в функционировании биосферы. Пока почва устойчива, экологическая безопасность обеспечена. Утрата или необратимая деградация почвенного покрова может рассматриваться как гибель экосистемы (Намсараева Г.В., 2010).

Кроме того, по отношению непосредственно к человеку почва выполняет еще одну функцию – сельскохозяйственную (Колесников С.И., 2002). Используя

почвенные ресурсы человек, получает приблизительно 90 % продуктов питания, и чистота этих продуктов определяется свойствами почвы (Черников В.А., 2000).

Одним из деградационных процессов, в результате, которого почва теряет свое плодородие, является загрязнение тяжелыми металлами (Колесников С.И., 2002).

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 (Трахтенберг И.М., 1994; Кропивко О. Г., 2001).

Тяжелые металлы делятся на две группы – «токсические» и микроэлементы, используемые в малых количествах в сельском хозяйстве (Варламов А.А., 2000; Ильин В.Б., 1982; Большаков В.А., 2002).

Микроэлементы, поступающие из различных источников, попадают в конечном итоге на поверхность почвы, и их дальнейшая миграция зависит от ее механических, химических и физических свойств (Кабата-Пендиас А., Пендиас Х, 1989).

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 (Протасова Н.А. и др., 1992).

Токсическими называют металлы, которые не являются ни жизненно необходимыми, ни благотворными и даже в малых дозах приводят к нарушению нормальных метаболических функций (Николаева Т.Г., 2009).

Определенная аналогия биогеохимических свойств некоторых ТМ позволила сгруппировать их и выявить общие закономерности токсикологического воздействия на окружающую природную среду (табл. 1.3.1).

Таблица 1.3.1 – Основные биогеохимические свойства тяжелых металлов (Шагиева Ю.А., 2004)

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: 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 (Бузмаков В. В., 2005).

Почва аккумулирует тяжелые металлы интенсивнее, чем атмосфера и природные воды (Иванова Н.В., 2009).

Аккумуляция токсических веществ почвой происходит в течение всего года. В первую очередь подвергаются воздействию загрязняющих веществ верхние корнеобитаемые горизонты почвы (Шебалова Н. М., 2006). Элементы – токсиканты концентрируются в верхнем самом плодородном слое почвы (0-10 см) (Иванова Н. В., 2009; Первунина Р. И., 1989; Черных Н. А., 2003). 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 (Большаков В. А., 2002).

Вымыванию тяжелых металлов в нижние слои почвы способствует обилие осадков и низкое содержание гумуса в почве (Вяйзенен Г. Н., 2004).

Тяжелые металлы попадают в почву вместе с удобрениями, в состав которых входят как примеси, а также с биоцидами. Техногенное поступление металлов в почву, 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 (Никитин Е. Д., 1979; Кузнецова Е. А., 2009).

В таблице 1.3.2 представлены основные сельскохозяйственные источники загрязнения агроландшафтов тяжелым металлами.

Таблица 1.3.2 – Сельскохозяйственные источники загрязнения почв тяжелыми металлами (мг/кг сухой массы) (Макарова В.Г. и др., 2002)

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	700-49000	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 (Макарова В. Г. и др., 2002).

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 (Овчаренко М. М., 1997).

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. 1.3.3).

Таблица 1.3.3 – 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 1.3.4.

Таблица 1.3.4 – Содержание тяжелых металлов в удобрениях и извести (Черных Н.А., Ладонин В.Ф., 1995)

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 (Минкина Т. М., 2003).

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 (Анисимова Г. И., 2000).

Тяжелые металлы легко накапливаются в почве, но с большим трудом и крайне медленно выводятся из нее (Капитанова Т. М., 2000).

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 (Никитин Е.Д., 1979).

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 количе-

ством металлов некоторая их часть способна миновать защитные системы растения и оказать на него токсическое воздействие (Титова В. И. и др., 2001).

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 (Wallace A., 1979).

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 (Титова В. И. и др., 2001).

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 (Матвеев Н. М. и др., 1997).

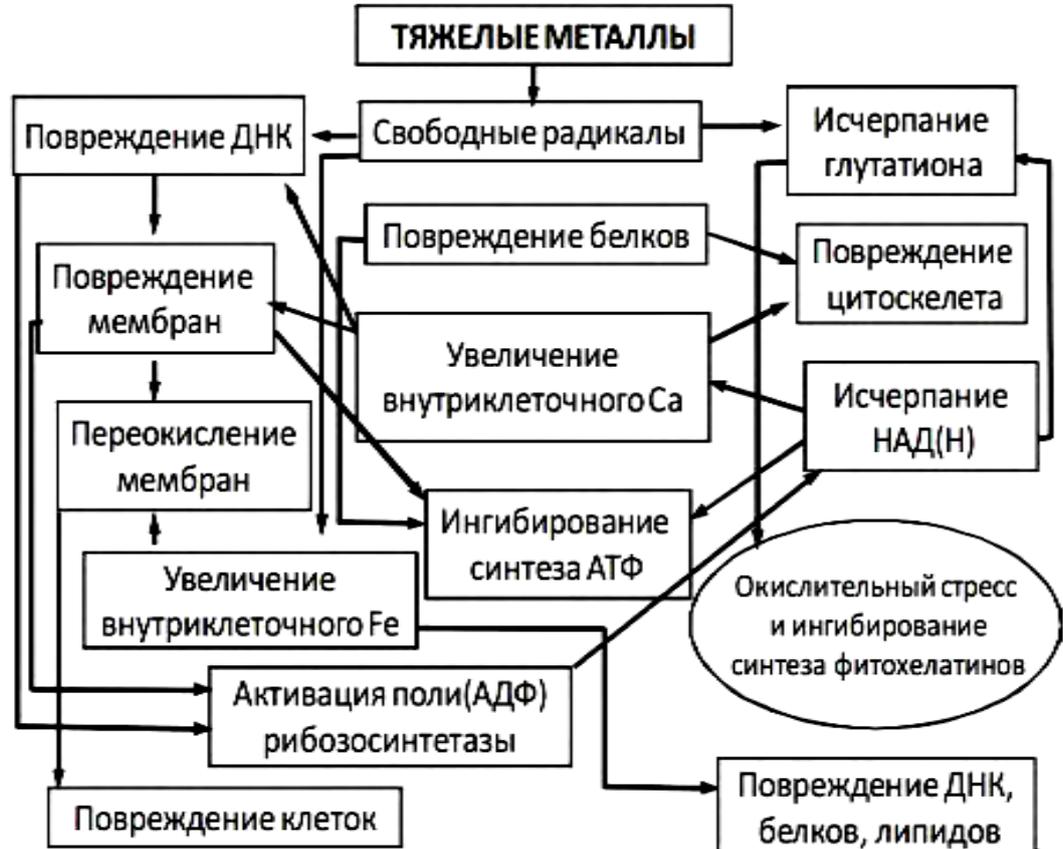


Рисунок 1 – Механизм фитотоксичности тяжелых металлов (Головки Т. И. др., 2008)

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 (Голубев И.Ф., 1970).

К «природным элементам» относится также марганец. В растениях он участвует в окислительно-восстановительных процессах. При его недостатке в расти-

тельном организме замедляются химические реакции, а следовательно, и синтез органических веществ. Наиболее подвижная форма марганцовых соединений – двухвалентный обменный марганец (Голубев И.Ф., 1970). 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 (Кабата-Пендиас А., Пендиас Х, 1989; Овчаренко М. М., 1997).

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 (Матвеев Н.М. и др., 1997).

Одним из наиболее токсичных элементов является свинец, его фоновая концентрация в почве колеблется от 0,1 до 2,0 мг/кг (Рэутце К., Кырстя С., 1986). 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 (Кабата-Пендиас А., Пендиас Х, 1989; Рэутце К., Кырстя С., 1986). Отрицательно влияет он и на биологическую деятельность в почве, снижая численность микроорганизмов, ингибируя активность многих почвенных ферментов и ферментов бактерий (Черных Н. А., 2001; Шаркова С. Ю., 2007).

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 (Медведев И. Ф., Деревягин С. С., 2017).

Свинец в основном накапливается в корнях, но в условиях его высокой концентрации – и в листьях (Бойченко Е. А., 1976).

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 (Громова В. С., 2007; Ермоленко Н. Ф., 1966; Закруткин В. Е., 1996).

Отрицательное действие свинца при равном его содержании сильнее проявляется в почвах легкого механического состава (Кабата-Пендиас А., Пендиас Х, 1989; Рэутце К., Кырстя С., 1986; Смирнов П. Н., Муравин Э. А., 1981).

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 (Черных Н.А., Черных И.Н., 1995).

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 (Зубкова В. М. и др., 1994). 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 запасующих 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 необходимым растениям цинка, может поглощаться метаболическим путем. При этом резкой дифференциации кадмия по органам растения может не происходить (Титова В. И. и др., 2001).

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 (Нестерова А. Н., 1989). 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 (Черных Н. А., 1988, 1991).

Цинк и медь менее токсичны, чем свинец или кадмий, но избыточное их количество, угнетающе действует на рост микроорганизмов, снижает урожай растений (Добровольский Г. В., 1985).

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 (Титова В. И. и др., 2001).

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 эле-

ментов с характерными признаками кальциевого и фосфорного голодания (Черных Н. А., 1991).

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 рН (менее 6) подвижность  $Zn^{2+}$  возрастает, что приводит к его выщелачиванию в водной среде. При возрастании органических веществ в почве повышается ее рН, что влияет на связывание цинка и переход его в органические комплексы, поэтому в большинстве случаев он накапливается в горизонтах почв с высоким содержанием гумуса (Кабата-Пендиас А., Пендиас Х, 1989).

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 (Эйхенбергер Э., 1993). 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 (Магницкий К. П., 1960).

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 (Титова В. И. и др., 2001).

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 (Бингам Ф. Т. и др., 1993).

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 (Кабата-Пендиас А., Пендиас Х, 1989).

Сопrotивляемость неkислой 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 рН и в последующем – к деградации органоминеральных комплексов (Кабата-Пендиас А., Пендиас Х, 1989).

Влияние токсичных концентраций некоторых ТМ на растения приведено в таблице 1.3.5.

Таблица 1.3.5 – Влияние токсичных концентраций некоторых тяжелых металлов на растения  
(Рэутце К., Кырстя С., 1986; Кабата-Пендиас А., Пендиас Х, 1989; Ильин В. Б., 2001)

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 <sub>2</sub> , торможение фотосинтеза, ингибирование биологического восстановления NO <sub>2</sub> 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

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 (Плеханова И. О., 2001).

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.) (Алексеев Ю. В., 1987; Ильин В. Б., 2001).

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 (Ильин В. Б., 2001).

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 (Тяжелые ..., 1987; Кадмий ..., 1994; Пронина, 2000).

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 (Трофимов С.С., 1989).

Согласно классификациям Baker A. J., 1981, Серегина И. В., 2009, Опекуновой М. Г., 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 (Baker, A. J., 1981; Серегин И. В., 2009; Опекунова М. Г., 2013).

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 (Ларионов М. В., 2010).

По накоплению тяжелых металлов в овощных культурах Карпова А. П., Салмина П. А., Шевченко В. С. (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, Ильин В. Б. (1994) дает следующую группировку (табл. 1.3.6).

Таблица 1.3.6 – 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 (Гармаш Г. А., 1987; Захаров А. И., Никитин С. Н., 2014; Зырин Н. Г., 1968; Юскаева Г. И., 2004).

#### **1.4 Агрехимические приемы, снижающие токсичность тяжелых металлов для растений**

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 (Ильин В. Б., 1991).

Несмотря на защитные свойства почвы, существуют пределы и уровни техногенного воздействия на окружающую среду, превышение которых приводит к необратимым последствиям (Орлов Д. С., 2002).

Природные процессы самоочищения почв, загрязненных тяжелыми металлами, очень длительны и возможны только до определенного уровня содержания металлов в почве (Важенин И. Г., 1982).

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 (Кривошеен Д. А., 2000).

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 совершенствова-

нии технологий производства, создании замкнутых технологических систем, на контроле внесения в почву отходов промышленности в качестве удобрений и мелиоратов (Чжоу Дунсин, 2006).

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 (Дабахов М. В. и др., 1998; Дабахов М. В., 1997).

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, превра-

щаются 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  $\text{CaCO}_3$ . Снижение поступления ТМ в растения под влиянием известкования наблюдается вплоть до применения дозы известковой муки, соответствующей 40 т/га  $\text{CaCO}_3$ . 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 рН 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 (Овчаренко М. М. и др., 1996).

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 (Алексеев Ю. В., Лепкович И. П., 2003). 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 аккумулялирующей способности, должно развивать большую вегетативную массу и иметь высокий биологический коэффициент поглощения металлов в широком интервале рН. 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 (Алексеев Ю. В., Лепкович И. П., 2003), такие растения как одуванчик, лютик едкий, клевер ползучий 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 (Бахнов В. К., 1971; Ильин В. Б., 1991; Белоус Н. М., 2006).

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 рН. Прочность адсорбции металлов гумусовыми кислотами увеличивается с повышением степени гумификации. Адсорбционные комплексы прочны и разрушаются лишь при сильнокислой или сильнощелочной реакции среды (Ермоленко Н. Ф., 1966; Ковальский В. В., 1974; Шафеева, Э. И., 2018).

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 рН = 8, а при рН = 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 (Евдокимова Г. А., 1989; Белоус Н. М., 2006).

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 монтмориллонита 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:  $Pb^{2+} > Zn^{2+} > Cd^{2+}$  (Горбунов Н. И., 1974, 1978).

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 (Ильин В. Б., 1981; Ильин В. Б., 1991).

Кроме физических и химических приемов по восстановлению загрязненных ТМ почв, применяют агротехнические приемы (Орлов Д. С., 2002).

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, исключая 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 (Лунев М. И., 2004).

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 (Медведев И. Ф., Деревягин С. С., 2017).

## 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 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 (Природно-хозяйственная..., 1985).

Среднегодовое количество осадков составляет 475 мм (период с 2011-2015 гг.), наименьшее количество осадков наблюдалось в 2014 г. (398 мм), наибольшее количество осадков было в 2011 г (591 мм). За вегетационный период выпадает в среднем 224 мм (рис. 2).

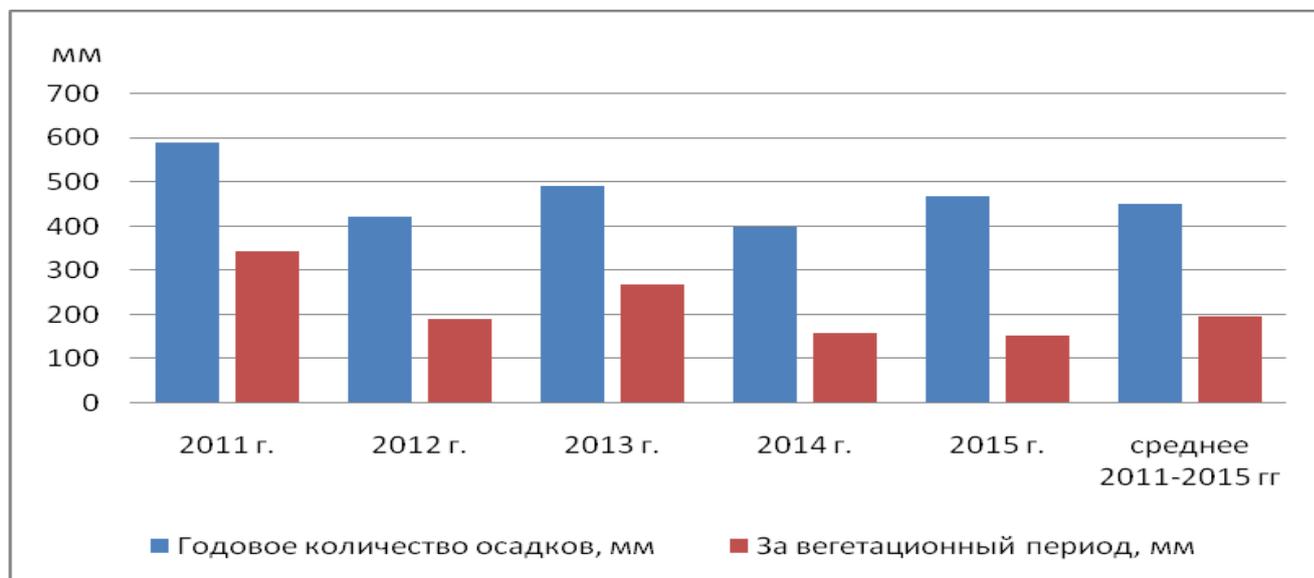


Рисунок 2 – Распределение количества осадков по годам исследований (2011-2014) и за вегетационный период развития картофеля

Среднемноголетняя температура воздуха + 6,05 °С, за вегетационный период + 18,74 °С (табл. 3).

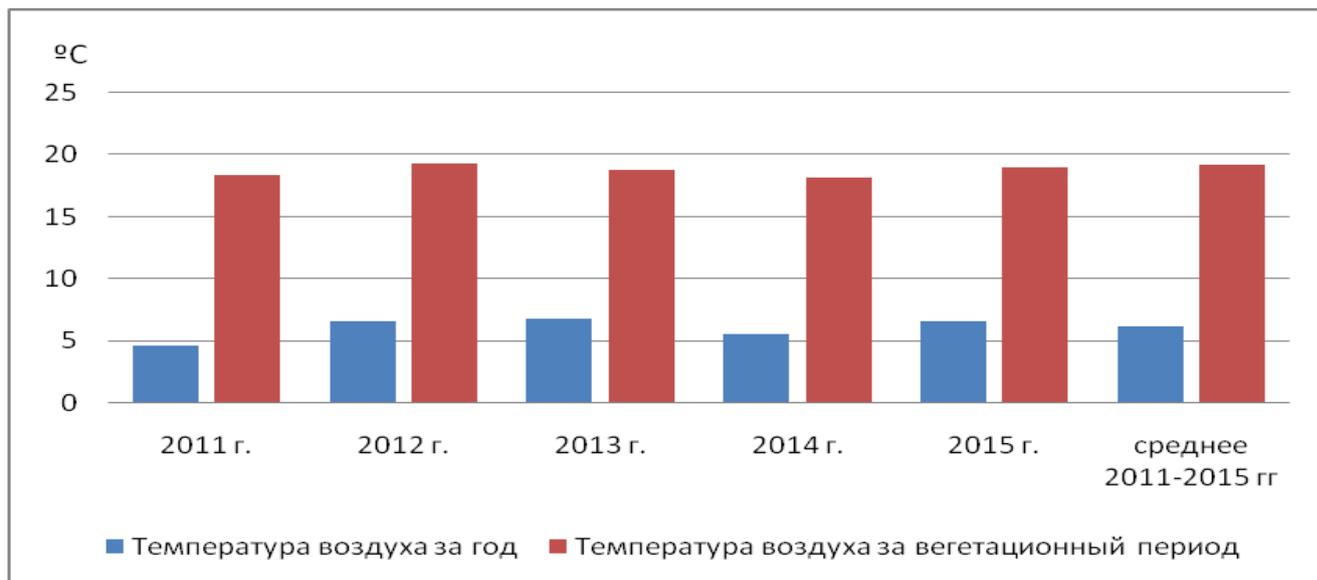


Рисунок 3 – Распределение температуры воздуха по годам и за вегетационный период.

Среднемесячная температура воздуха в летние месяцы + 20,8 °С, в зимние месяцы – 10,1 °С.

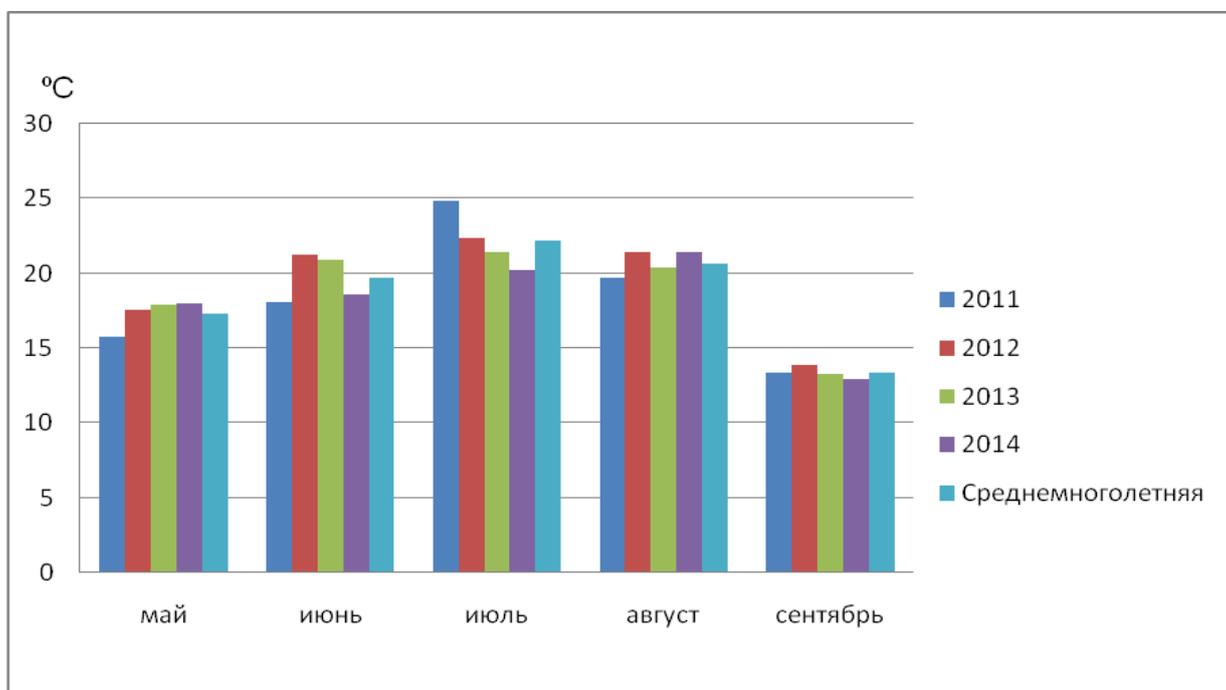


Рисунок 4 – Средняя температура воздуха за вегетационный период в 2011-2014 гг., °С

Основные показатели, определяющие погодные условия за время проведения экспериментальных работ, включая производственный опыт, приведены на рисунках 4, 5 и таблице 2.1.1.

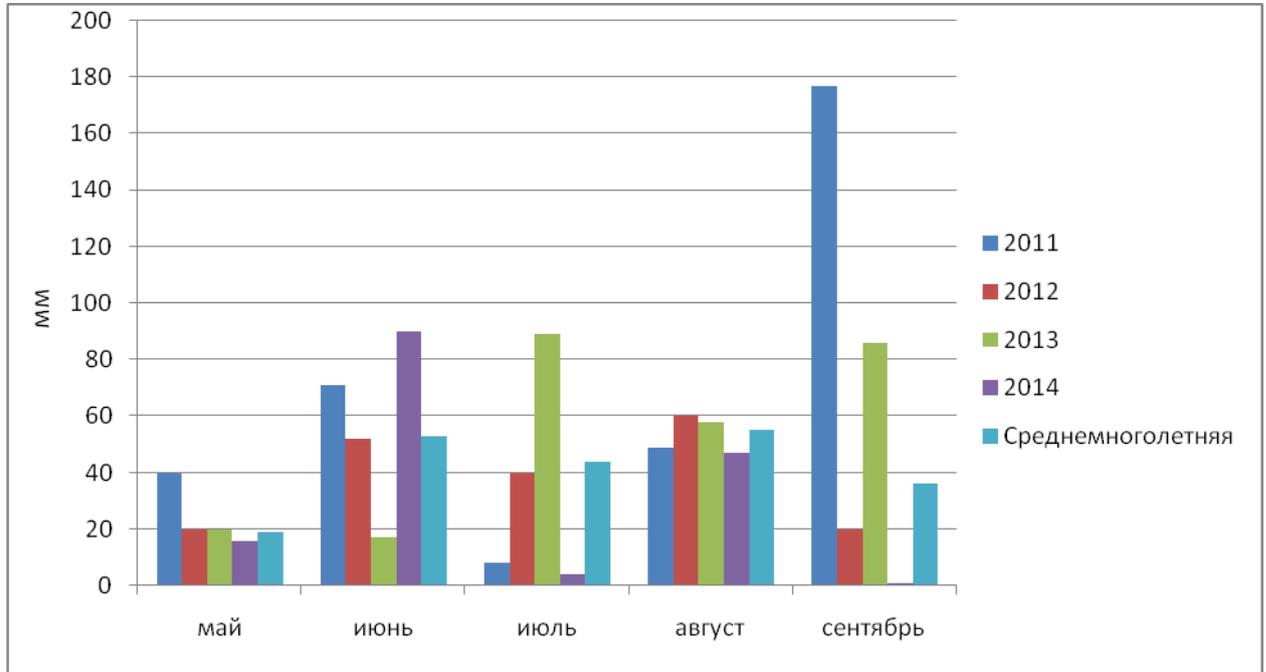


Рисунок 5 – Количество осадков за вегетационный период в 2011-2014 гг., мм

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. 2.1.1).

Таблица 2.1.1 – Среднемесячная температура °С воздуха (числитель) и осадки в мм (знаменатель) за вегетационный период

Годы	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	За вегетационный период
2011	$\frac{15,8}{40}$	$\frac{18,1}{71}$	$\frac{24,9}{8}$	$\frac{19,7}{49}$	$\frac{13,4}{177}$	$\frac{18,38}{69}$
2012	$\frac{18,0}{20}$	$\frac{21,3}{52}$	$\frac{22,6}{40}$	$\frac{21,9}{60}$	$\frac{13,8}{20}$	$\frac{19,52}{38}$
2013	$\frac{17,8}{20}$	$\frac{21,3}{17}$	$\frac{21,8}{89}$	$\frac{20,5}{58}$	$\frac{13,1}{86}$	$\frac{18,9}{54}$
2014	$\frac{18,4}{16}$	$\frac{19,2}{90}$	$\frac{20,2}{4}$	$\frac{21,4}{47}$	$\frac{13,7}{1}$	$\frac{18,6}{32}$

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°C) – 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 ледо покрова 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 (Природно-хозяйственная..., 1985).

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-ая 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. 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 луговато-черноземными почвами. Почвообразующими породами для них являются древнеаллювиальные легкие и средние суглинки.

## **2.2 Характеристика опытного участка, агротехника, схема опыта и методика исследований**

Для решения поставленных задач проводилось почвенное обследование производственных плантаций картофеля на полях крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ), расположенного в Приволжском районе Самарской области в 2003 г. на площади 5565 га, в период с 2011 г. по 2014 г. на площади 840 га. (Прил. 2, рис. 6).

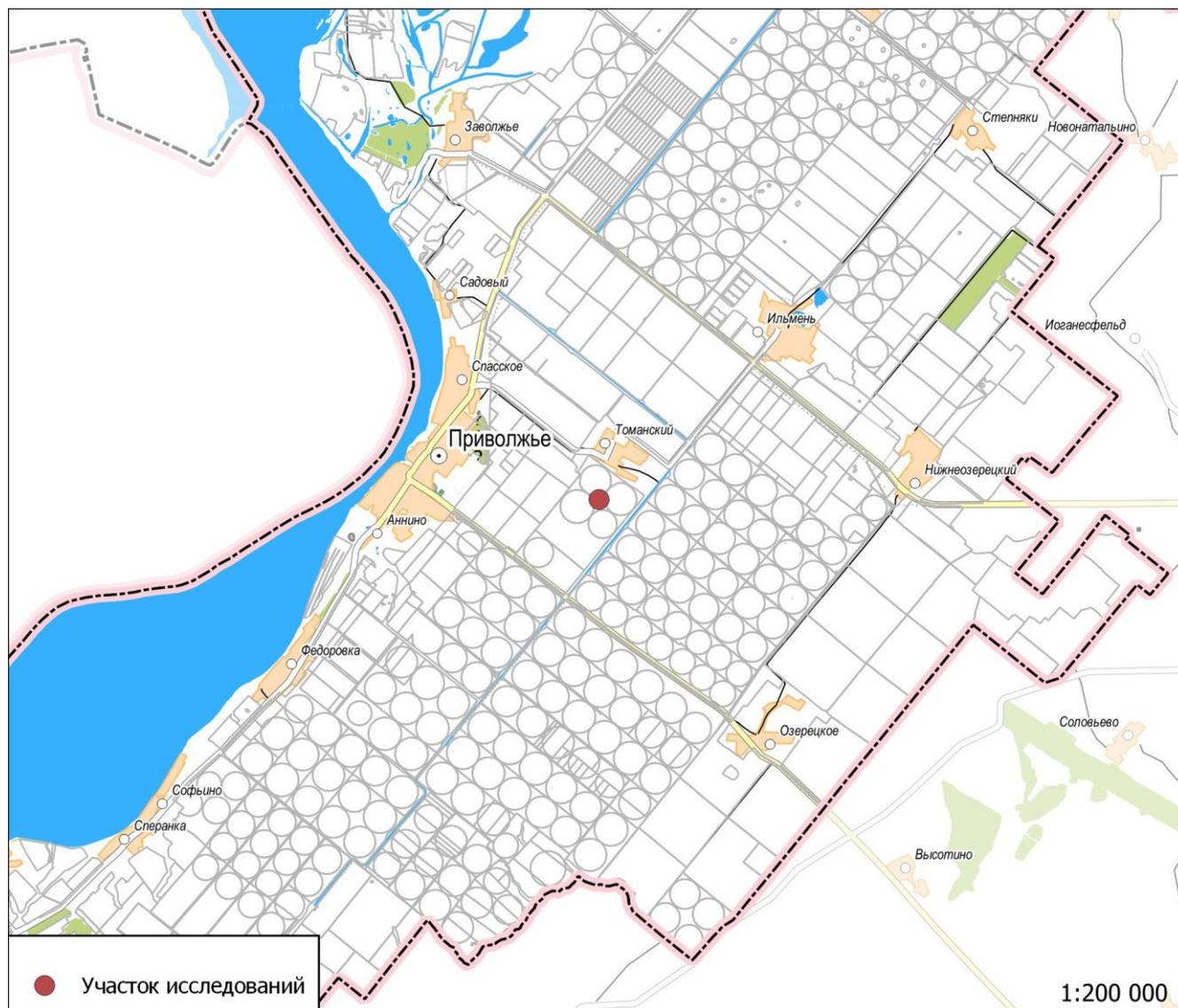


Рисунок 6 – Расположение участка исследований на карте-схеме Приволжского района Самарской области

В 2003 году было выполнено полевое почвенное обследование. На исследуемом участке было отобрано 10 почвенных образцов. В качестве фонового принято содержание валовых форм тяжелых металлов, установленное ранее для почв Приволжского района Самарской области (Технический отчет..., 2003).

В 2011-2014 году было отобрано и проанализировано 120 почвенных образцов и 226 растительных образцов. Исследованию подвергались почва, ботва растений, эпидерма и перидерма клубней 20 сортов.

Согласно списку сортов растений Госреестра по состоянию 2019 год по Средневолжскому региону допущено к использованию 92 сорта картофеля, из них

в наши 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.

*Коlette*

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 удлинено-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 уро-

жайность 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, выравнивание 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 нематоды. 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 нематоды. 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. Уро-

жайность 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. Вирусостойчив, 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, вирусостойчив. Назначение – столовый картофель. Группа спелости ранняя, 70-80 дней.

Для проведения исследовательских работ были выбраны два сорта картофеля интродуцированный Арника и районированный Ароза, имеющих коммерческую ценность и рекомендованные для производственных испытаний в Самарской области.

#### *Ароза*

Данный сорт, выведен в Германии в 2009 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-ый 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%. Лежкость 95%. В клубнеплодах содержится около 12,2-14,3% крахмала. Срок его созревания составляет всего 70-75 дней. Количес-

во 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 нематоды. 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. Лежкость (способность к хранению) – 95%. Ценность сорта: нематодоустойчивость, стабильная урожайность, хороший вкус клубней. Другое: оригинатор сорта картофеля «Арника» – AGRICO В.А. (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 нематоды, разным видам гнили и возбудителю рака картофеля. Особенности выращивания: устойчив к повышенным температурам в период вегетации, высокая приспособляемость к климатическим условиям и типам грун-

та. 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, полупрямостоячеедо 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 нематоды. Умеренно восприимчив по ботве и умеренно устойчив по клубням к фитофторозу. Особенности выращивания: стандартная агротехника. Другое: оригинатор сорта картофеля «Спринт» – IJSSELMEERPOLDERS B.V. (Нидерланды).

В период с 2012 г. по 2014 г. проводился эксперимент по изучению эффективности использования минеральных удобрений в сочетании с органическим удобрением (навоз) на аккумуляцию тяжелых металлов (кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, хрома, железа) картофелем. В опытах исследовались два сорта: среднеранний Арника и раннеспелый Ароза.

Наши исследования проводились на специализированном севообороте, когда картофель возвращается на одно и то же поле не ранее чем через 4 года (рис. 7).

Чередование культур в севообороте: 1. Чистый (черный) пар 2. Картофель 3. Овощи 4. Соя. Учетные площадки имеют форму квадрата со стороной 30 м или 40 рядов, площадь – 900 м<sup>2</sup> (30х30). Изучение проводилось в трехкратной повторности по схеме: I-контроль N<sub>120</sub>P<sub>150</sub>K<sub>300</sub>, II- минеральные удобрения N<sub>120</sub>P<sub>150</sub>K<sub>300</sub>+ навоз в дозе 20 т/га; III- минеральные удобрения N<sub>120</sub>P<sub>150</sub>K<sub>300</sub> + 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.

2014г черный пар 2013г соя (Самер 1,2,4) 2012г овощи 2011г. картофель	
2014г картофель 2013г черный пар 2012г соя (Самер1,2,4) 2011г овощи	
<i>2014год опытный участок картофель</i>	<i>2013год опытный участок картофель</i>
	2014г овощи 2013г картофель 2012г черный пар 2011г соя (Самер 1,2,4)
<i>2012год опытный участок картофель</i>	
	2014г соя (Самер 1,2,4) 2013г овощи 2012г картофель 2011г черный пар

Рисунок 7 – Схема 4-польного севооборота с чередованием культур за 1 ротацию

Опыты закладывались на полях севооборота под плантациями выращивания картофеля. В применяемом севообороте предшественником для картофеля служил чистый (черный) пар.

Площадь полевого севооборота 840 га, в границах которого четыре опытных участка площадью 210 га. Ввиду того, что севооборот действует на орошаемом участке поливной системы «Фрегат», то каждый опытный участок привязаны к максимальной площади полива при работе на одной позиции дождевальными машинами и имеет площадь 82,6 га. Один опытный участок занимает площадь 2,5 дождевальных машин. В данном севообороте получили распространение сборные поля.

В составе севооборота, организовано 2 сборных поля. Количество полей севооборота совпадает с количеством лет ротации т. е. 4 года (приложение 3).

В системе выращивания картофеля применялись 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.

*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 производилась 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.

Схема использования препаратов, применяемых при выращивании картофеля, представлена в таблице (таб. 2.3.1).

Таблица 2.2.1– Схема использования препаратов 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	1,0л/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	0,6л/га
		Фюзилад Форте	1,5л/га
		Зенкор	0,5л/га
Формирование клубней	Опрыскивание	Инфинито	1,4л/га
		Квадрис	0,6л/га
		Фюзилад Форте	1,5л/га
		Титус	0,03кг/га
Бутонизация, высота растений 20 см	Опрыскивание	Ридомия	2,5кг/га
		Голд	0,02кг/га
		Титус	1,5л/га
		Изабион	1,5л/га
Цветение	Опрыскивание	Инфинито	1,4л/га
		Квадрис	0,6л/га
		Изабион	1,5л/га
Окончание фазы клубнеобразование	Опрыскивание	Ревус Топ	0,6л/га
Полное созревание	Опрыскивание	Реглон	2,0л/га
		Ширлан	0,3л/га

Для производимых операций использовали универсальный пропашной колесный трактор МТЗ-82 и полевой опрыскиватель AMAZONEUG-3000 предназначенный исключительно для сельскохозяйственного применения методом поверхностного опрыскивания с использованием воздушного потока, предназначен-

ный для работы со всеми разрешенными в сельском хозяйстве растворами, эмульсиями и суспензиями.

Места закладки учетных площадок по годам показаны в приложении 4. Расстояние между гребнями 75 см, высота гребня 18-20 см, расстояние в ряду посадочных мест – 24 см.

Расчет площадей под опытные делянки произведен с учетом параметров посадки и составляют: общая площадь – 900 м<sup>2</sup>, вариант с внесением NPK – 225 м<sup>2</sup> (7,5x30); с NPK + навоз – 225 м<sup>2</sup> (7,5x30); контроль – 225 м<sup>2</sup> (7,5x30); 2 междурядья (защитные полосы) – 112,5 м<sup>2</sup> (3,5x30) (рис. 8).

Ряды, шт	10	5	10	5	10
	контроль N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	Защитная зона	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> + навоз 20 т/га	Защитная зона	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> + навоз 60 т/га
Расстояние, м	7,5	3,5	7,5	3,5	7,5

Рисунок 8 – Схема опыта делянки с учетом параметров посадки картофеля

Минеральные удобрения под картофель вносились до посадки разбросным способом. Полная доза калийных удобрений (KCL 60%) вносилась осенью под нарезку гребней в один приём разбрызгивателем навесным Rauch MDS 935 на тракторе Д/Д 6920, Д/Д 6130. Весной одновременно с посадкой, производилось внесение аммофоса (N<sub>12</sub>P<sub>52</sub>), затем через 10-15 дней перед окучиванием производили подкормку азотным удобрением сульфатом аммония – N<sub>21</sub>S<sub>24</sub>. Расчет произведен балансовым методом по методике, предложенной Шатиловым И.С. и Каюмовым М. К. (Каюмов М. К., 1977).

Органические удобрения вносились только на учетные площадки, отведенные под исследования. Внесение органических удобрений производили перед

фрезерованием, на подготовленную для посадки почву, равномерно распределяли по участку граблями с последующей заделкой в почву в течение 3-5 часов после разбрасывания при помощи фрезы. Под картофель, особенно ранних сортов, вносили только перепревший или полуперепревший навоз.

Растительные и почвенные образцы для анализа отбирали с использованием общепринятых методов (Добровольский В. В., 1973, Глазовская М. А., 1964, Алексеенко К. А., 1990). 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 почвенные 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 холщевые мешочки. Аналогичным образом отбирались образцы из среднего (10-20 см) и нижнего горизонтов (20-30 см). Почвенные образцы для анализа отбирались с использованием общепринятых методов. На каждой пробной площадке отбирался смешанный образец методом конверта, весом около 500г, который помещался в маркированный мешочек с присвоением ему номера. Растительные образцы отбирали параллельно с почвенными образцами на тех же площадках.

Растительные образцы отбирали параллельно с почвенными на тех же пробных площадках. Растения выкапывали из земли в разных достаточно удалённых друг от друга точках пробной площади. Отбирали по 5-30 и более экземпляров в зависимости от их размера, сразу отделяли клубни и ботву. Каждую пробу помещали в маркированные пакеты. Маркировка растительных образцов была связана с номером соответствующей пробной площадки. В пакетах почвенные и растительные образцы доставляли в лаборатории. Лабораторные анализы осуществлялись в сертифицированных лабораториях ФГБУ САС «Самарская» (Аттестат аккредитации испытательной лаборатории (центра) в системе аккредитации аналитических лабораторий (центров) № РОСС RU.0001.510565 выдан 10.08.2016 г. (дата внесения сведений в реестр аккредитованных лиц – 22.04.2015 г.), испыта-

тельной лаборатории ФГБУ «Самарский референтный центр Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору» (Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.516467 от 23 мая 2015 г) и научно-исследовательской испытательной лаборатории ФГБОУ ВО «Самарский ГАУ»

Подготовку образцов почвы и растений для определения валового содержания тяжёлых металлов в них проводили традиционным методом (Муравин Э. А., 2005).

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 и клубней 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  $+450 - +500^{\circ}\text{C}$  в течение 4-20 часов в зависимости от характера образца (Пустовой И. В. и др., 1995). Зола 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  $575^{\circ}\text{C}$ . Подвижные формы соединений извлекались ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 (ААБ). 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 со-

ответствии с ГОСТ 26213-91;

- рН 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), в карбонатных почвах по Б. П. Мачигину (ГОСТ 26205-91);

- содержание легкогидролизуемого азота в кислотной (0,5N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) вытяжке по Ю. В. Тюрину и М. М. Кононовой в модификации В. Н. Кудеярова (Минеев В. Г., 2001);

- содержание тяжелых металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии (Кузнецов А. В., 1992; МУ по определению ТМ..., 1992);

- содержания тяжелых металлов в надземной фитомассе проводили пламенным и электротермическим вариантами атомно-абсорбционной спектроскопии с предварительной подготовкой проб методом «сухой» минерализации (МУ по определению ТМ..., 1992).

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, 2005, 2006 гг.).

Средние значения из повторений и стандартные отклонения вычисляли с помощью программы Excel.

### **3 ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ КАРТОФЕЛЬНЫХ ПЛАНТАЦИЙ И РАСТЕНИЯХ КАРТОФЕЛЯ**

#### **3.1 Агрохимические показатели почв производственных плантаций картофеля**

По природно-сельскохозяйственному районированию страны исследуемая территория относится к зоне – степной, провинции – Заволжской, округу – рав-

нинно-волнистый суглинистый обыкновенно-южно-черноземный, району – низкое степное Заволжье и располагается на древних надпойменных террасах р. Волги.

В основном почвенный покров объекта исследования представлен черноземами обыкновенными остаточно-луговатыми и обыкновенными остаточно-луговатыми карбонатными с вкрапинами мелких контуров лугово-черноземных почв. Образование лугово-черноземных почв на высоких террасах связано с орошением.

В результате проделанных исследований были определены показатели состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения с периодами между обследованиями 1991-2003 гг. и 2011-2014 гг., что позволяет 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 воспроизводстве растительной массы, а часть вымывается за пределы почвенного профиля.

Для установления баланса гумуса на пашне было проведено сопоставление результатов определения содержания гумуса в почвах, обследованных повторно через 12 лет. За этот период на исследуемой территории отмечено падение содер-

жания гумуса за период между обследованиями (1991-2003 гг.) которое колеблется по почвам в границах севооборота от 0,1% до 1,1% (таб. 3.1.1)

Таблица 3.1.1 – Динамика содержания гумуса в пахотном слое за период между обследованиями

Название почв на карте	Среднее содержание, %		Изменение в содержании, %
	1991	2003	
Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый слабогумусный среднeмощный	3,7	3,4	- 0,3
Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый малогумусный мощный	4,6	5,1	0,5
Сочетание :			
1. Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый малогумусный мощный	4,7	4,5	- 0,2
2. Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый карбонатный малогумусный среднeмощный	4,7	4,6	- 0,1
Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый слабогумусный среднeмощный	2,9	2,8	- 0,1
Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый карбонатный слабогумусный среднeмощный	3,5	3,8	0,3
Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый карбонатный малогумусный среднeмощный	4,9	4,4	- 0,5
Луговато-черноземная малогумусная среднeмощная	6,4	5,3	- 1,1

Результаты исследования по двум периодам почвенного обследования необходимо сопоставлены между собой и определена разница содержания гумуса в пахотном слое. При этом расчеты выполнены на сопоставимую мощность пахотного слоя.

Разница между средними величинами содержания гумуса за первый и второй периоды почвенного обследования составляют потерю или прибавку гумуса за это время. Прибавка или потеря гумуса рассчитывалась в % и т/га. Показатели в т/га позволяют, во-первых, иметь 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 обследования в границах севооборота представлен двумя типами, двумя подтипами, и семью почвенными разновидностями.

Таблица 3.1.2 – Классификация почвенного покрова в границах севооборота

<i>Тип</i>	<i>Подтип</i>	<i>Род</i>	<i>Разновидность</i>
Чернозем	Чернозем обыкновенный	Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый	Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый слабогумусированный среднемощный орошаемый среднесуглинистый
			Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый малогумусный мощный орошаемый среднесуглинистый
			Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый
			Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый глубоковскипающий малогумусный среднемощный орошаемый тяжелосуглинистый
		Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый карбонатный перерытый	Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый карбонатный малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый 10-20%;
			Чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый карбонатный слабогумусированный среднемощный тяжелосуглинистый
Лугово-черноземный	Лугово-черноземный	Лугово-черноземный	Лугово-черноземная малогумусная среднемощная среднесуглинистая;
		Лугово-черноземный осолоделый	Луго-черноземная осолодевшая малогумусная среднемощная среднесуглинистая

Названия почв в таблице 3.1.2 даны по действующей классификации (Классификация и диагностика..., 1977). Характеристика почвенного покрова приведена на основе полученных результатов лабораторных исследований, места заложения точек отбора показаны на картографическом материале (прил. 1).

Черноземы обыкновенные остаточнo-луговатые получили распространение на слабоволнистой второй надпойменной террасе р. Волги. Почвообразующими породами для них служат древнеаллювиальные средние суглинки. Содерж-

жание гумуса в этих почвах относительно небольшое 5,0-4,0 %, вниз по профилю убывание гумуса идет очень постепенно. На глубине 1м 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 Апах-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. Реакция почвенной среды слабощелочная, с  $pH=7,5$ . Сумма поглощенных оснований 27,9 мг-экв. на 100г 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 каль-

ция 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 см 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. 3.1.3).

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 баль-

ной оценке почв выбраны такие показатели, которые не только отражают генезис почв, но и существенно влияют на плодородие и урожай сельскохозяйственных культур.

Таблица 3.1.3 – Агрохимическая характеристика черноземов обыкновенных степной зоны Заволжья в слое 0-30 см

рН водной суспензии	Гумус, %	Содержание подвижных форм, мг/кг				Сумма погло- щенных оснований мг-экв на 100 г почвы	Балл бони- тета
		фосфор		калий			
		По методу					
		Чирикова	Мачигина	Чирикова	Мачигина		
1. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый слабогумусированный средне- мощный орошаемый среднесуглинистый (точки отбора 3,25 по данным 2003 г.)							67
7,0	3,1	92		120		39,7	
7,0	3,1	140		146			
2. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный мощный оро- шаемый среднесуглинистый (точки отбора 5,6,8, 20,21 по материалам 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:							67/68
1. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый.							
2. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый 10-25 %							
1. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый (точки отбора 22 по материалам 2003 г.)							67
6,8	4,0	63		94			
2. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный среднемощный орошаемый среднесуглинистый 10-25% (точки отбора 7 по мате- риалам 2003 г.)							68
7,0	4,6		42		227		
4. Чернозем остаточно-луговатый глубоковскипающий малогумусный средне- мощный тяжелосуглинистый (точки отбора 12 по материалам 2003 г.)							81
6,5	4,8	132		120			
5. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный перерытый слабо- гумусированный среднемощный орошаемый среднесуглинистый (точка отбора 24 по данным 2003 г.)							67
7,1	4,0	140		213		27,9	

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 физиче-

ских 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. Причиной различной цены балла в административных районах могут быть микроразональные климатические условия, которые отражены в коэффициентах оценки климатических условий. В таблице 3.1.3 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 0-100см. 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 показателем 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-лугового слабогумусированного среднесуглинистого орошаемого – 374 т/га;

чернозема обыкновенного остаточно-лугового карбонатного перерытого слабогумусированного среднесуглинистого орошаемого – 341 т/га.

Показатели гумусового состояния почв по произведенным подсчетам запаса гумуса в слое 0-100 см характеризуются средним уровнем.

Таблица 3.1.4 – Агрохимическая характеристика почв степного Заволжья

Глубина взятия образца	рН 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 среднетяжелый орошаемый среднесуглинистый							
0-30	6,5	3,1	92		120		39,7
2. Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный перерытый слабогумусированный среднетяжелый орошаемый среднесуглинистый							
0-30	7,1	4,0		26		320	27,9

В августе-сентябре 2011-2014 г.г. было проведено 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 образцов 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 дождевальными машинами «Фрегат» ДМУ-Б488-90. Севооборот состоит из 4-х рабочих участков. За 4-х 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 (прил. 5). Показатели состоя-

ния плодородия земель в разрезе по годам исследования с привязкой к сортам картофеля и разделением почв по видовому признаку на карбонатные (рН 7,3-7,5) и не карбонатные (рН 6,2-6,8) приведены в таблице 3.1.5. 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 рН 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 рН 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) рН 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 3.1.5 - Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы степной зоны Заволжской провинции, 2011-2014 гг.

Участок под сор- том картофеля	рН				Гумус, %				Содержание макроэлементов, мг/кг											
									Азот NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				Подвижный фосфор, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				Обменный калий, K <sub>2</sub> O			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Наташа	7,7	-	-	-	3,8	-	-	-	25,1	-	-	-	25,4	-	-	-	360	-	-	-
Витессе	6,4	6,4	7,4	-	4,1	4,1	3,7	-	25,7	25,7	10,2	-	183,5	183,2	81,5	-	200	200	258	-
Родрига	7,1	7,1	-	-	4,1	4,1	-	-	36,2	36,2	-	-	35,6	35,6	-	-	340	340	-	-
Розара	7,6	7,6	6,0	-	2,5	2,5	6,9	-	11,0	11,0	11,5	-	16,8	26,8	280	-	255	255	460	-
Рокко	7,6	-	-	-	3,3	-	-	-	14,5	-	-	-	30,2	-	-	-	300	-	-	-
Романо	7,2	7,2	-	7,4	2,9	2,9	-	2,9	17,8	17,8	-	17,8	40,4	40,4	-	18,0	380	380	-	310
Джелли	7,6	-	-	-	2,7	-	-	-	60,3	-	-	-	20,6	-	-	-	300	-	-	-
Спринт элита	7,1	-	7,2	-	3,9	-	2,7	-	33,9	-	6,8	-	29,0	-	45,8	-	340	-	209	-
Ланорма	6,8	6,8	7,2	7,2	4,8	4,8	3,9	3,1	12,3	12,3	11,2	11,2	166,5	246,5	37,8	29,0	215	-	217	315
Колетте	7,6	7,6	7,3	-	3,1	3,1	2,7	-	10,0	10,0	8,1	-	29,0	31,2	41,4	-	300	300	279	-
Винета	7,7	7,7	7,4	-	2,7	2,7	2,5	-	18,6	18,6	26,9	-	19,8	19,8	24,0	-	250	250	266	-
Розалинд	7,7	7,7	6,4	-	2,9	2,9	2,9	-	15,6	15,6	11,8	-	18,0	38,8	230	-	265	265	-	-
Леони	7,4	7,4	7,3	-	4,1	4,1	1,6	-	23,4	23,4	21,4	-	16,6	36,6	19,4	-	285	285	226	-
Спринт	7,5	7,5	-	-	4,1	4,1	-	-	49,0	29,0	-	-	46,4	36,4	-	-	395	395	-	-
Ароза	-	7,4	7,3	7,3	-	4,1	2,9	3,4	-	23,4	12,0	12,3	-	36,6	24,0	29,0	-	285	250	340
Арника	-	7,5	7,3	6,9	-	4,1	2,9	4,8	-	29,0	14,1	13,9	-	36,4	40,0	133,0	-	395	250	274,5
Тоскана	-	-	-	7,3	-	-	-	5,1	-	-	-	14,3	-	-	-	60,0	-	-	-	526
Лабелла	-	-	-	7,4	-	-	-	3,4	-	-	-	10,2	-	-	-	66,5	-	-	-	500
Верона	-	-	-	6,7	-	-	-	4,1	-	-	-	18,8	-	-	-	132,0	-	-	-	108,0
<b>Не карбонатные</b>	<b>6,6</b>	<b>6,6</b>	<b>6,2</b>	<b>6,8</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>19,0</b>	<b>18,3</b>	<b>11,6</b>	<b>16,4</b>	-	<b>208</b>	-	<b>132,5</b>	-	-	-	-
<b>Карбонатные</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	<b>7,3</b>	<b>7,3</b>	<b>3,3</b>	<b>3,3</b>	<b>3,6</b>	<b>3,3</b>	<b>22,5</b>	<b>20,2</b>	<b>14,4</b>	<b>13,2</b>	<b>27,3</b>	<b>33,2</b>	<b>39,2</b>		<b>314</b>	<b>309</b>	<b>244</b>	<b>398,2</b>

Примечание: Содержание фосфора и калия – шрифт курсив по Чирикову, обычный по Мачигину; - не определялось.

Приведенные показатели в таблице 3.1.6, аналогичны данным приведенные в таблице 3.1.5, однако без учета видового состава картофеля в разрезе по годам исследования и они идентичны.

В зависимости от рН среды в значительной степени изменяется содержание гумуса, содержание подвижных и обменных форм соединений элементов питания

Таблица 3.1.6 – Агрохимические показатели почв исследуемых участков, 2011-2014 гг.

Год	рН	Гумус по Тюри-ну, %	Содержание, мг/кг		Азот (NO <sub>3</sub> ) мг/кг	Потреб-ность в азотных удобре-ниях
			Подвижный фосфор по Чирикову	Обменный калий По Чирикову		
2003	6,8	4,0	61 среднее	99 повышенное		не опре-делялось
	7,2	4,6	102 повышенное	163 высокое		
2011	6,6	4,5	132,6	151,1	20,8	средняя
	7,5	3,3	повышенное	высокое	высокое	
2012	6,6	4,5	162,3	150,1	19,2	средняя
	7,5	3,3	высокое	высокое	среднее	
2013	6,2	4,9	192,2	251,6	13,0	сильная
	7,3	2,9	высокое	оч. высокое	низкое	
2014	6,8	4,5	267,8	378,7	14,1	сильная
	7,3	3,6	повышенное	повышенное	низкое	
	7,3	3,6				

Примечание: в числителе показатели не карбонатных почв, в знаменателе показатели карбонатных почв

*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 рН 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 об-

менным 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.

*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 рН 7,1-7,4, по данным 2011-2014 г.г. – рН 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.3.1.7).

В зависимости от рН среды в значительной степени изменяется содержание гумуса, содержание подвижных и обменных форм соединений элементов питания. В изменении реакции почвенной среды рН наблюдается закономерность. По сравнению с 2003 г. произошло подкисление почвенной среды в почвах с рН 6,8 (не карбонатных) на 1-9 % или изменение в сторону уменьшения на 0,2-0,6 единиц. Подщелачивание в почвах с рН 7,2 в карбонатных почвах на 1-4%, что составляет увеличение на 0,1-0,3 единицы. Наиболее 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. Наибольшее увеличение содержания гумуса на 0,5% в не карбонатных и уменьшение на 1,9% в карбонатных почвах произошли в 2013 г. (прил. 2).

Таблица 3.1.7 – Динамика изменения агрохимических показателей пахотного горизонта черноземов обыкновенных

Год	Видовой признак	рН		Гумус по Тюрину, %		Класс обеспеченности				Азот NO <sub>3</sub> , мг/кг	Потребность в азотных удобрениях
		Показатель	Изменения, %	Показатель	изменения, %	Подвижный фосфор		Обменный калий			
						Класс обеспеченности	Изменения	Класс обеспеченности	Изменения		
2003	не карбонатные	6,8		4,0		61,0 среднее		99,0 повышенная		среднее	средняя
	карбонатные	7,2		4,6		102,0 повышенная		163,0 высокая			
2011	не карбонатные	6,6	- 3.0	4,5	+12,5	III	V	IV	VI	19,0 среднее	средняя
	карбонатные	7,5	+ 4.0	3,3	-39,0	IV	III	V	IV	22,5 высокое	отсутствует
2012	не карбонатные	6,6	- 3.0	4,5	+12,5	III	V	IV	VI	18,3 среднее	средняя
	карбонатные	7,5	+4.0	3,3	-39.0	IV	IV	V	IV	20,2 высокое	отсутствует
2013	не карбонатные	6,2	-9.0	4,9	+ 19.0	III	VI	IV	VI	11,6 низкое	сильная
	карбонатные	7,3	+ 1.0	2,9	-58.0	IV	IV	V	III	14,4 низкое	сильная
2014	не карбонатные	6,8	=	4,5	+12,5	III	VI	IV	VI	16,4 среднее	средняя
	карбонатные	7,3	-1.0	3,6	-28.0	IV	IV	V	IV	13,2 низкое	сильная

Для полной характеристики гумусового состояния почв на начало периода исследования приводятся результаты расчета запаса гумуса в пахотном слое 0-100 см (табл. 3.1.8).

Таблица 3.1.8 – Агрохимические показатели в зависимости от почвенного профиля (для расчета запаса гумуса)

Глубина взятия образцов	рН	Гумус, %	Содержание подвижных форм, мг/кг		Азот, (NO <sub>3</sub> ) 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

Запас гумуса в черноземе обыкновенном остаточно-луговатом карбонатном перерытом слабогумусированном среднемощном орошаемом средне-суглинистом составляет 297 т/га, что в сравнении с 2003 г. ниже на 30%, но соответствует исходной градации (рис. 9).



Рисунок 9 – Морфологическое строение чернозема обыкновенного остаточно-луговатого карбонатного степной зоны низменного Заволжья

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. Подтверждением того, что изменения в содержании гумуса является следствием выноса элементов питания при получении продукции, нами изучен расчет баланса гумуса в севообороте. Вынос гумуса в 2011 году при выращивании продукции в севообороте производится картофелем и овощными культурами (табл. 3.1.9).

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 3.1.9 – Расчет баланс гумуса в специальном (картофельном) севообороте

Культура	Урожайность, т/га	Минерализация (потери) гумуса, т/га	Коэффициент выхода пожнив- но-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

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 средневзвешанные показатели. (Методические указания, Елецкий ГУ им. И.А.Бунина, 2007) Исходя из баланса гумуса, в целом по севообороту определяем 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 нами получены за период обследования 2012-2014 г.г. (прил. 5).

Исходя из полученных результатов (таблица 3.1.9), определялась 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 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.

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 2012-2014 гг. произведен расчет потребности в минеральных удобрениях (табл. 3.1.10).

Таблица 3.1.10 – 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O								
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	-	-	-

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.

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 произведен 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 в 2011 году на 1 га потребуется внести 274 кг азота, 232 кг – фосфора и 388 кг калия, в 2012 году для получения 308 ц/га картофеля внести азота – 244 кг, фосфора – 136 кг и калия – 102 кг, под урожай 285 ц/га в 2013 году потребуется азота – 232 кг, фосфора – 80 кг, калия – 158 кг, а под урожай 330 ц/га в 2014 году потребуется азота – 270,98 кг, фосфора – 10,36 кг и калия – 34,37 кг (табл.3.1.11).

Таблица 3.1.11 – Расчет доз удобрений для получения урожая картофеля, ц/га

Показатель	2011 год			2012 год			2013 год			2014 год		
	352 ц/га			308 ц/га			285 ц/га			330 ц/га		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
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/100г	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 (Кулаковская Т.Н., 1995) картофеля составляет:

N – 0,20-0,35; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,07-0,12; K<sub>2</sub>O – 0,09-0,40.

\*\*Коэффициент использования элементов питания растениями из минеральных удобрений:

N – 0,5-0,7; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,2-0,25; K<sub>2</sub>O – 0,5-0,7 первый год действия.

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 проведя расчет потребности доз минеральных удобрений для получения урожайности в элементах питания за ротацию севооборота, получены 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. Был произведен расчет на примере 2014года при условии, для получения урожайности картофеля 33,0 т/га, овощей – 33 т/га и сои 2,36 т/га без внесения органических удобрений. Класс обеспеченности почвы по азоту – средняя, фосфору – высокая и калию – очень высокая. Исходя из полученных расчетов потребности в элементах питания за ротацию севооборота 2014 г. для получения продукции: картофеля – 33 т/га, овощей – 33,0 т/га и 2,36 т/га сои необходимо было внести минеральных удобрений 205632 кг из них: 80976 кг азота, 41664 кг фосфора и 82992 кг калия (табл. 3.1.12).

Таблица 3.1.12 – Расчет потребности планируемой урожайности в элементах питания за ротацию севооборота

№ п.п.	Культуры севооборота	Планируемая урожайность, т/га	Вынос 1 т урожая, кг			Вынос планируемым урожаем, кг/га		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
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 (прил.6)						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

\*\*Азот в почве накапливается 50% от выноса, а используется 50% от того, что находилось в почве;

\*\*\*Коэффициент использования NPK из минеральных удобрений за севооборот в зависимости от эффективного плодородия почв, % ( Жуков Ю.П., 1986) в среднем за ротацию в зависимости от класса почвы по содержанию калия и фосфора равен: N – 75-85; K<sub>2</sub>O – 110-120; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 55-75.

Балансовым методом была определена потребность растений в элементах питания на год внесения на примере 2014 года. 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 в 2014 г. и для получения продукции: картофеля – 33 т/га, овощей – 33,0 т/га и 2,36 т/га сои необходимо было 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.3.1.12). 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. 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. На основе полученных результатов составлен баланс питательных веществ в севообороте. 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) (табл. 3.1.13).

Таблица 3.1.13 – 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N (тек. нитр.)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
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	-	-	
Доза органических удобрений, т/га	Вносится с органическими удобрениями, кг/га			Используется из органических удобрений, кг/га			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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
													-	-	
							150,2	-	-	300,4	-	-	158,4	-	-
							92,9	-	28,7	154,8	-	47,8	58,7	-	47,8
							150,8	-	-	215,4	-	-	25,6	-	-
Насыщенность 1 га пашни элементами питания											242,7	-	47,8		
Соотношение элементов питания (N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O)															

\*Коэффициент использования N, P, K из почвы (обобщенные данные) картофель - N – 0,20-0,35; K<sub>2</sub>O – 0,09-0,40; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,07-0,12; овощи - N – 0,20-0,30; K<sub>2</sub>O – 0,06-0,12; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,05-0,11; соя - N – 0,30-0,45; K<sub>2</sub>O – 0,065-0,12; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,09-0,14.

\*\*Коэффициент использования растениями питательных веществ из минеральных удобрений в первый год (Петухов М.П. и др., 1979) составляет%: картофель - N – 50; K<sub>2</sub>O – 70; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 20; овощи - N – 60; K<sub>2</sub>O – 60; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 15; соя (данных нет прим. Рапс) - N – 70; K<sub>2</sub>O – 20; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 60.

Произведенные расчеты (табл. 3.1.14) показали отрицательный баланс питательных веществ в севообороте.

Таблица 3.1.14 – Баланс питательных веществ в севообороте 2014г.

Показатель	на 1га д.в., кг		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
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.3.1.15).

Таблица 3.1.15 – Допустимые показатели баланса питательных элементов при плодородии почв, % к выносу (Агрохимия, 2003)

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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	+150-130	+100-70	+70-40	+40-0	-30-0*
K <sub>2</sub> O	+50-30	+30-10	-20*-0	-20-40*	-50-40*

\*- Допускается отрицательный баланс

Для получения урожайности в 2012 г. 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 ба-

ланс, 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 в 2013 г. 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 исследуемым годам отрицательный.

### 3.2 Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве плантаций сортового картофеля

Обследование почвы на содержание тяжелых металлов выявило, что концентрация их валовых и подвижных форм в почве в средних значениях находится ниже норм ПДК и ОДК. Валовые значения характеризуют общую загрязненность почвы, а степень доступности элементов для почвенного питания отражают значение их подвижные формы.

По результатам полученных анализов в содержании валовых форм тяжелых металлов в пахотном слое почвы 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.

Результаты валового содержания тяжелых металлов в 2011г. по сравнению с фоновым, показали, что произошло повышение Pb, Zn, Mn, Fe в 1,3-2,1 раза, кроме Cu и Cd, содержание которых в исследуемых почвах в динамике снизилось, по сравнению с фоновыми в 13,2 раза Cd и 1,4 раза Cu. Снижение уровня валовых форм можно объяснить переводом их в подвижные формы, вымыванием при орошении в нижележащие горизонты, поглощением растениями (табл. 3.2.1).

Таблица 3.2.1 – Валовое содержание тяжелых металлов в пахотном горизонте почвы под участками сортового картофеля, 2003-2014гг.

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
<b>*ФОН</b>	<b>4,20</b>	<b>0,66</b>	<b>25,1</b>	<b>625,1</b>	<b>10923</b>	<b>23,8</b>
<b>*ПДК</b>	<b>30,0</b>	<b>2,0</b>	<b>100</b>	<b>1500</b>	<b>-</b>	<b>55,0</b>

Примечание: \* - по данным Н.В.Прохоровой (1997, 2000)

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в 2003 году не исследовались, поэтому проводим сравнение во временном отношении с 2011 года по 2014 год.

В содержании подвижных форм тяжелых металлов в пахотном слое почвы за период 2011-2014 гг. произошли изменения в сторону уменьшения содержания Pb и Fe и в сторону увеличения Cd, Zn, Mn и Cu.

По сравнению с фоном среднее значение за 4 года превышает в 1,6 раз Pb, в 1,2 раза Cd остальные изученные элементы тяжелых металлов не превышают фоновое значение как среднее значение, так и в отдельности по годам исследования. Среднее содержание подвижных форм изученных тяжелых металлов не превышает предельно допустимой концентрации (табл. 3.2.2).

Таблица 3.2.2 – 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 нами рассчитывался общепринятый коэффициент концентрации Кс.

Расчет коэффициентов концентрации (Кс) показал, что фактическое содержание элементов превышает их среднее значение. Превышение Кс свинца – 1,6 кадмия – 1,16, что указывает на их накопление в почве исследуемого участка. По рассчитанным значениям коэффициентов концентрации (Кс) подвижной формы в почве изученные металлы представлены следующим убывающим рядом:

$Pb (1,60) > Cd (1,16) > Cu(0,69) > Zn (0,45) > Fe (0,44) > Mn (0,35)$ .

В наших исследованиях за период с 2012-2014 г.г на опытных участках, была изучена эффективность внесения различных доз органических удобрений (навоз КРС) 20 т/га и 60 т/га при сочетании с минеральными удобрениями  $N_{120} P_{150} K_{300}$ . В результатах исследования наблюдается тенденция к снижению валового содержания тяжелых металлов (Cd, Cu, Zn, Mn, Fe) и практически не изменилось содержание Pb во всех вариантах опыта (табл. 3.2.3). Было 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 испытываемых 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 1,9-2,1 раза, Cu в 2,2-2,4 раза, Mn в 1,8-2,1 раза в обоих испытываемых сортах (Арника и Ароза).

Незначительное снижение произошло на опытных участках с внесением доз органических удобрений 60т/га при сочетании с минеральными удобрениями  $N_{120} P_{150} K_{300}$  по сравнению с контрольным :у сорта Ароза в 1,1-1,2 раза во всех изученных элементах ТМ; у сорта Арника в 1,2-1,4 раза Cd, Cu и Fe, и незначительное увеличение Pb, Zn и Mn в 1,1 раза (табл. 3.2.3).

Таблица 3.2.3 – Валовое содержание тяжёлых металлов в почве под урожаем картофеля при различных дозах органоминеральных удобрений, 2012- 2014 г.г.

Вариант опыта	Тяжёлые металлы, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
<i>Сорт Арника</i>						
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	$\frac{8,98 \pm 0,86}{7,27 - 9,89}$ 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 <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> + 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 <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> + 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
<i>Сорт Ароза</i>						
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	$\frac{9,42 \pm 0,17}{9,06 - 9,60}$ 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 <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +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 <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> + 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
<b>*ФОН</b>	<b>4,2</b>	<b>0,66</b>	<b>23,8</b>	<b>25,1</b>	<b>625,1</b>	<b>10923</b>
<b>*ПДК</b>	<b>30,00</b>	<b>2,00</b>	<b>55,00</b>	<b>100,00</b>	<b>1500,00</b>	<b>-</b>

Примечание: \* - по данным Н.В.Прохоровой (1997, 2000)

Среднее содержание подвижных форм изученных тяжелых металлов не превышает предельно допустимой концентрации (таблица 3.2.4), и в процентном выражении неодинаково колеблется в зависимости от варианта опыта.

Содержание подвижной формы свинца составляет 5,3 % от валового (сорт Арника) на контроле, на опытных делянках произошло снижение до 3,9 %. Наибольшее снижение в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}$  +навоз 60 т/га. Содержание подвижных форм от валовых по изученным элементам – Cu, Zn, Fe составило менее 1%. Наибольшая подвижность Cd, колеблется на контрольном варианте  $N_{120} P_{150} K_{300}$  - 11% с изменением до 15,6% в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}$  +навоз 60 т/га под сортом Арника. У сорта Ароза с изменением Cd от 12,2% на контроле до 17,7% в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}$  +навоз 60 т/га. Наблюдается превышение фоновых значений по накоплению цинка в 1,15 раза, меди в 1,07 раз и свинца в 1,4 раза в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}$  + навоз 60 т/га. 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 фосфора в 1,4раза, кадмия в 1,4 раза (под обоими сортами Арника и Ароза). В варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}$  + навоз 60 т/га отмечено превышение под контрольной площадкой кадмия в 1,25 раз, цинка в 1,6-2,3 раза в обоих исследуемых сортах, что указывает на рассеянность этих элементов в почве. В этом же варианте опыта отмечается снижение содержания свинца в 1,3-1,9 раз, меди в 3,5-3,7 раз над контрольной площадкой в обоих исследуемых сортах (табл.3.2.4).

Анализируя полученные результаты, в поставленных опытах выявили, что содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов во всех вариантах опыта не превышают ПДК. Содержание валовых форм превышает фоновое значение Pb, Zn и Fe в обоих исследуемых сортах и во всех вариантах опыта. Превышение концентрации подвижных форм тяжелых металлов относительно фона выявлено по Pb на контрольном и в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}$  + навоз 20 т/га у сорта Арника, и Cd во всех вариантах опыта и обоих исследуемых сортах.

Таблица 3.2.4 – Содержание подвижной формы тяжёлых металлов в почве под урожаем картофеля при различных дозах органоминеральных удобрений, 2012-2014 г.г.

Вариант опыта	Тяжёлые металлы, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
<i>Сорт Арника</i>						
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	$\frac{0,48 \pm 0,28}{0,16 - 1,03}$ <sub>0,48</sub>	$\frac{0,054 \pm 0,01}{0,045 - 0,069}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,14 \pm 0,05}{0,09 - 0,24}$ <sub>0,09</sub>	$\frac{0,28 \pm 0,04}{0,21 - 0,35}$ <sub>0,07</sub>	$\frac{14,70 \pm 8,41}{6,08 - 31,53}$ <sub>14,58</sub>	$\frac{3,50 \pm 0,84}{2,58 - 5,19}$ <sub>1,46</sub>
% к валовому	5,3	11,0	1,1	0,5	4,3	0,02
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 20 т/га	$\frac{0,56 \pm 0,03}{0,50 - 0,61}$ <sub>0,06</sub>	$\frac{0,052 \pm 0,01}{0,046 - 0,064}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,05 \pm 0,01}{0,04 - 0,07}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,30 \pm 0,09}{0,15 - 0,45}$ <sub>0,15</sub>	$\frac{13,32 \pm 6,37}{6,49 - 26,06}$ <sub>11,04</sub>	$\frac{3,86 \pm 1,01}{2,48 - 5,80}$ <sub>1,73</sub>
% к валовому	5,9	15,3	0,4	0,6	3,6	0,02
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 60 т/га	$\frac{0,38 \pm 0,06}{0,32 - 0,48}$ <sub>0,08</sub>	$\frac{0,053 \pm 0,01}{0,045 - 0,063}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,04 \pm 0,01}{0,03 - 0,06}$ <sub>0,02</sub>	$\frac{0,46 \pm 0,02}{0,44 - 0,49}$ <sub>0,02</sub>	$\frac{14,60 \pm 6,54}{7,03 - 27,63}$ <sub>11,34</sub>	$\frac{3,68 \pm 0,71}{2,44 - 4,91}$ <sub>1,23</sub>
% к валовому	3,9	15,6	0,4	0,8	4,2	0,02
<i>Сорт Ароза</i>						
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	$\frac{0,30 \pm 0,07}{0,23 - 0,43}$ <sub>0,12</sub>	$\frac{0,044 \pm 0,01}{0,031 - 0,068}$ <sub>0,02</sub>	$\frac{0,11 \pm 0,05}{0,05 - 0,21}$ <sub>0,09</sub>	$\frac{0,18 \pm 0,07}{0,11 - 0,32}$ <sub>0,12</sub>	$\frac{13,30 \pm 6,99}{6,28 - 27,31}$ <sub>12,13</sub>	$\frac{2,84 \pm 0,22}{2,41 - 3,07}$ <sub>0,37</sub>
% к валовому	3,2	12,2	0,9	0,4	4,3	0,02
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 20 т/га	$\frac{0,11 \pm 0,02}{0,09 - 0,16}$ <sub>0,04</sub>	$\frac{0,050 \pm 0,01}{0,037 - 0,070}$ <sub>0,02</sub>	$\frac{0,07 \pm 0,03}{0,03 - 0,13}$ <sub>0,05</sub>	$\frac{0,17 \pm 0,07}{0,11 - 0,28}$ <sub>0,10</sub>	$\frac{12,23 \pm 6,21}{5,98 - 24,64}$ <sub>10,75</sub>	$\frac{1,14 \pm 0,27}{0,84 - 1,69}$ <sub>0,48</sub>
% к валовому	1,1	16,7	0,6	0,4	4,4	0,07
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 60 т/га	$\frac{0,16 \pm 0,02}{0,13 - 0,21}$ <sub>0,04</sub>	$\frac{0,055 \pm 0,01}{0,040 - 0,064}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,03 \pm 0,01}{0,02 - 0,02}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,41 \pm 0,03}{0,38 - 0,47}$ <sub>0,05</sub>	$\frac{14,47 \pm 5,91}{8,11 - 26,27}$ <sub>10,24</sub>	$\frac{2,55 \pm 0,33}{1,90 - 3,01}$ <sub>0,58</sub>
% 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 Н.В.Прохоровой (1997 - 2000)

Наблюдается общая тенденция накопления в почве валовых форм тяжелых металлов и их превышение над фоновым значением Zn, Mn, Fe и снижение Cd и Pb за период с 2003 по 2011 годы. Однако фактическое содержание элементов тяжелых металлов в 2011 г. превышает их среднее значение, что подтверждается коэффициентом накопления ( $K_c$ ) свинца и кадмия более 1, которое указывает на их накопление в почве исследуемого участка.

### **3.3 Особенности химического состава и аккумуляции тяжелых металлов в растениях сортового картофеля**

В процессе проведенного исследования нами были изучены особенности химического состава 20 сортов картофеля (таблица 3.3.1).

Содержание влаги в клубнях картофеля находится в пределах нормы и колеблется от 70,2 % до 78,2 % (Альсмик П. И., 1979; Власюк П. А., и др., 1979). При исследовании состава клубней картофеля нами установлено, что содержание влаги варьирует от 71,8 % у сорта Гроссманна 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 высококрахмалистыми (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.

Таблица 3.3.1 – Основные химические показатели в клубнях сортового картофеля, 2011-2014 гг

Сорт	Показатель, единица измерения, %										
	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

Накопление тяжелых металлов нами изучалось в ботве, кожуре (перидерма), и очищенных клубнях (паренхима) картофеля. Анализ проб клубней и ботвы выявил следующие закономерности (табл. 3.3.2). 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. 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 3,5раз, кадмия в 4,9раз.

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

Таблица 3.3.2 – Содержание тяжелых металлов в растениях картофеля, 2011-2014 г.

Сорт картофеля	Элемент, мг/кг																	
	Pb			Cd			Fe			Zn			Cu			Mn		
	Ботва	кожура	Клубень	Ботва	кожура	Клубень	Ботва	кожура	Клубень	Ботва	кожура	Клубень	Ботва	кожура	Клубень	Ботва	кожура	Клубень
Витессе	0,84	<0,20	0,04	0,23	<0,02	0,08	1469,0	31,0	3,78	9,07	2,37	1,11	6,62	1,15	0,71	81,45	2,54	1,29
Наташа	3,10	<0,20	<0,20	0,16	<0,02	<0,02	405,7	38,1	4,00	19,50	4,50	3,70	6,6	1,20	1,1	32,7	2,70	1,60
Родрига	0,80	<0,20	<0,20	0,34	<0,02	<0,02	338,6	55,1	3,50	14,30	1,60	2,50	7,70	0,90	0,80	25,8	2,00	0,90
Розара	2,36	0,09	0,16	0,24	0,04	0,03	1108,5	34,2	4,95	25,42	2,84	2,79	6,94	1,21	0,67	78,32	2,65	1,27
Роко	2,20	<0,20	<0,20	0,16	<0,02	<0,02	285,0	28,2	3,90	27,60	2,20	3,10	1,90	0,80	0,40	27,50	2,30	1,10
Романо	1,49	0,89	0,21	0,15	0,06	0,12	1619,5	31,2	7,39	12,78	4,56	2,25	6,19	1,12	0,57	78,21	3,42	0,89
Спринт элита	2,80	0,60	0,40	0,27	<0,02	<0,02	414,1	60,6	4,50	41,20	2,90	2,60	4,30	1,40	0,90	63,50	3,20	0,90
Ланорма	1,72	0,83	0,22	0,15	0,08	0,03	1644,3	35,1	8,54	13,04	8,22	2,9	4,79	2,92	0,79	61,87	7,79	1,17
Колетте	2,94	0,26	0,35	0,20	0,05	0,03	1820,0	75,1	5,62	12,69	1,83	2,45	4,47	1,33	1,01	73,95	3,46	1,13
Винета	3,53	0,30	0,44	0,31	0,03	0,07	1641,7	33,2	4,21	27,95	2,10	2,51	3,66	1,11	0,79	84,13	2,75	1,03
Розалинд	2,36	0,18	0,22	0,36	0,05	0,04	1334,5	41,3	3,91	33,88	2,44	2,68	5,02	1,09	0,75	82,97	2,76	1,22
Леони	1,31	0,25	0,17	0,14	0,06	0,04	1720,2	45,9	9,94	10,18	2,50	4,50	3,79	1,06	1,20	48,69	3,35	1,68
Джелли	3,30	0,50	0,30	0,18	<0,02	<0,02	695,0	32,7	3,90	21,00	2,70	2,80	10,40	1,20	1,00	61,80	1,70	1,00
Спринт	1,93	0,10	<0,02	0,23	0,06	<0,02	3173,0	81,6	3,76	17,87	2,11	2,57	3,39	0,92	1,16	73,61	3,01	1,19
Ароза	1,05	0,63	0,06	0,18	0,11	0,04	2364,0	929,9	21,08	10,68	6,21	6,05	8,33	2,34	2,48	39,86	8,58	2,64
Лабелла	0,71	2,53	0,07	0,20	0,22	0,12	199,00	5064,0	33,30	18,00	21,80	14,40	5,62	7,18	4,44	40,04	16,90	2,86
Примадонна	1,16	1,04	0,29	0,133	0,09	0,08	884,0	2791,0	38,20	7,35	4,86	2,83	4,32	1,17	1,62	72,35	5,97	1,04
Тоскана	0,76	1,46	0,16	0,281	0,22	<0,02	155,0	73,8	10,10	7,25	5,75	2,75	2,59	2,66	1,11	15,30	10,10	0,92
Верона	2,00	1,84	0,14	0,319	0,09	0,15	1820,0	3051,0	71,30	16,80	10,87	6,38	4,03	2,20	2,06	17,00	3,76	2,46
Арника	1,24	0,39	0,025	0,19	0,09	0,02	2248,0	587,0	3,76	11,88	5,83	2,57	2,76	2,16	1,16	43,26	7,38	1,19
Среднее	<b>1,88</b>	<b>0,6</b>	<b>0,19</b>	<b>0,22</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>1267</b>	<b>656</b>	<b>12,48</b>	<b>17,92</b>	<b>4,91</b>	<b>3,67</b>	<b>5,17</b>	<b>1,80</b>	<b>1,23</b>	<b>55,11</b>	<b>4,82</b>	<b>1,37</b>
Среднее в растении	<b>0,89</b>			<b>0,12</b>			<b>645</b>			<b>8,58</b>			<b>2,72</b>			<b>20,58</b>		
Критическая концентрация	10,0-20,0			5,0-10,0			750			150,0-200,0			15,0-20,0			500		
ФОН	<b>0,28</b>			<b>0,025</b>			<b>336,44</b>			<b>21,38</b>			<b>24,5</b>			<b>46,73</b>		

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. 3.3.3).

Таблица 3.3.3 - 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 (Прохорова Н. В., 1998, 2000, 2003)

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.

Отмечено не значительное превышение фоновых значений в клубнях изученных сортов картофеля свинца в сортах Джелли, Колетте, Винета от 1,1 раза до 1,6 раз. Превышение содержания кадмия относительно фона выявлено в 0,025 мг/кг воздушно-сухой фитомассы.

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.

#### **4 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ, УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ И ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО**

##### **4.1 Расчет потребности в органических удобрениях для восстановления бездефицитного баланса гумуса при возделывании картофеля**

Картофель очень отзывчив на удобрения. Дозы удобрений устанавливались в зависимости от планируемого урожая, предшественника, обеспеченности почвы элементами питания. В изученных вариантах на опытных участках были 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 60 т/га была принята доза внесения минеральных удобрений из расчета в килограммах действующего вещества на 1 га: азота – 120 д.в, фосфора – 150 д.в. и калия – 300 д.в. При определении доз удобрений в расчет принимались данные по выносу питательных веществ из почвы под запланированный урожай. Содержание этих элементов в почве по результатам оперативного агрохимического анализа почвы, а также коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений. Во всех вариантах опыта 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). (Данная доза внесения минеральных удобрений была ранее установлена товаропроизводителем и применяется в севообороте).

Для поддержания бездефицитного баланса гумуса на опытных 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 опытных участков на создание бездефицитного баланса гумуса. Баланс гумуса на исследуемом участке отрицательный и составил – 15,5 т/га. Для поддержания баланса гумуса осенью под предшествующую культуру вносился полуперепревший навоз. Предшественником на исследуемом участке в севообороте является чистый (черный) пар. При посадке картофеля в гребни проводили нарезку гребней одновременно вносили 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:  $G = K_g \times (100 - B) / 10$ , где  $G$  - количество гумуса в кг от 1 т навоза;  $K_g$  - коэффициент гумификации, %; (20 %);  $B$  - влажность навоза, %; (50%),  $(100 - B)$  - содержание сухого вещества в навозе, %.

$$G = 20 \times (100 - 50) / 10 = 20 \times 50 / 10 = 1000 / 10 = 100 \text{ кг} = 0,1 \text{ т из 1 т навоза.}$$

*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. 4.1.1).

Таблица 4.1.1 – Химический состав полуперепревшего навоза

Удобрение	Влажность %	Содержание (на сырое вещество),%				
		Органическое вещество	Зола	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
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. 4.1.2). Присутствие отдельных микроэлементов позволит обогатить почву и улучшить ее микроэлементный состав.

Таблица 4.1.2 – 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. 4.1.3).

Таблица 4.1.3 – Урожайность картофеля при различных дозах удобрений, 2012-2014 гг.

Вариант опыта	Годы исследований			Среднее		
	2012	2013	2014	Урожайность, т/га	Прибавка	
					т/га	%
<i>Сорт Ароза</i>						
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	30,8	28,5	33,0	30,8	-	-
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 20 т/га	31,8	30,5	34,1	32,1	1,3	4,2
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 60 т/га	35,9	33,5	38,1	35,8	5,0	16,2
<i>Сорт Арника</i>						
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	30,8	28,5	33,0	30,8	-	-
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 20 т/га	32,2	29,9	34,4	32,2	1,4	4,3
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 60 т/га	34,9	32,7	37,2	34,9	4,1	11,7
<i>НСР05</i>	<i>0,9</i>	<i>0,7</i>	<i>0,6</i>			

В 2012 году урожайность на контрольном участке сорта Ароза составила 30,8 т/га, незначительная прибавка урожая была получена в варианте опыта N<sub>120</sub>P<sub>150</sub>K<sub>300</sub> + навоз 20 т/га и составила 3,2 %, прибавку к урожаю 1,0 т/га. В варианте опыта N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub>+ 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<sub>120</sub>P<sub>150</sub>K<sub>300</sub> + 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.

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. 18).

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.



Рисунок 10 – Динамика изменения урожайности картофеля по вариантам опыта по сортам Арника и Ароза

По результатам проведенных исследований нами выявлено, что на увеличение урожайности исследованных сортов картофеля преимущественно повышается при внесении к основному фонду  $N_{120}P_{150}K_{300}$  органической добавки в виде навоза 60 т/га.

#### **4.2 Влияние различных доз удобрений органоминеральной системы на химический состав и накопление тяжелых металлов в агроценозах картофеля**

В проведенных исследованиях нами 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. 4.2.1.).

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 4.2.1 – Основные показатели качества клубней при различных дозах удобрений, 2012 - 2014 г.г.

Вариант опыта	Показатель, единица измерения, %										
	Сухое вещество	Белки	Клетчатка,	Зола,	БЭВ	Азот	Фосфор	Калий	Сахар, г	Крахмал	Влага,
<i>Сорт Арника</i>											
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	19,33	12,65	0,83	5,54	80,98	2,20	0,37	2,60	12,96	17,7	73,3
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +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 <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +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
<i>Сорт Ароза</i>											
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	22,33	17,65	2,90	5,88	73,57	3,07	0,36	2,06	14,40	14,3	71,8
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +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 <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +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 от 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. 4.2.2).

Таблица 4.2.2 – 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
<i>Сорт Арника</i>						
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	$\frac{8,98 \pm 0,86}{7,27 - 9,89}$ 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 <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +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 <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +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
<i>Сорт Ароза</i>						
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	$\frac{9,42 \pm 0,17}{9,06 - 9,60}$ 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 <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +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 <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +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	-

Увеличению содержания в почве отмечено в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  навоз 60 т/га в 1,1 раза для Pb, Zn и Mn по сравнению с контрольной площадкой. Иная картина наблюдается на опытных участках под сортом Ароза, когда при внесении органических удобрений (навоз КРС) в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$ 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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}$ . Следует отметить, что максимальное снижение при внесении в почву органических удобрений (навоз КРС) произошло в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  навоз 60 т/га под сортами Арника и Ароза.

По сравнению с фоном валовое содержание тяжелых металлов превышает фон во всех вариантах опыта: Pb в 2,1-2,3 раза (максимальное превышение в 2,3 раза в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$ навоз 20 т/га.

Содержание подвижных форм изученных тяжелых металлов в почве среднее значение не превышает предельно допустимой концентрации (табл. 4.2.3). Содержание в почве подвижных форм тяжелых металлов по отношению к валовому в процентном выражении неодинаково и колеблется в зависимости от варианта опыта. Содержание подвижной формы свинца составляет 5,3 % от валового (сорт Арника) на контрольной площадке  $N_{120} P_{150} K_{300}$ , на опытных делянках произошло снижение до 3,9 % наибольшее снижение в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$ 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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$ 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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$ навоз 60 т/га.

Таблица 4.2.3 – 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
<i>Сорт Арника</i>						
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	$\frac{0,48 \pm 0,28}{0,16 - 1,03}$ <sub>0,48</sub>	$\frac{0,054 \pm 0,01}{0,045 - 0,069}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,14 \pm 0,05}{0,09 - 0,24}$ <sub>0,09</sub>	$\frac{0,28 \pm 0,04}{0,21 - 0,35}$ <sub>0,07</sub>	$\frac{14,70 \pm 8,41}{6,08 - 31,53}$ <sub>14,58</sub>	$\frac{3,50 \pm 0,84}{2,58 - 5,19}$ <sub>1,46</sub>
<b>подвижность</b>	<b>5,3</b>	<b>11,0</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>	<b>4,3</b>	<b>0,02</b>
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 20 т/га	$\frac{0,56 \pm 0,03}{0,50 - 0,61}$ <sub>0,06</sub>	$\frac{0,052 \pm 0,01}{0,046 - 0,064}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,05 \pm 0,01}{0,04 - 0,07}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,30 \pm 0,09}{0,15 - 0,45}$ <sub>0,15</sub>	$\frac{13,32 \pm 6,37}{6,49 - 26,06}$ <sub>11,04</sub>	$\frac{3,86 \pm 1,01}{2,48 - 5,80}$ <sub>1,73</sub>
<b>подвижность</b>	<b>5,9</b>	<b>15,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>3,6</b>	<b>0,02</b>
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 60 т/га	$\frac{0,38 \pm 0,06}{0,32 - 0,48}$ <sub>0,08</sub>	$\frac{0,053 \pm 0,01}{0,045 - 0,063}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,04 \pm 0,01}{0,03 - 0,06}$ <sub>0,02</sub>	$\frac{0,46 \pm 0,02}{0,44 - 0,49}$ <sub>0,02</sub>	$\frac{14,60 \pm 6,54}{7,03 - 27,63}$ <sub>11,34</sub>	$\frac{3,68 \pm 0,71}{2,44 - 4,91}$ <sub>1,23</sub>
<b>подвижность</b>	<b>3,9</b>	<b>15,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>4,2</b>	<b>0,02</b>
<i>Сорт Ароза</i>						
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	$\frac{0,30 \pm 0,07}{0,23 - 0,43}$ <sub>0,12</sub>	$\frac{0,044 \pm 0,01}{0,031 - 0,068}$ <sub>0,02</sub>	$\frac{0,11 \pm 0,05}{0,05 - 0,21}$ <sub>0,09</sub>	$\frac{0,18 \pm 0,07}{0,11 - 0,32}$ <sub>0,12</sub>	$\frac{13,30 \pm 6,99}{6,28 - 27,31}$ <sub>12,13</sub>	$\frac{2,84 \pm 0,22}{2,41 - 3,07}$ <sub>0,37</sub>
<b>подвижность</b>	<b>3,2</b>	<b>12,2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>	<b>4,3</b>	<b>0,02</b>
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 20 т/га	$\frac{0,11 \pm 0,02}{0,09 - 0,16}$ <sub>0,04</sub>	$\frac{0,050 \pm 0,01}{0,037 - 0,070}$ <sub>0,02</sub>	$\frac{0,07 \pm 0,03}{0,03 - 0,13}$ <sub>0,05</sub>	$\frac{0,17 \pm 0,07}{0,11 - 0,28}$ <sub>0,10</sub>	$\frac{12,23 \pm 6,21}{5,98 - 24,64}$ <sub>10,75</sub>	$\frac{1,14 \pm 0,27}{0,84 - 1,69}$ <sub>0,48</sub>
<b>подвижность</b>	<b>1,1</b>	<b>16,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>4,4</b>	<b>0,07</b>
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 60 т/га	$\frac{0,16 \pm 0,02}{0,13 - 0,21}$ <sub>0,04</sub>	$\frac{0,055 \pm 0,01}{0,040 - 0,064}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,03 \pm 0,01}{0,02 - 0,02}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,41 \pm 0,03}{0,38 - 0,47}$ <sub>0,05</sub>	$\frac{14,47 \pm 5,91}{8,11 - 26,27}$ <sub>10,24</sub>	$\frac{2,55 \pm 0,33}{1,90 - 3,01}$ <sub>0,58</sub>
<b>подвижность</b>	<b>1,7</b>	<b>17,7</b>	<b>0,3</b>	<b>1,0</b>	<b>4,9</b>	<b>0,02</b>
ФОН	0,40	0,037	0,13	0,40	35,00	7,67
ПДК	6,0	0,10	3,0	23,0	140,0	-

Так же установлено, что содержание подвижных форм Рb и Мп от валового составляет значительный процент. Так содержание Рb на контрольных площадках у Арники составляет 5,3%, а у сорта Ароза – 3,2%, при повышении доз вносимых удобрений зависимость изменений установить не удалось, однако в варианте опыта с внесением 60т/га навоза процент подвижности меньше чем на контрольной площадке в обоих исследуемых сортах. Иначе ведет себя Мп, где процентное отношение подвижных форм к валовым практически остается без изменения по всем варианта опыта. Однако у сорта Ароза в варианте опыта с внесением 60т/га навоза отмечается незначительное увеличение подвижных форм от валовых на 0,6% по отношению к контрольной площадке. Менее 1% составило значение подвижных форм Си, Zn и Fe от валового содержания. Определенной закономерности по изменению процентного содержания в зависимости от вариантов опыта в этих элементах не прослеживается.

Наблюдается некоторое превышение фоновых значений по накоплению цинка в 1,15 раза в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}$  +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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}$  +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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}$  +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 являются рассеянными в почве.

Анализ проб клубней и ботвы выявил следующие закономерности (табл. 4.2.4, табл. 4.2.5). Содержание тяжелых металлов в изученных сортах и вариантах опытов 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 (Федотова, 2010). 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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  навоз 20 т/га по свинцу в 2,9-3,5 раза, по железу в 9,9-10,5раз; в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  навоз 60 т/га по свинцу в 4,33-4,8 раз и по железу в 11,0-11,6раз. Нормальная концентрация превышена в клубнях: на контрольном участке  $N_{120} P_{150} K_{300}$  - не выявлено; в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  навоз 20 т/га по свинцу в 1,8 раз; в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  навоз 60 т/га по свинцу в 2,5-4,1 раз.

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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  навоз 20 т/га по кадмию в 4,3-4,7 раз, по свинцу в 5,1-6,0 раз, по железу в 7,4-7,8раз, по марганцу в 1,4-1,5 раз; вариант опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  навоз 20 т/га по свинцу в 1,2-3,2 раза, кадмию в 1,5-3,1 раза; вариант опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  навоз 60 т/га по свинцу в 4,5-7,3 раза, по кадмию в 1,6 раз (сорт Ароза).

Таблица 4.2.4 – 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
<i>Контроль N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub></i>						
Ботва	$\frac{1,24 \pm 0,12}{1,01 - 1,37}$ <sub>0,21</sub>	$\frac{0,19 \pm 0,02}{0,16 - 0,21}$ <sub>0,02</sub>	$\frac{2,76 \pm 0,39}{1,98 - 3,17}$ <sub>0,67</sub>	$\frac{11,88 \pm 1,03}{10,84 - 13,95}$ <sub>1,79</sub>	$\frac{43,26 \pm 1,13}{41,01 - 44,56}$ <sub>1,96</sub>	$\frac{2248,4 \pm 230,58}{1790,84 - 2527,23}$ <sub>399,46</sub>
Клубень	$\frac{0,025 \pm 0,01}{0,02 - 0,03}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,024 \pm 0,001}{0,02 - 0,03}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{1,16 \pm 0,16}{0,83 - 1,33}$ <sub>0,28</sub>	$\frac{2,57 \pm 0,22}{2,34 - 3,02}$ <sub>0,39</sub>	$\frac{1,19 \pm 0,03}{1,13 - 1,23}$ <sub>0,05</sub>	$\frac{3,76 \pm 0,38}{2,99 - 4,23}$ <sub>0,67</sub>
<i>N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub> + навоз 20 т/га</i>						
Ботва	$\frac{1,70 \pm 0,08}{1,56 - 1,82}$ <sub>0,13</sub>	$\frac{0,14 \pm 0,03}{0,08 - 0,17}$ <sub>0,05</sub>	$\frac{1,72 \pm 0,23}{1,27 - 1,97}$ <sub>0,39</sub>	$\frac{14,08 \pm 0,42}{13,62 - 14,91}$ <sub>0,75</sub>	$\frac{70,59 \pm 3,14}{66,32 - 76,72}$ <sub>5,44</sub>	$\frac{2481,06 \pm 326,99}{1833,40 - 2883,94}$ <sub>566,38</sub>
Клубень	$\frac{0,35 \pm 0,01}{0,33 - 0,36}$ <sub>0,02</sub>	$\frac{0,094 \pm 0,02}{0,06 - 0,11}$ <sub>0,03</sub>	$\frac{0,20 \pm 0,03}{0,14 - 0,23}$ <sub>0,05</sub>	$\frac{3,05 \pm 0,14}{2,90 - 3,32}$ <sub>0,24</sub>	$\frac{1,94 \pm 0,09}{1,78 - 2,098}$ <sub>0,15</sub>	$\frac{3,82 \pm 0,43}{2,97 - 4,26}$ <sub>0,74</sub>
<i>N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub> + навоз 60 т/га</i>						
Ботва	$\frac{2,42 \pm 0,04}{2,47 - 2,62}$ <sub>0,08</sub>	$\frac{0,22 \pm 0,05}{0,13 - 0,32}$ <sub>0,08</sub>	$\frac{0,69 \pm 0,09}{0,53 - 0,84}$ <sub>0,16</sub>	$\frac{19,12 \pm 0,93}{17,26 - 20,27}$ <sub>1,62</sub>	$\frac{111,26 \pm 5,57}{100,11 - 117,16}$ <sub>9,65</sub>	$\frac{2758,40 \pm 376,49}{2005,51 - 3144,68}$ <sub>652,10</sub>
Клубень	$\frac{1,25 \pm 0,05}{1,18 - 1,36}$ <sub>0,09</sub>	$\frac{0,026 \pm 0,004}{0,02 - 0,03}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,19 \pm 0,02}{0,15 - 0,21}$ <sub>0,03</sub>	$\frac{1,55 \pm 0,06}{1,48 - 1,68}$ <sub>0,11</sub>	$\frac{3,06 \pm 0,22}{2,62 - 3,32}$ <sub>0,38</sub>	$\frac{4,61 \pm 0,65}{3,10 - 5,26}$ <sub>1,13</sub>
ФОН	0,28	0,03	24,5	21,38	46,73	336,44
Нормальная кон- центрация	0,1 - 0,5	0,05 - 2	2 - 12	15 - 150	300	50 - 250
Критическая кон- центрация	10 - 20	5 - 10	15 - 20	150 - 200	500	750
Фитотоксичная концентрация	20	100	20	400	500	-

Таблица 4.2.5 – 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
<i>Контроль N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub></i>						
Ботва	$\frac{1,05 \pm 0,10}{0,85 - 1,21}$ <sub>0,17</sub>	$\frac{0,18 \pm 0,01}{0,16 - 0,20}$ <sub>0,02</sub>	$\frac{8,33 \pm 1,17}{5,98 - 9,56}$ <sub>2,03</sub>	$\frac{10,68 \pm 0,93}{9,74 - 12,54}$ <sub>1,61</sub>	$\frac{39,86 \pm 1,04}{37,78 - 41,04}$ <sub>1,81</sub>	$\frac{2364,5 \pm 242,53}{1883,25 - 2657,62}$ <sub>420,07</sub>
Клубень	$\frac{0,065 \pm 0,006}{0,052 - 0,074}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{0,044 \pm 0,003}{0,038 - 0,048}$ <sub>0,01</sub>	$\frac{2,48 \pm 0,098}{1,78 - 2,84}$ <sub>0,61</sub>	$\frac{6,05 \pm 0,52}{5,52 - 7,10}$ <sub>0,91</sub>	$\frac{2,64 \pm 0,07}{2,50 - 2,72}$ <sub>0,12</sub>	$\frac{21,08 \pm 2,16}{16,78 - 23,69}$ <sub>3,74</sub>
<i>N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub> + навоз 20 т/га</i>						
Ботва	$\frac{1,44 \pm 0,06}{1,32 - 1,54}$ <sub>0,11</sub>	$\frac{0,13 \pm 0,03}{0,07 - 0,16}$ <sub>0,05</sub>	$\frac{5,19 \pm 0,68}{3,82 - 5,95}$ <sub>1,18</sub>	$\frac{12,65 \pm 0,37}{12,24 - 13,39}$ <sub>0,64</sub>	$\frac{65,03 \pm 2,89}{61,09 - 70,67}$ <sub>5,01</sub>	$\frac{2609,21 \pm 343,88}{1928,17 - 3032,89}$ <sub>595,62</sub>
Клубень	$\frac{0,91 \pm 0,03}{0,85 - 0,95}$ <sub>0,05</sub>	$\frac{0,044 \pm 0,008}{0,028 - 0,052}$ <sub>0,013</sub>	$\frac{0,43 \pm 0,06}{0,31 - 0,48}$ <sub>0,10</sub>	$\frac{7,18 \pm 0,32}{6,82 - 7,81}$ <sub>0,55</sub>	$\frac{4,31 \pm 0,19}{3,96 - 4,64}$ <sub>0,34</sub>	$\frac{21,41 \pm 2,38}{16,64 - 23,89}$ <sub>4,13</sub>
<i>N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub> + навоз 60 т/га</i>						
Ботва	$\frac{2,15 \pm 0,04}{2,07 - 2,19}$ <sub>0,07</sub>	$\frac{0,20 \pm 0,05}{0,12 - 0,28}$ <sub>0,09</sub>	$\frac{2,08 \pm 0,27}{1,61 - 2,55}$ <sub>0,47</sub>	$\frac{17,18 \pm 0,84}{15,51 - 18,21}$ <sub>1,45</sub>	$\frac{102,51 \pm 5,14}{92,23 - 107,94}$ <sub>8,90</sub>	$\frac{2900,83 \pm 395,82}{2109,06 - 3307,05}$ <sub>685,76</sub>
Клубень	$\frac{2,04 \pm 0,08}{1,93 - 2,22}$ <sub>0,15</sub>	$\frac{0,047 \pm 0,008}{0,032 - 0,055}$ <sub>0,013</sub>	$\frac{0,40 \pm 0,004}{0,32 - 0,46}$ <sub>0,07</sub>	$\frac{3,65 \pm 0,15}{3,49 - 3,95}$ <sub>0,26</sub>	$\frac{6,79 \pm 0,48}{5,82 - 7,37}$ <sub>0,84</sub>	$\frac{25,84 \pm 3,66}{18,52 - 29,50}$ <sub>6,33</sub>
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	10 - 20	5 - 10	15 - 20	150 - 200	500	750

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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  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.

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 (Перельман А.И., 1989). 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 ( $КБП < 1$ ).

Наши 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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  навоз 20 т/га и варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  навоз 60 т/га согласно градации они являются элемента-

ми слабого поглощения и среднего захвата и содержаться в концентрациях характеризующихся как нормальные (табл. 4.2.6).

Таблица 4.2.6 – Коэффициенты биологического поглощения для растений картофеля сорта Арника и сорта Ароза

Часть растения	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
<i>Контроль N<sub>120</sub>P<sub>150</sub>K<sub>300</sub></i>						
Ботва	<u>0,14</u>	<u>0,48</u>	<u>0,22</u>	<u>0,23</u>	<u>0,13</u>	<u>0,11</u>
	0,11	0,50	0,70	0,23	0,13	0,13
Клубень	<u>0,003</u>	<u>0,06</u>	<u>0,09</u>	<u>0,05</u>	<u>0,003</u>	<u>0,001</u>
	0,007	0,12	0,21	0,13	0,008	0,001
<i>N<sub>120</sub>P<sub>150</sub>K<sub>300</sub>+ навоз 20 т/га</i>						
Ботва	<u>0,18</u>	<u>0,41</u>	<u>0,15</u>	<u>0,26</u>	<u>0,19</u>	<u>0,12</u>
	0,15	0,43	0,46	0,31	0,24	0,15
Клубень	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,02</u>	<u>0,06</u>	<u>0,005</u>	<u>0,001</u>
	0,09	0,15	0,04	0,18	0,016	0,001
<i>N<sub>120</sub>P<sub>150</sub>K<sub>300</sub>+навоз 60 т/га</i>						
Ботва	<u>0,25</u>	<u>0,65</u>	<u>0,06</u>	<u>0,25</u>	<u>0,32</u>	<u>0,14</u>
	0,23	0,64	0,21	0,41	0,35	0,18
Клубень	<u>0,13</u>	<u>0,08</u>	<u>0,02</u>	<u>0,03</u>	<u>0,09</u>	<u>0,001</u>
	0,22	0,15	0,04	0,09	0,02	0,002

Числитель – сорт Арника, знаменатель – сорт Ароза

В клубнях картофеля сорта Арника КБП на контрольном участке N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub>, в варианте опыта N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub> + навоз 20 т/га и варианте опыта N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub>+ навоз 60 т/га Cd, Cu, Zn – являются элементами слабого захвата; по показателям Mn, Fe - элементы очень слабого захвата (рис. 11).

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<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub> - очень слабый захват, в варианте опыта N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub>+ навоз 20 т/га – слабый захват, а в варианте опыта N<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub>+ навоз 60 т/га – слабое накопление и средний захват.

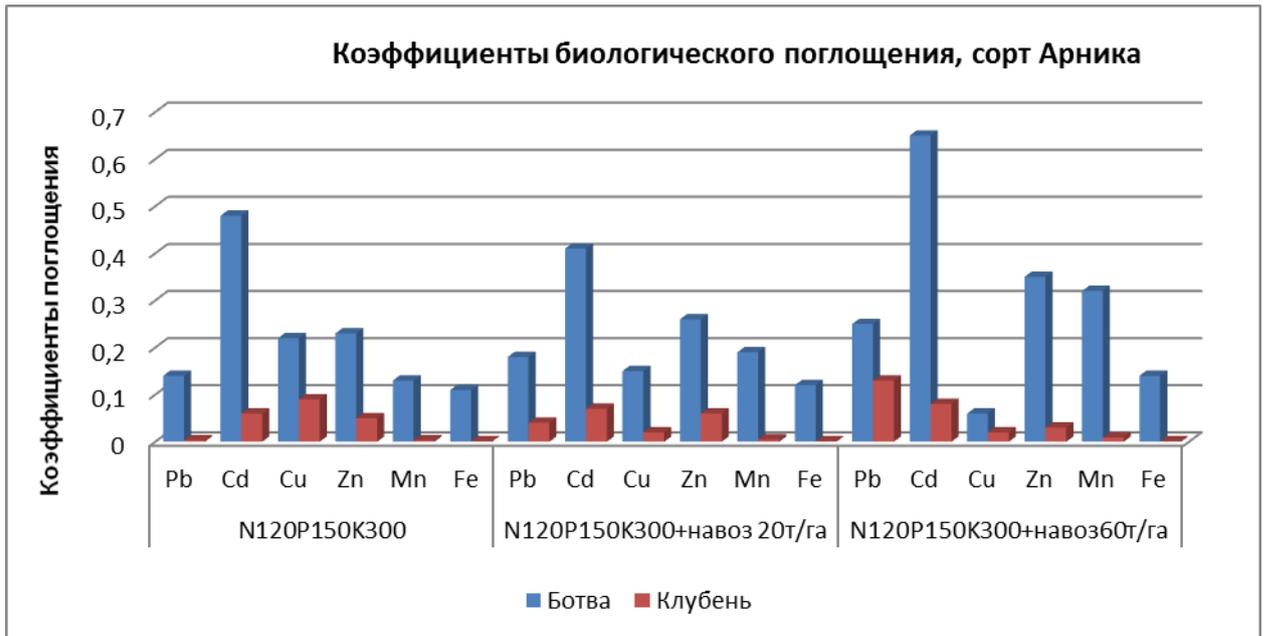


Рисунок 11 – Динамика изменения коэффициента биологического поглощения в ботве и клубнях картофеля сорта Арника в зависимости от дозы удобрений

Расчет КБП (рис.20) показал, что в клубнях картофеля сорта Ароза, на контрольном участке  $N_{120} P_{150} K_{300}$ , в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  навоз 20 т/га и варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  навоз 60 т/га во всех что: по Cd, Cu, Zn происходит слабое накопление и средний захват; по Fe – очень слабый захват (рис.12).

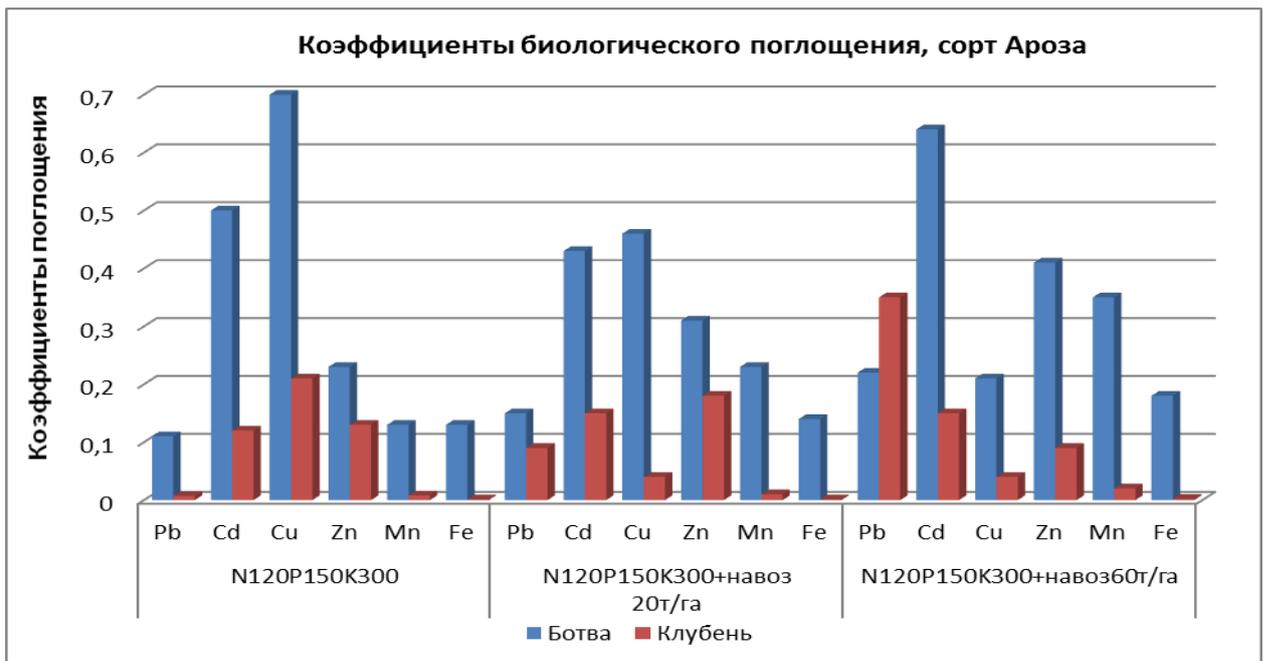


Рисунок 12 – Динамика изменения коэффициента биологического поглощения в ботве и клубнях картофеля сорта Ароза в зависимости от дозы удобрений

КБП в клубнях Рb 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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  навоз 20 т/га – очень слабый захват, в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  навоз 20 т/га и в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  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 ряд:  $Cd > Zn > Cu > Pb > Mn > Fe$

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.

- 1)  $100 > K_n > 10$  - энергичного накопления;
- 2)  $10 > K_n > 1$  – сильного накопления;
- 3)  $1 > K_n > 0.1$  – слабого накопления и среднего захвата;
- 4)  $0.1 > K_n > 0.01$  – слабого захвата; 5)  $0,01 > K_n > 0,001$  очень слабого захвата.

Расчет коэффициента накопления (Кн) выявил, что в ботве исследуемых сортов картофеля во всех вариантах опыта 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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}^+$  навоз 20 т/га от

34,4 до 74,41 и в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300+}$  навоз 60 т/га от 17,25 до 69,33 (табл. 4.2.8)

Таблица 4.2.8 – Коэффициенты накопления для растений картофеля сорта Арника и сорта Ароза

Часть растения	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
<i>Контроль <math>N_{120} P_{150} K_{300}</math></i>						
Ботва	<u>2,58</u>	<u>3,52</u>	<u>19,7</u>	<u>41,7</u>	<u>2,94</u>	<u>642,4</u>
	3,50	4,09	75,73	51,73	2,99	832,57
Клубень	<u>0,05</u>	<u>0,44</u>	<u>8,29</u>	<u>9,02</u>	<u>0,08</u>	<u>1,07</u>
	0,22	1,00	22,54	32,70	0,20	7,42
<i><math>N_{120} P_{150} K_{300+}</math> навоз 20 т/га</i>						
Ботва	<u>3,04</u>	<u>2,69</u>	<u>34,4</u>	<u>46,9</u>	<u>5,30</u>	<u>642,8</u>
	13,09	2,06	74,14	74,41	5,32	2074,12
Клубень	<u>0,65</u>	<u>0,46</u>	<u>4,00</u>	<u>10,2</u>	<u>0,15</u>	<u>0,99</u>
	8,27	0,88	6,14	42,24	0,35	18,78
<i><math>N_{120} P_{150} K_{300+}</math> навоз 60 т/га</i>						
Ботва	<u>6,37</u>	<u>4,15</u>	<u>17,3</u>	<u>41,6</u>	<u>7,62</u>	<u>749,6</u>
	12,81	3,60	69,33	41,90	7,08	1137,58
Клубень	<u>3,29</u>	<u>0,49</u>	<u>4,75</u>	<u>3,37</u>	<u>0,21</u>	<u>1,25</u>
	20,31	0,85	13,33	8,90	0,47	10,13

Числитель – сорт Арника, знаменатель – сорт Ароза

Коэффициент накопления Pb проявился в переменном накоплении у сорта Арника, что выражается в сильном накоплении во всех опытных вариантах с колебанием от 2,58 до 6,37, в то время как в ботве сорта Ароза в вариантах опыта  $N_{120} P_{150} K_{300+}$  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  $K_n = 3,50$ . 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 опыта  $N_{120} P_{150} K_{300+}$  навоз 20 т/га от 2,60 до 5,30 и в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300+}$  навоз 60 т/га от 3,60 до 7,62.

Анализ рассчитанных  $K_n$  показал, что во всех вариантах опыта наиболее интенсивно в изучаемые части растений в ботву сорта Арника поступает

Zn  $K_H=41,56-46,93$ , Cu  $K_H=17,25-34,4$ , Fe  $K_H=642,4-742,56$ . Наиболее интенсивно в клубни поступает Zn и Cu с вариацией значений  $K=3,37-10,17$  и  $K_H=4,0-8,29$ , соответственно.

Наиболее интенсивно поступают в ботву сорта Ароза Zn, Cu, Fe с Zn  $K_H=41,90-74,41$ , Cu  $K=69,33-75,73$  и Fe  $K_H=832,57-2079,12$ . Наиболее интенсивно в клубни обоих сортов поступает Zn ( $K_H=8,90-42,24$ ) и Cu ( $K_H=6,14-22,54$ ).

Интенсивность накопления увеличивается в ботве, в зависимости от поставленных вариантов опыта. Наблюдается увеличение интенсивности накопления в исследуемых сортах от контрольного участка  $N_{120} P_{150} K_{300}$  к варианту опыта  $N_{120} P_{150} K_{300}+$  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 ( $K_p$ ). Коэффициент перехода ( $K_p$ ) – отношение концентрации тяжелых металлов в воздушно-сухой надземной фитомассе к их значениям в корнях (клубнях). Клубни картофеля накапливают меньше токсичных элементов, чем ботва (табл. 4.2.10)

Таблица 4.2.10 – Коэффициенты перехода для растений картофеля

Сорт картофеля	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
<i>Контроль <math>N_{120} P_{150} K_{300}</math></i>						
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
<i><math>N_{120} P_{150} K_{300}+</math> навоз 20 т/га</i>						
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
<i><math>N_{120} P_{150} K_{300}+</math> навоз 60 т/га</i>						
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<sub>120</sub> P<sub>150</sub> K<sub>300</sub> +навоз 60 т/га.

## **5 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ПРОДУКЦИИ КАРТОФЕЛЯ**

### **5.1 Расчет экономической эффективности применения органических удобрений**

Для расчета экономической эффективности применения удобрений использовали два показателя – чистый доход и рентабельность. Чистый доход от применения удобрений определяли по уравнению:

$Чд = С \text{ осн.} - З \text{ уд.}$ , где: Чд – чистый доход, тыс.руб; С осн. – стоимость дополнительной основной продукции, полученной в результате применения удобрений, тыс.руб.; З уд. – затраты на применение удобрений, тыс.руб.

1. Стоимость дополнительной основной продукции, полученной с применением удобрений (С осн.), определяли умножением цены реализации основной продукции на прибавку урожая основной продукции с применением удобрений.

2. Прибавку урожая в результате применения удобрений определяли по нормативной оплате единицы удобрений (органических – 1т физической массы) приростом урожая основной продукции.

Рентабельность применения удобрений определяли 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 т/га и 60 т/га сорт Ароза дал прибавку к урожаю на 2,1 т/га 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 т/га 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.

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 – 15,5 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.

Достаточно высокая рентабельность получена в обоих сортах Арника и Ароза при внесении органических удобрений при дозе 60 т/га (табл. 5.1.1).

Таблица 5.1.1 – Экономическая эффективность возделывания картофеля при использовании органических удобрений, 2012-2014 г.г.

Вариант	Сорт Арника				Сорт Ароза			
	Затраты, тыс.руб./га	Себестои- мость, тыс.руб.	Чистый до- ход, тыс.руб./га	Уровень рентабель- ности	Затраты, тыс.руб./га	Себестои- мость, тыс.руб.	Чистый до- ход, тыс.руб./га	Уровень рентабель- ности
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> + навоз 20 т/га	10,1	11,9	1,8	18	10,1	11,1	1,01	10
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub> +навоз 60 т/га	28,9	35,9	7,0	24	28,9	42,7	13,8	48

## 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-луговые обыкновенные и карбонатные. По содержанию гумуса почвы относятся к малогумусным: *в черноземах обыкновенных остаточно - луговых* 5,0 - 4,0%, отношение  $C_{гк} : C_{фк} = 1,1$ , среднемошным - мощность гумусового горизонта в среднем составляет 57 см с пределом варьирования с 48 см 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) до повышенной (132 мг/кг) и обменным калием от средней (57) 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 см 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 г.г. 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 мг/кг 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 содержа-

ния 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 т/га и 5,0 т/га соответственно, или 6,8% и 16,2%, у сорта Арника – 1,4 т/га 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.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В условиях засушливого климата на черноземных почвах Среднего Поволжья при промышленном возделывании картофеля в системе орошения для получения стабильных урожаев экологически чистой продукции необходимо обеспечить бездефицитный баланс гумуса ежегодным внесением на 1 га пашни 15,5 т органических удобрений.

2. Для восполнения потерь гумуса, снижения концентрации подвижных форм высокотоксичных свинца и кадмия, повышения значений эссенциальных элементов меди, цинка, марганца и железа в почве вносить под фрезерование одновременно с формированием гребня навоз в дозе 60 т/га с содержанием сухого вещества (50 %) в сочетании с минеральными удобрениями в дозе  $N_{120}P_{150}K_{300}$ .

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Алексеев, Ю. В. Кадмий и цинк в растениях луговых фитоценозов / Ю. В. Алексеев, И. П. Лепкович // Агрохимия. – 2003. – № 9. – С. 66-69.
2. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
3. Алексеенко, К. А. Геохимия ландшафта и окружающая среда / К. А. Алексеенко. – М. : Наука, 1990. – 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. – Москва : 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, С. Н. Еланский, Г. К. Журомский и др. – М. : Картофелевод, 2009. – 272 с.
10. Анисимова, Г. И. Влияние кислотнo-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 Междунар. симпозиума, 28-30 марта 2000г., 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, Н. Н. Дмитриева, О. А. Вовчук // 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, Н. Н. Дмитриева, С. Л. Рубцов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Т. 20. – № 2 (3). – 2018. – 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 // Агрэкологические 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. – 2006. – № – 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. Бойченко, Е. А. Соединения металлов в эволюции растений в биосфере. // Изв. АН СССР. Сер. биол., 1976. – № 3. – С. 378-385.
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, Т. П. Васильева, О. В. Галкина. – 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. : Рос. акад. естеств. наук им. В.И. Вернадского, Моск. гос. акад. ветеринар. 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. – М., 1980. – Вып. 37. – С. 42-48.
27. Вавилов, П. П. Растениеводство : Изд. 5-е, 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 : учеб. 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 // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. – 2014. – № 1 (5). – С. 3-9.

31. Васильев, А. А. Оптимизация технологии возделывания картофеля на Южном Урале : дис. докт. с.-х. наук. / А. А. Васильев. – 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 общ. 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. Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений / 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 Междунар. конф., 16-18 ноября 2004 г., 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. / М. Т. Гайнутдинов. – 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 : учеб. программа и пособ. для доп. и самостоят. работы студентов-охотоведов по курсу «Охрана природы» / В. Н. Моложников. – Иркутск : ИрГСХА, 2001. – 44 с.
44. Головкин, Т. Тяжелые металлы в окружающей среде и растительных организмах / Т. Головкин, 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. – М. : Издательство стандартов, 1992.
47. ГОСТ 26204–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – М. : Издательство стандартов, 1992.
48. ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества. – М. : Издательство стандартов, 1992.
49. ГОСТ 26483–85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. – М. : Издательство стандартов, 1986.
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» (официальное издание). М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 516 с.
53. Громова, В. С. Миграция и накопление  $^{137}\text{Cs}$  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 // Проблема 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 // Тез. докл. 8 Всес. Съезда почвовед. 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 загрязнения 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. – 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 всерос. науч. конф. (г. Новосибирск, 3 дек. 2009 г.) : сб. науч. ст. – Новосибирск, 2009. – С.40-42.
67. Ильин, В. Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / 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 // Сер. Биология. Извест. СО АИ СССР, 1981. – Вып. 10. – С. 49-56.
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. Итоги развития АПК Самарской области по состоянию на 05.11.2019 г, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://mcx.samregion.ru/apk/apkvtsifrakh/8461/>.
75. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях. / Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. М. : Мир, 1989. – 439 с.
76. Капитанова, Т. М. Прогнозирование ожидаемых уровней загрязнения тяжелыми металлами кормовых растений / Т. М. Капитанова, 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 Междунар. Симпозиума, 28-30 марта 2000 г. – Великий Новгород : НовГУ, 2000. – 273 с.
77. Карманов, С. Н. Картофель от посадки до стола / С. Н. Карманов, В. С. Серебренников. – М.: Сельская новь, 1993. – 48 с.
78. Картофель России: [В 3 т.] / Под ред. А. В. Коршунова. – М., 2003.
79. Картофелеводство Самарской области // Межрегиональный информационно-аналитический журнал для профессионалов агробизнеса «Картофельная система». – 2019. – № 2.
80. Картофелеводческие хозяйства Самарской области // Межрегиональный информационно-аналитический журнал для профессионалов агробизнеса «Картофельная система». – 2019. – № 2.
81. Каюмов, М. К. Справочник по программированию урожаев / М. К. Каюмов. – Москва : Россельхозиздат, 1977. – 188 с.
82. Клечковский, В. М. Агрохимия / В. М. Клечковский, А.В. Петербургский. – М. : Колос, 1967 – 583 с.
83. Клочков, А. В. Механизация рационального картофелеводства / А. В. Клочков, В. А. Попов. – Горки : Агрокапиталконсалт, 2006. – 89 с.

84. Ковальский, В. В. Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – М. : Наука, 1974. – 289 с.
85. 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.
86. Коршунов, А. В. Качество картофеля и картофелепродуктов / А. В. Коршунов. – М. : 2001. – 253 с.
87. Косьянчук, В. П. Агроэкологические основы технологии возделывания картофеля в юго-западной части Нечернозёмной зоны России : автореф. дис. д-ра с.-х. наук / В. П. Косьянчук. – Брянск, 1999. – 48 с.
88. Кремин, В. Е. Применение удобрений в условиях интенсификации земледелия / В. Е. Кремин // Повышение эффективности удобрений в Ярославской области. Часть 3. – Ярославль, 1989. – С. 62-70.
89. Кривошеев, Д. А. Экология и безопасность жизнедеятельности : учеб. пособ. для ВУЗов / Д. А. Кривошеев, Л. А. Муравей, Н. Н. Роева : Под ред. Л. А. Муровой. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.
90. Кропивко, О. Г. Накопление тяжелых металлов растительной продукцией / О. Г. Кропивко // Зеленый Луч. – 2001 – № 7 (37). – С. 41-44.
91. 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.
92. Кузнецов, А. И. Картофель / А. И. Кузнецов, Ю. К. Казанков. – Чебоксары : Чуваш, кн. изд-во, 1973. – 144 с.
93. 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.
94. Кукреш, Н. П. Действие возрастающих доз азотных удобрений на урожай и качество клубней картофеля / Н. П. Кукреш // Труды ВИУА. – Вып. 61. – М., 1980. – С. 84-88.

95. Ларионов, М. В. Особенности накопления тяжелых металлов в почвенных экосистемах Саратовского Поволжья / М. В. Ларионов, Н. В. Ларионов // Вестник ОГУ. – № 1 (107). – 2010. – С. 110-114.
96. Лебедева, Т. Б. Зеленое удобрение в земледелии правобережной лесостепи Среднего Поволжья / Т. Б. Лебедева. – Пенза, 2007. – 160 с.
97. Лебедь, М. Б. Исследование эффективности различных способов стерилизации эксплантов картофеля при микроклональном размножении / М. Б. Лебедь, Ю. В. Берестнева, И. В. Волков, К. Р. Бикметова, Н. И. Лебедь // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 9. – С. 26-30.
98. Лорх, А. Г. Картофель / А. Г. Лорх // Московский рабочий. – 1955. – С. 25-29.
99. 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.
100. Магницкий, К. П. Диагностика питания растений по их внешнему виду. В кн. : Агрохимические методы исследования почв. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – С. 360-402.
101. Макарова, В. Г. Экологические и медико-социальные аспекты охраны природной среды и здоровья населения / В. Г. Макарова, А. Р. Цыганов, В. А. Кирюшин, О. В. Коновалов, И. Р. Вильдфлуш, Ю. А. Можайский, Т. Ф. Персикова, В. И. Желязко. – Минск : БИТ «Хата», 2002.
102. 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 : М-во сельского хоз-ва РФ, ФГБОУ ВПО «Самарская гос. с.-х. академия». – Самара : ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2012. – 135 с.
103. Манторова, Г. Ф. Дифференциация слоев почвы по плодородию / Г. Ф. Манторова // Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии. Сб. научн. тр. – Челябинск : ЧНИИСХ, 2003. – 278 с.

104. 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 : Изд-во «Самарский университет», 1997. – 215с.
105. Медведев, И. Ф. Тяжелые металлы в экосистемах / И. Ф. Медведев, С. С. Дервягин. – Саратов : «Ракурс», 2017. – 178 с.
106. 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.
107. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продуктах растениеводства. – Москва : МСХА РФ, ЦИНАО, 1992. – 53 с.
108. Милехин, А. В. Методические рекомендации по возделыванию картофеля в Самарской области / А. В. Милехин. – Безенчук, 2007. – С. 2-4.
109. Минеев, В. Г. Практикум по агрохимии / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, О. А. Амелянчик, Т. Н. Большева, Н. Ф. Гомонова, Е. П. Дурьнина, В. С. Егоров, Е. В. Егорова, Н. Л. Едемская, Е. А. Карпова, В. Г. Прижукова : Учебное пособие, 2-е изд. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
110. 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.
111. Молявко, А. А. Биологизация производства картофеля / А. А. Молявко, А. В. Марухленко, Л. А. Еренкова, Н. П. Борисова // Вестник Брянского государственного университета. – Брянск, 2015. – С. 423-425.
112. Муравин, Э. А. Агрохимия : учеб. для студентов сред. спец. учебных заведений по агроном. специальностям / Э. А. Муравин. – М. : КолосС, 2004. – 382 с.
113. 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.

114. 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.

115. 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., посвящ. 65-летию Победы в Великой Отечественной войне, 13-15 апр. 2010 г. – Иркутск : ИрГСХА, 2010. – Ч. 2. – С. 128-134.

116. Настольная книга картофелевода / С. А. Турко, М. И. Рубель, В. Г. Иванов и др. : Под ред. С. А. Турко. – РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Минск, 2007. – 165 с.

117. Нестерова, А. Н. Воздействие ионов свинца, кадмия и цинка на клеточную организацию меристемы и рост корней проростков кукурузы : автореф. канд. дисс. / А. Н. Нестерова. – М. : МГУ, 1989. – 26 с.

118. Никитин, А. Использование районированных сортов картофеля [Электронный ресурс] – 2012. Режим доступа: <http://www.agroxxi.ru/stati/raionirovaniesortov-kartofelja.html> (дата обращения 29.01.2019).

119. Никитин, Е. Д. Жизнь и будущее почв. – М. : Знание, 1979. – 46 с.

120. 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>.

121. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений / А. А. Ничипорович. – М. : изд-во АН СССР, 1963 – 159 с.

122. Овчаренко, М. М. Тяжелые металлы в системе почва–растение–удобрение : Под общ. ред. М. М. Овчаренко. –М., «Пролетарский светоч», 1997.
123. 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.
124. Опекунова, М. Г. Биоиндикация загрязнителей: учебное пособие / М. Г. Опекунова. – СПб. Издательство С.-Петербургского университета, 2013. – 266 с.
125. Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении : учеб. пособие для ВУЗов / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2002. – 334 с.
126. Орлов, Д. С. Образование гуматов кобальта, никеля, меди и цинка // *Научные доклады высш.шк. Биол. науки*. – 1960. –№ 3. – С. 62-66.
127. Панников, В. Д. Удобрения, сорт, урожай / В. Д. Панников // *Агрохимия*. – № 312. – 1982. – С. 3-11.
128. 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.
129. Перельман, А. И. Геохимия. – М. : Высшая школа, 1989.
- 130 Перельман, А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М. : Высшая школа, 1999.
131. Писарев, Б. А. Книга о картофеле / Б. А. Писарев // *Монография*. – М. : Московский рабочий, 1977. – 232 с.
132. Писарев, Б. А. Сортовая агротехника картофеля / Б. А. Писарев. – М. : Агропромиздат, 1990. – 208 с.
133. Плеханова, И. О. Влияние ОСВ на содержание и фракционный состав тяжелых металлов в супесчаных дерново-подзолистых почвах / И. О. Плеха-

- нова, О. В. Кленова, Ю. Д. Кутукова // Почвоведение. – 2001. – № 4. – С. 496-503.
134. 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.
135. Полячков, В. В. Влияние удобрений на урожайность и качество картофеля и их последствие на светло-серых лесных почвах Волго-Вятской зоны : дис. канд. с-х. наук / В. В. Полячков. – Горький, 1983. – 183 с.
136. Посыпанов, Г. С. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов. – М. : Изд-во «КолосС», 2006. – 612 с.
137. Почвоведение : Под ред. И.С. Кауричева. – М. : Агропромиздат, 1989. – 720 с.
138. Природно-хозяйственная характеристика по использованию и улучшению сенокосов и пастбищ Приволжского района Куйбышевской области. – ВолгоНИИгипрозем, 1985.
139. 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.
140. Прохорова, Н. В. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н. В. Прохорова. – Самара : Изд-во Самарского Университета, 1998.
141. 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. – Т. 2. – № 2 – 2000 – С. 306-310.
142. Прохорова Н. В. Распределение тяжелых металлов в посевах важнейших сельскохозяйственных культур в Самарской области / Н. В. Прохорова : Монография. – Самар. гос. ун-т. Самара, 2006. – 141 с.

143. Прянишников, Д. В. Агрохимия. (Учебник) / Д. В. Прянишников.– М. : Сельхозиздат, 1934. – (3-е изд. – 1940). – 399 с.
144. Прянишников, Д. Н. Агрохимия / Д. Н. Прянишников. – М., 1936. – 494с.
145. Пустовой, И. В. Практикум по агрохимии : учебное пособие / И. В. Пустовой, В. И. Филин, А. В. Корольков. – М. : Колос, 1995.
146. Рубин, Б. А. Физиология растений и селекции / Б. А. Рубин // Проблемы физиологии в современном растениеводстве. – М. : Колос, 1979.
147. 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. / А. С. Ручкин. – Ярославль. – 2002. – 177 с.
148. Рэутце, К. Борьба с загрязнением почвы / К. Рэутце, С. Кырстя. – М. : Агропромиздат, 1986. – 96 с.
149. 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.
150. Смирнов, П. Н. Агрохимия / П. Н. Смирнов, Э. А. Муравин. – М. : Агропромиздат, 1991. – 288 с.
151. Смирнов, П. Н. Агрохимия / П. Н. Смирнов, Э. А. Муравин. –М. : Колос, 1981. – 319 с.
152. Сокаев, К. Е. Восстановление и сохранение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в РСО-Алания : учебное пособие / К. Е. Сокаев, К. Х. Бясов : Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО «Северо-Осетинский гос. ун-т им. К. Л. Хетагурова», М-во сельского хоз-ва и продовольствия Респ. Северная Осетия-Алания, Федеральное гос. учреждение Станция агрохимической службы «Северо-Осетинская». – Владикавказ : Изд-во СОГУ им. К. Л. Хетагурова, 2007. – 56 с.

153. Сулейманов, В. А. Потребность в питательных веществах и их роль в формировании урожая / В. А. Сулейманов, М. С. Бацанов. – М. : Колос, 1970. – 35 с.
154. Сухоиванов, В. А. Удобрение картофеля и овощей / В. А. Сухоиванов, В. А. Борисов. – М., 1974. – 71 с.
155. Тамман, А. И. Влияние азота, фосфора и калия на рост ботвы и урожай клубней картофеля / А. И. Тамман // Тр. НИИКХ. – М., 1959. – С. 21-34.
156. Титова, В. И. Экотоксикология тяжелых металлов : Учебное пособие / В. И. Титова, М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова. – Н. Новгород : НГСХА, 2001. – 135 с.
157. 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.
158. 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.
159. Третьяков, Н. П. Плотность почвы и корневая система растений / Н. П. Третьяков, В. Н. Галицкий // Земледелие. – 1963. – № 4. – С. 15-16.
160. Трофимов, С. С. Основы использования и охраны почв Западной Сибири / С. С. Трофимов, В. И. Щербинин, В. В. Реймхе и др. : АН СССР, Сиб. отделение, 1989. – 223 с.
161. Турусов, В. И. Биологические приемы повышения плодородия почвы и увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур / В. И. Турусов, А. М. Новичихин, О. А. Богатых, Е. Г. Бочарникова // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – № 10. – С. 27-31.
162. Турчин, Ф. Б. О природе действий удобрений (Азот, фосфор, калий) / Ф. Б. Турчин. – М. : Сельхозгиз, 1936. – 152 с.

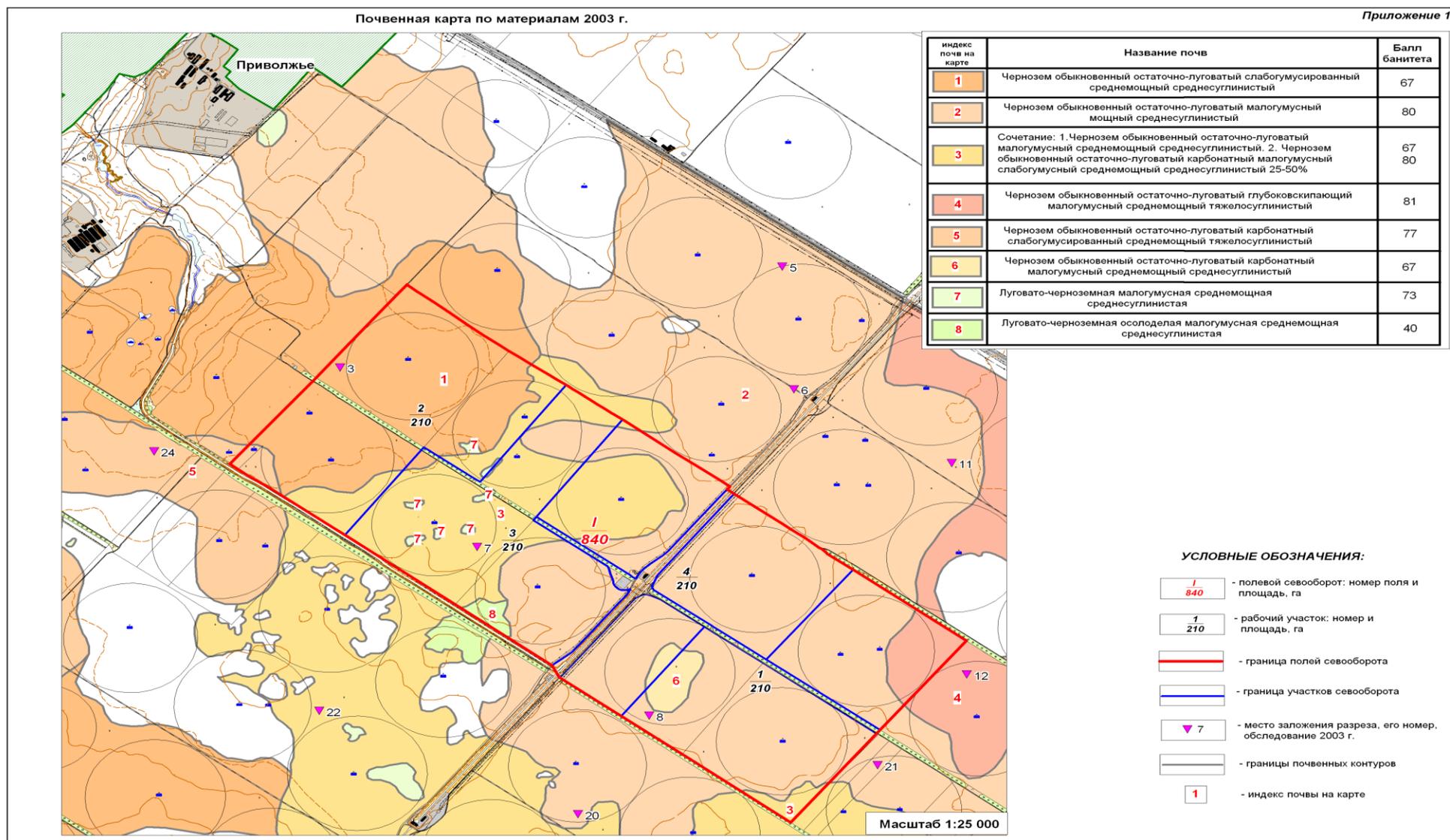
163. Устроев, А. А. Комбинированный прием и техническое средство обработки картофеля на гребнях с использованием сидеральных культур / А. А. Устроев, Е. А. Мурзаев, А. Б. Калинин, И. З. Теплинский // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2019. – № 4 (101). – С 24-33.
164. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З. И. Журбицкий. – Акад. Наук СССР. Ин-т физиологии растений имени К. А. Тимирязева. – Москва: Изд-во Акад. Наук СССР, 1963. – 294 с.
165. Химическое загрязнение почв и их охрана: словарь-справочник. М., 1991. 303 с.
166. 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.
167. Чекмарев, П. А. Итоги реализации программы биологизации земледелия в Белгородской области / П. А. Чекмарев, С. В. Лукин // Земледелие. – 2014. – № 8. – С. 3-6.
168. Черников, В. А. Агроэкология: учеб. для студентов ВУЗов по агр. специальностям / 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.
169. Черников, В. А. Агроэкология / В. А. Черников – М. : Колос, 2001. – 536 с.
170. 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.
171. Черных, Н. А. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере : Монография / Н. А. Черных, С. Н. Сидоренко. – М. : Изд-во РУДН, 2003. – 430 с.
172. 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.

173. Черных, Н. А. Влияние различного содержания Zn, Pb и Cd в почве на состав и качество растительной продукции / Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук / Н. А. Черных. – М. : МГУ, 1988. – 27 с.
174. 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.
175. Черных, Н. А. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н. А. Черных. – Пушкино, 2001. – 148 с.
176. Черных Н.А., Нормирование загрязнение почв тяжелыми металлами / Н. А. Черных, В. Ф. Ладонин // *Агрохимия*, – 1995. – № 6. – С. 71-80.
177. 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.
178. Чжоу. Накопление тяжелых металлов в растениях при удобрении ОСВ и компостом / Чжоу, Дунсин // *Плодородие*. – 2006. – № 6. – С. 25-26.
179. Чмора, Н. Я. Картофель / Н. Я. Чмора, В. В. Арнаутов. – М. : Гос. изд-во с/х литературы, 1953. – 566 с.
180. 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, Н. В. Малышенко, З. Р. Исмагилов // *Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология*. – 2014. – № 3 (143). – С. 32-40.
181. Шагиева, Ю. А. Тяжелые металлы в почвах и растениях Башкирского Зауралья в условиях техногенеза / Ю. А. Шагиева. – Тольятти : Институт экологии, 2002 – 20 с.
182. Шаркова, С. Ю. Воздействие ТМ на почвенную микрофлору / С. Ю. Шаркова // *Плодородие*. – 2007. – № 4. – С. 40.

183. 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 / Э. И. Шафеева. – Уфа : Башкирский государственный аграрный университет, 2018. – 24 с.
184. Шебалова, Н. М. Оценка состояния почв в зонах техногенного загрязнения / Н. М. Шебалова, С. В. Залесов // Лесное хозяйство. – 2006. – № 2. – С. 33-35.
185. Щегорец, О. В. Биологизация технологии возделывания картофеля в условиях Приамурья : автореф. дис. доктора. с.-х. наук / О. В. Щегорец. – М. : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2008. – 24 с.
186. 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.
187. Шпаар, Д. Картофель / Д. Шпаар, В. Иванюк, П. Шуманн, А. Постников и др : Под ред. Д. Шпаара. – Торжок, «Вариант», 2004. – 466 с.
188. Эйхенбергер, Э. Взаимосвязь между необходимостью и токсичностью металлов в водных экосистемах. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Эйхенбергер Э. – М. : Мир, 1993. – С. 62-87.
189. Юскаева, Г. И. Экологические аспекты возделывания яровой пшеницы на техногенно загрязненных почвах лесостепи Среднего Поволжья : авт. дисс. канд. наук / Г. И. Юскаева. – Саратов, 2004. – 19 с.
190. 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.
191. Czuba, R. Wplyw nawozena na jacosse plonow / R. Czuba, T. Mazur. – Warszawa : PWN, 1988. – 360 p.
192. Gruber, P. Dunqunq und gualitat der kartoffel prakt / P.Gruber. – Landtechn, 1971. – 24. – S. 8-10.

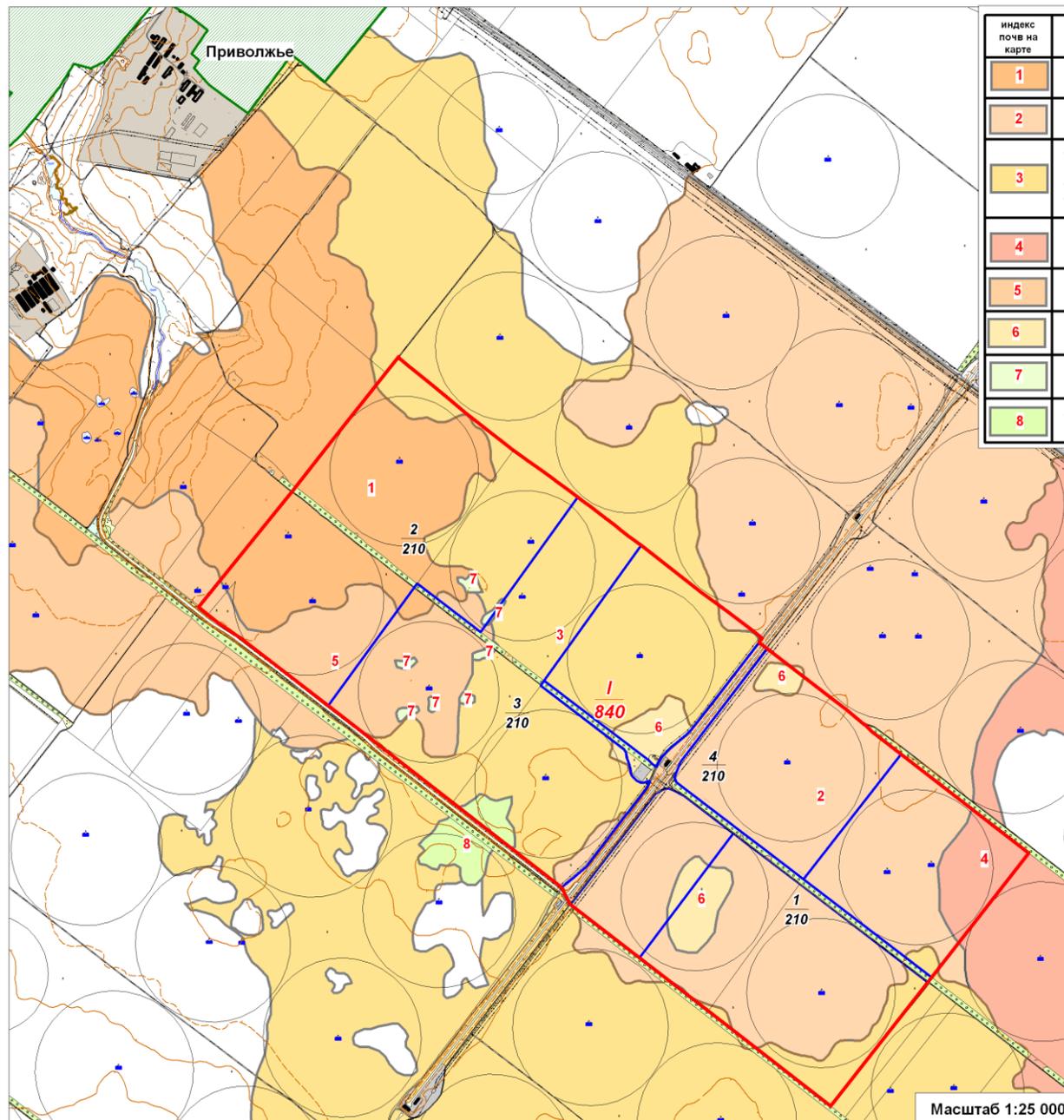
193. Herms, V. Influence of different types of natural organic matter on the solubility of heavy metals in soils / V. Herms, G. Brummer // *Environ. Effect. Org. and Inorg. Contam. Sewage Sludge. Proc. Work. Stevenage.* – 1983. – P. 209-214.
194. Klasener, B. Ist Kartoffel ein fach – oder Tiefwurzler / B. Klasener // *Kartoffel.* – 1989. – N 9. – S. 41-42.
195. Muller, K. Luz Bedeutung der Dungung im ert rags – und gualitats betonden kartoffelenbau / K. Muller. – 1977. – Vol. 28. – P. 4-6.
196. 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.
197. Perrenond, S. Potato fertilizers for yield and quality / S. Perrenond // *JPI. – Biul.* – 1983. – № 8.
198. Vomonal, B. Noktere priciny zmen ve stolni nodnote bramborovych hliz / B. Vomonal. – *Uroda*, 1976. – R. 24. – N 6. – S. 231-253.
199. Wallace, A. Excess trace metal effects on calcium absorption in plants / A. Wallace // *Commun. Soil Sci. And plant Anal.* – 1979. – N 1-2. – P. 473-477.
200. Weingmann ,B. Ertrag und gualitat durch erreite dungung / B. Weingmann // *Der kartoffel bau.* – 1971. – S. 60-62.

## ПРИЛОЖЕНИЯ



Почвенная карта по материалам 2011-2014 г.

Приложение 2



индекс почв на карте	Название почв	Балл банитета
1	Чернозем обыкновенный остаточно-луговой слабогумусированный среднесуглинистый	67
2	Чернозем обыкновенный остаточно-луговой малогумусный мощный среднесуглинистый	80
3	Сочетание: 1. Чернозем обыкновенный остаточно-луговой малогумусный среднесуглинистый. 2. Чернозем обыкновенный остаточно-луговой карбонатный малогумусный слабогумусный среднесуглинистый 25-50%	67 80
4	Чернозем обыкновенный остаточно-луговой глубоковскипающий малогумусный среднесуглинистый	81
5	Чернозем обыкновенный остаточно-луговой карбонатный слабогумусированный среднесуглинистый	77
6	Чернозем обыкновенный остаточно-луговой карбонатный малогумусный среднесуглинистый	67
7	Лугово-черноземная малогумусная среднесуглинистая	73
8	Лугово-черноземная осолодевшая малогумусная среднесуглинистая	40

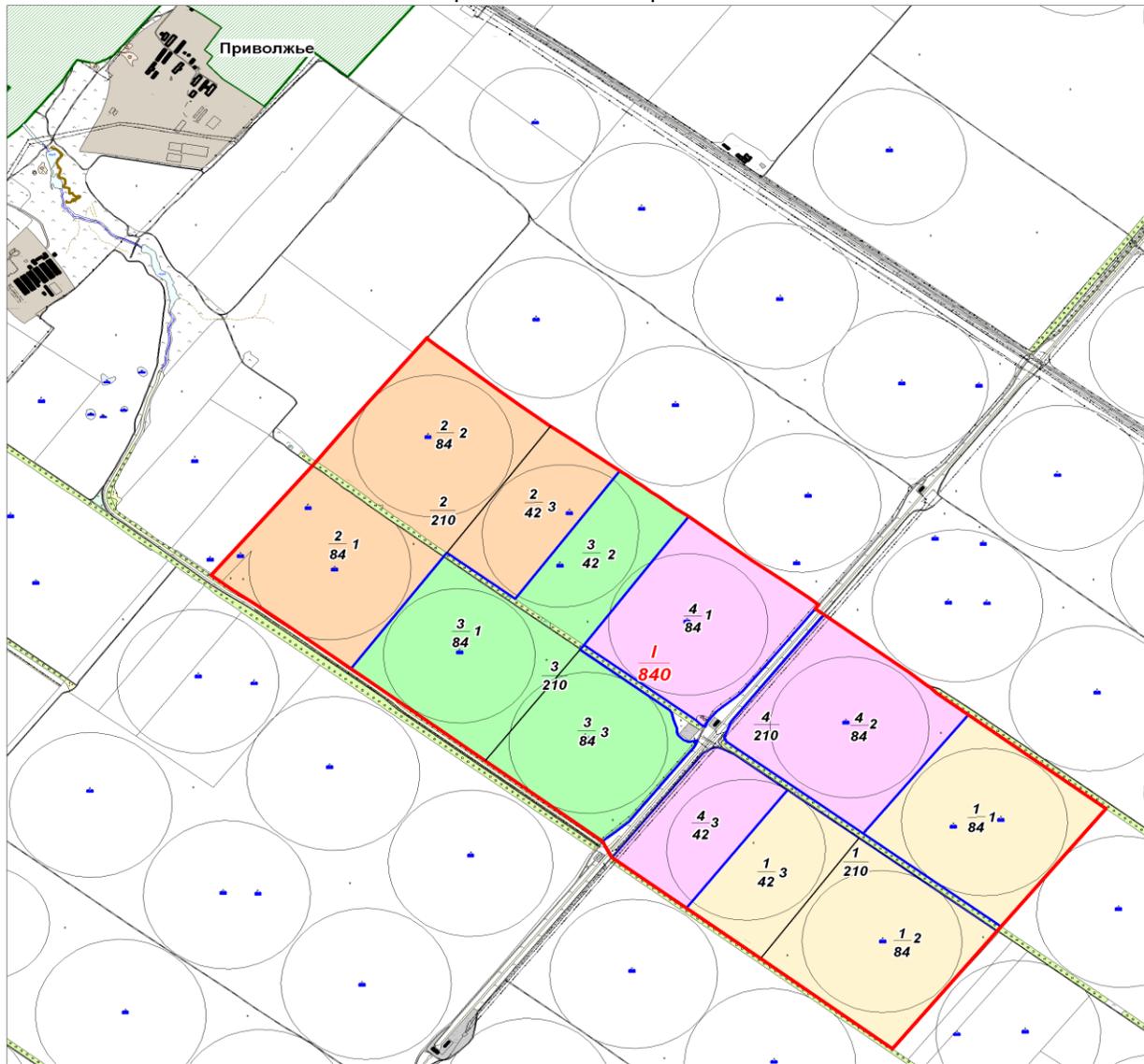
## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

-  - полевой севооборот: номер поля и площадь, га
-  - рабочий участок: номер и площадь, га
-  - граница полей севооборота
-  - граница участков севооборота
-  - границы почвенных контуров
-  - индекс почвы на карте

Масштаб 1:25 000

План расположения севооборота

Приложение 3



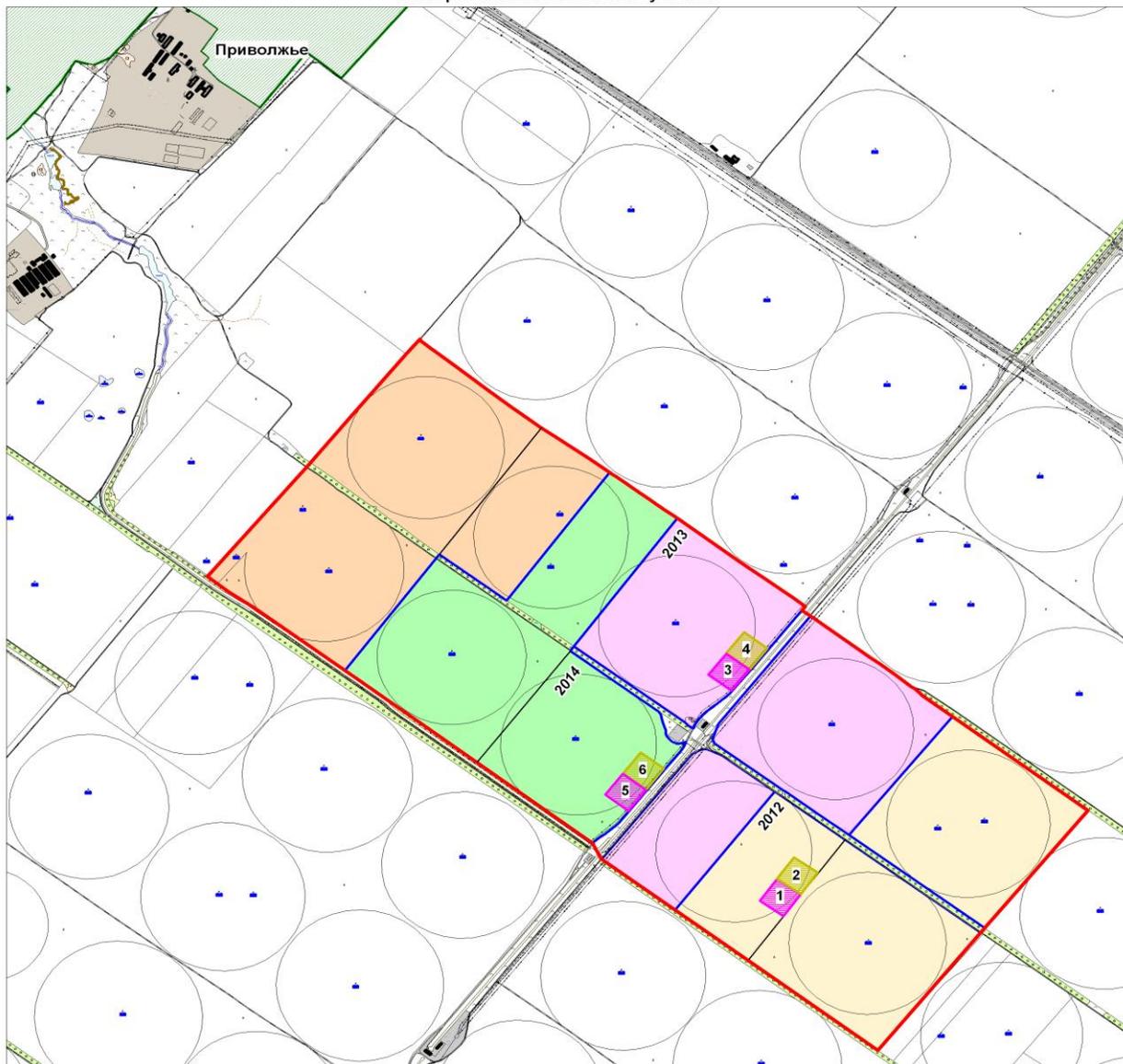
Масштаб 1:25 000

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- |   |  |
|---|--|
|  | - полевой севооборот: номер поля и площадь, га |
|  | - рабочий участок: номер и площадь, га         |
|  | - граница полей севооборота                    |
|  | - граница участков севооборота                 |

План расположения опытных участков

Приложение 4



Схема

10	5	10	5	10	ряды
контроль	защитная зона	N,P,K + навоз 20 т/га	защитная зона	N,P,K + навоз 60 т/га	30 м
7,5	3,5	7,5	3,5	7,5	

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- рабочий участок
- 1 - сорт картофеля "Арника"
- 4 - сорт картофеля "Ароза"
- 2012 - год посадки картофеля
- граница полей севооборота
- граница участков севооборота

Масштаб 1:25 000

## Баланс гумуса в севообороте на контрольных участках 2012-2014гг

**Контрольный участок 2012 год исследования**

Культура	Урожайность , т/га	Минерализация (по- тери ) гумуса, т/га	Коэффициент выхода поживно-корневых остатков от основной	Накопление гумуса за счет поживно-корневых остат- ков, т/га		
				Выход пож- нивно- корневых ос- татков т/га	Выход гу- муса из пож- нивно- корневых ос- татков т/га	Баланс гуму- са +/- т/га
Черный пар		2,0	-	-	-	
Картофель	30,8	0,8	0,12	3,66	0,37	-0,43
Овощи	33,0	0,8	0,12	3,96	0,40	-0,40
Соя	2,37	0,5	1,3	3,08	0,77	+0,27
<b>Итого</b>		2,9				-0,56
Среднее по севообо- роту		0,72				-0,14

Потребность в органическом удобрении

**Картофель**  $0,43/0,1=4,3\text{т/га}$

Овощи  $0,40/0,1=4,0\text{т/га}$

Соя  $0,27/0,25=1,08\text{т/га}$

Всего по севообороту  $(4,3+4,0+1,08)*840=7879\text{т}$

**Контрольный участок 2013год исследования**

Культура	Урожайность , т/га	Минерализация (потери ) гумуса, т/га	Коэффициент выхода пожнив- но-корневых остатков от ос- новной продукции урожайно- сти	Накопление гумуса за счет пож- нивно-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	28,5	0,8	0,12	3,42	0,34	-0,46
Овощи	33,0	0,8	0,12	3,96	0,39	-0,41
Соя	2,45	0,5	1,3	3,18	0,80	+0,30
<b>итого</b>		2,9				-0,57
Среднее по севообороту		0,72				-0,14

Расчет потребности в органическом удобрении под культуры в севобороте:

**Картофель**  $0,46/0,1=4,6\text{т/га}$  Овощи  $0,41/0,1=4,1\text{т/га}$  Соя  $0,30/0,25=1,2\text{т/га}$

Для создания бездефицитного баланса требуется органических удобрений

Всего по севообороту  $(4,6+4,1+1,2)*840= 8316\text{т}$

**Контрольный участок 2014год исследования**

Культура	Урожайность , т/га	Минерализация (потери ) гу- муса, т/га	Коэффициент выхода пожнив- но-корневых остатков от ос- новной 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	33,0	0,8	0,12	3,96	0,40	-0,40
Овощи	33,0	0,8	0,12	3,96	0,40	-0,40
Соя	2,33	0,5	1,3	3,03	0,76	+0,26
<b>итого</b>		2,9				-0,54
Среднее по севообороту		0,72				-0,14

Расчет потребности в органическом удобрении под культуры в севобороте-

**Картофель**  $0,40/0,1=4,0\text{т/га}$  Овощи  $0,40/0,1=4,0\text{т/га}$  Соя  $0,26/0,25= 1,04\text{т/га}$

Для создания бездефицитного баланса требуется органических удобрений

Всего по севообороту  $(4+4,0+1,04)*210= 1898,4\text{т}$



«УТВЕРЖДАЮ»

Глава КФХ «Цирулев Е.П.»

Е.П.Цирулев

## СПРАВКА

**О внедрении в производственную деятельность результатов научно-исследовательской работы соискателя кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений» ФГБОУ ВО «Самарский ГАУ» Черняковой Галины Игнатьевны по теме: «Аккумуляция тяжелых металлов при применении органоминеральных удобрений в агроценозах картофеля на черноземах обыкновенных в условиях степной зоны Самарского Заволжья»**

Результаты исследований Г. И. Черняковой, связаны с агроэкологической оценкой черноземов обыкновенных степной зоны Самарской области на площади 840 га и выращиваемых на посевных площадях 210 га 20 сортов картофеля: Романо, Розара, Ароза, Винета, Роко, Джелли, Колетте, Спринт, Родрига, Лабелла, Наташа, Витессе, Ланорма, Леони, Примадонна, Розалинд, Арника, Спринт, Тоскана, Верона. Опытным путем на примере сортов Арника (среднеранний) и Ароза (раннеспелый) было выявлено, что при внесении под картофель органических удобрений в сочетании с минеральными удобрениями происходит повышение урожайности картофеля на 11,7-22,4%, решается основная проблема земледелия – сохранение почвенного плодородия за счет формирования положительного баланса гумуса и питательных веществ почв установлена связь «Навоз – органическое удобрение – поле – дополнительный урожай».

Содержание тяжелых металлов, как в почве так и в растениях не превышает ПДК. Установлено, что накопление тяжелых металлов происходит в ботве картофеля в допустимых пределах.

Рекомендуемая Черняковой Г.И. норма внесения минеральных удобрений  $N_{120} P_{150} K_{300}$  и органических удобрений в дозе 60 т/га принята для поддержания и сохранения почвенного плодородия почв, повышения урожайности культуры. Полученные результаты содержания тяжелых металлов в почвах и растениях картофеля взяты исходные для дальнейшего контроля за аккумуляцией токсикантов.

Главный агроном:

А.А. Соловьев



**ВолгоНИИгипрозем®**

Акционерное общество  
160 Волжский научно – исследовательский и проектно-  
изыскательский институт по землеустройству»  
АО «ВолгоНИИгипрозем»  
Россия, 443063, г. Самара, ул. Ставропольская, 45  
тел. (846) 341-11-43 факс. (846) 999-30-99  
e-mail: volgozem@e-sam.ru  
ИНН 6319097100 КПП 631901001

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

АО «ВолгоНИИгипрозем»

Ахматов Д.А.

10 июля 2020 г.



### СПРАВКА

**о внедрении в производственную деятельность результатов научно-исследовательской работы Черняковой Галины Игнатьевны по теме:  
«Влияние органоминеральной системы удобрений на накопление тяжелых металлов в агроценозах картофеля в условиях степной зоны Среднего Поволжья»**

Результаты исследований Черняковой Г.И., связанные с разработкой агроприемов, способствующих снижению поступления тяжелых металлов из почвы в растения картофеля и получению экологически чистой продукции, на основе изучения взаимодействия агрогенных и природных факторов, определяющих плодородие чернозема обыкновенного на территории степной зоны Среднего Поволжья применялись в АО «ВолгоНИИгипрозем» с 2003 года, при переводе земель сельскохозяйственного назначения в земли иной категории, составлении схем территориального планирования, учитывались при проведении земельно-оценочных и кадастровых работах на территории Самарской области, при разработке проектной документации, оформлении проектов, предпроектов, отчетов:

1. Отчет по государственной кадастровой оценке земель садоводческих объединений Самарской области – 2004г
2. Состав проекта по организации особо охраняемой территории «Муниципальный парк «Самарский» в Кинельском районе Самарской области. – 2005г
3. Разработка адаптивно-ландшафтных систем земледелия Самарской области – 2011г.
4. Комплексное почвенное и оценочно-кадастровое обследование с определением потерь сельскохозяйственного производства, расчетом кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения земельного участка площадью 7,4214,0 га (пашня), принадлежащего ЗАО «Волжские просторы» на

праве собственности, расположенного вблизи пос. Просвет муниципального района Волжский Самарской области с целью изменения разрешенного вида использования с «для сельскохозяйственного производства» на «дачное строительство» - 2012г

5. Проектная документация по объекту: «Орошаемый участок площадью 233 га в ООО «Орловка» - АИЦ под выращивание картофеля в муниципальном районе Похвистневский Самарской области – 2013г.

6. Разработка системы земледелия с элементами организации территории полей на период 2015-2019гг для Ставропольского участка «Печерское» муниципального района Ставропольский Самарской области – 2015г.

Результаты исследований используются при обобщении результатов мониторинга черноземов обыкновенных по основным агрохимическим параметрам, характеризующим закономерности динамики изменения плодородия почв, используемые при кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения, при разработке систем земледелия, при почвенно-мелиоративном исследовании земель для разработки мероприятий по снижению загрязнения почв и растений тяжелыми металлами в результате антропогенной нагрузки, при агроэкологической оценке влияния органоминеральной системы удобрения на урожайность, качество картофеля и транслокацию тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe) в агроценозах и разработке наиболее эффективных приемов по экологически безопасному применению минеральных и органических удобрений, для расчета бездефицитного баланса гумуса, детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

Заместитель генерального директора  
по производству и общим вопросам  
АО «ВолгоНИИгипрозем»



Кирсанов И.Н.

