

*На правах рукописи*

**ЧЕРНЯКОВА ГАЛИНА ИГНАТЬЕВНА**

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

06.01.04 – агрохимия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

Усть-Кинельский – 2020

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО «Самарский ГАУ»)

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук  
**Троц Наталья Михайловна**

Официальные оппоненты: **Аканова Наталья Ивановна**, доктор биологических наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», главный научный сотрудник, руководитель группы известковых удобрений и химической мелиорации

**Новоселов Сергей Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», профессор кафедры общего земледелия, растениеводства, агрохимии и защиты растений

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

Защита диссертации состоится «8» октября 2020 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03. ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» по адресу: 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, тел./факс 8-(846-63)46131.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» и на сайте <http://www.ssaa.ru>

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Троц Наталья Михайловна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В Самарской области картофель является традиционной продовольственной культурой, выращиванием которой заняты предприятия северной, центральной и южной агроэкологических зон области (А. М. Макеева, 2012; М. Б. Лебедь, 2019). Значительную долю в показатели урожайности картофеля региона вносят хозяйства, 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 (Н. А. Черных, 1995; М. М. Овчаренко, 1998; К. Е. Сокаев, 2007; А. А. Устров, 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: Т. А. Иваненко, 2003; А. Я. Федорова, 2007; А. В. Комиссарова, 2010; В. А. Коршунова, 2010; Р. Л. Рахимова, 2011; И. П. Кружилина, 2011; Н. В. Тютюмы, 2012; Н. А. Щербаковой, 2012; С. С. Бочарова, 2013; А. А. Васильева, 2015; А. В. Милехина, 2015, 2016; А. И. Степанова, 2016; Д. А. Андрианова, 2016; А. А. Мушинского, 2016; М. М. Хайбуллина, 2016; И. М. Габбасовой, 2016; Н. Н. Дубенко, 2017 и др.

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.

**Задачи исследования.**

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.

**Объект и предмет исследований.** Объектом исследований являются пахотные почвы степного Заволжья и растения сортового картофеля. Предметом исследований являются агрохимические и агроэкологические показатели состояния почв и выращиваемых на них в специальном севообороте в условиях орошения растений картофеля. Материал исследования – данные локального мониторинга (2003-2011 г.г.) и полевых опытов (2012-2014 г.г.) крестьянско-фермерского хозяйства «Е.П. Цирулев» Приволжского района Самарской области.

**Научная новизна.** На основе длительного мониторинга (2003-2014 г.г.) 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. 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 работы.** 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.

**Методология и методы исследований.** Методология основана на изучении научной литературы отечественных и зарубежных авторов.

Методы исследований теоретические (обработка результатов исследований методами статистического, корреляционного анализа), эмпирические (полевые опыты), графическое и табличное отображение результатов.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Особенности черноземов обыкновенных остаточно-луговатых, связанные с почвенно-климатическими условиями низменного степного Заволжья.
2. Динамика агроэкологических показателей при сельскохозяйственном использовании (на примере выращивания картофеля).
3. Сортовые 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.

**Степень достоверности и апробация 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, лабораторных и полевых

опытов с проведением статистической обработки данных лично автором диссертации.

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 конференции, 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); ХVIV 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).

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

**Реализация результатов исследования.** Результаты исследований прошли производственную проверку и внедрены в крестьянско-фермерском хозяйстве Приволжского района Самарской области «Е.П. Цирулев» на площади 850 га, в АО «ВолгоНИИгипрозем» использовались при проектировании при разработке землеустроительной документации.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 133 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, описания условий и методики проведения исследований, пяти глав, включающих результаты исследований, выводов и рекомендаций сельскохозяйственному производству. Она содержит 44 таблицы, 12 рисунков и 5 приложений. Список литературы составляет 200 источников, в том числе 11 исследований 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, необходимые расчеты и статистическая обработка экспериментальных данных, контроль за формированием урожая и качеством продукции, выводы и предложения по сельскохозяйственному производству осуществлялись лично автором.

Автор диссертации выражает благодарность научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, Наталье Михайловне Троц, сотрудникам АО «ВолгоНИИгипрозем»: кандидату биологических наук Дмитрию Александровичу Ахматову, кандидату сельскохозяйственных наук Оксане Васильевне Горшковой, ведущему инженеру Евгению Александровичу Домовец за консультации,

помощь, рекомендации при проведении исследований, обобщении полученных результатов и при подготовке материалов к публикации. Автор признательна 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.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ 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.

В 2003 году было выполнено полевое почвенное обследование. На исследуемом участке было отобрано 10 почвенных образцов. В 2011-2014 году было отобрано и проанализировано 120 почвенных образцов и 226 растительных образцов. Исследованию подвергались почва, ботва растений, перидерма и паренхима клубней 20 сортов картофеля.

Лабораторные анализы почвенных и растительных образцов проводились 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.

В почвенных образцах определяли содержание гумуса по методу И.В.Тюрина в модификации ЦИНАО в соответствии с ГОСТом 26213-91; pH солевой суспензии в модификации ЦИНАО в соответствии с ГОСТом 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 подвижного фосфора и обменного калия получено разными методами. Для сопоставимости полученные результаты лабораторных анализов по Мачигину пересчитаны по методу Чирикова. Содержание легкогидролизуемого азота в кислотной (0,5N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) вытяжке определяли по Ю.В. Тюрину и М.М. Кононовой в модификации В.Н. Кудеярова.

Был проведен анализ содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов (Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn, Cd, Co) в почвенных пробах и в растительных образцах (ГОСТ 26205-91; ГОСТ 26213-91; ГОСТ 26951-86; ГОСТ 26423-85; Кузнецов А.В. и др., 1992; МУ по определению ТМ..., 1992).

Определение тяжелых металлов в почве проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной и беспламенной атомизацией

(Самохвалов, 1977, Обухов, 1977, РД 52.18, 1988, Методические указания..., 1992). Валовое содержание тяжелых металлов в почвах определяли в вытяжках 5М HNO<sub>3</sub>. Подвижные формы соединений извлекали ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8 (ААБ). Конечное определение элементов проводили пламенным и электротермическим вариантами анализа с применением атомно-абсорбционного спектрофотометра «Спектр 5-4» в пламени ацетилен – воздух.

В качестве фоновых значений тяжелых металлов использовались значения, полученные Н.В. Прохоровой (1998, 2000, 2005, 2006), а также результаты, исследований института «ВолгоНИИгипрозем» в 1991, 2002 г. (Технический отчет..., 1991, 2002).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

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

#### Агрохимические показатели почв производственных плантаций картофеля

В результате проделанных исследований были определены показатели состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения с периодами между обследованиями 1991-2003 г.г. и 2011-2014 г.г., что позволяет выявить динамику основных свойств и признаков почв (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика содержания гумуса в пахотном слое почвы степного Заволжья, %, 1991-2003 г.г.

Почва	Среднее значение, %		Динамика
	1991*	2003	
Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый слабогумусный среднесиловой	3,7	3,4	- 0,3
Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный мощный	4,6	5,1	0,5
Сочетание: 1.Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый малогумусный мощный	4,7	4,5	- 0,2
2.Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный среднесиловой	4,7	4,6	- 0,1
Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый слабогумусный среднесиловой	2,9	2,8	- 0,1
Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный слабогумусный среднесиловой	3,5	3,8	0,3
Чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный малогумусный среднесиловой	4,9	4,4	- 0,5
Луговато-черноземная малогумусная среднесиловая	6,4	5,3	- 1,1

Примечание: \* - по данным института «ВолгоНИИгипрозем»

Наиболее динамичным показателем в пахотном слое является содержание гумуса – основного показателя плодородия почв. 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 содержания гумуса между обследованиями (1991-2003 г.г.), которое колеблется по почвам в границах севооборота от 0,1% до 1,1%.

Почвенный покров исследуемой территории обследования в границах севооборота представлен двумя типами, двумя подтипами и семью почвенными разновидностями. Наибольшее распространение на исследуемом участке получили черноземы обыкновенные остаточно-луговые обычные и карбонатные.

*Черноземы обыкновенные остаточно-луговые* получили распространение на слабоволнистой второй надпойменной террасе р. Волги. Почвообразующими породами для них служат древнеаллювиальные средние суглинки. Содержание гумуса в этих почвах относительно небольшое – 5,0-4,0 %, вниз по профилю убывание гумуса идет постепенно. На глубине 1 м его обнаруживается 1,5 %, что характерно для остаточно-луговых 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.

*Чернозёмы обыкновенные остаточно-луговые карбонатные* приурочены к повышенным частям второй надпойменной террасы. Они, как правило, встречаются в виде пятен среди обычных остаточно-луговых черноземов. Черноземы обыкновенные остаточно-луговые карбонатные имеют в основном среднесуглинистый механический состав. По содержанию гумуса эти черноземы относятся к малогумусным с количеством гумуса при среднесуглинистом механическом составе в горизонтах Апах – 4,3-5,7%. Поглощающий комплекс насыщен кальцием и магнием в отношении 5-7:1, с глубиной вниз по профилю количество магния увеличивается. Реакция почвенной среды слабощелочная, с рН=7,5. Сумма поглощенных оснований – 27,9 мг-экв. на 100 г почвы.

По сравнению с вышеописанными остаточно-луговыми 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  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{HCO}_3^-$  в почвенном растворе, что определяет их слабощелочную реакцию среды.

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.

В августе – сентябре 2011-2014 г.г. было проведено исследование агрохимического состояния почвенного покрова земельных участков, отведенных под выращивание картофеля в условиях орошения.

Средние значения показателей агрохимического состояния почвенного покрова по годам с разделением по видовым признакам на карбонатные (вскипающие с поверхности рН 7,3-7,5) и не карбонатные (вскипание начинается за границей гумусового горизонта с рН 6,2-6,8) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Агрохимические показатели почв степного Заволжья

Год	рН	Гумус, %	Содержание, мг/кг			Потребность в азотных удобрениях
			Подвижный фосфор	Обменный калий	Азот NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
2003	<u>6,8</u> 7,2	<u>4,0</u> 4,6	61 среднее	99 повышенное	не определялось	не определялась
			102 повышенное	163 высокое	не определялось	
2011	<u>6,6</u> 7,5	<u>4,5</u> 3,3	132,6 повышенное	151,1 высокое	20,8 высокое	средняя
2012	<u>6,6</u> 7,5	<u>4,5</u> 3,3	162,3 высокое	150,1 высокое	19,2 среднее	средняя
2013	<u>6,2</u> 7,3	<u>4,9</u> 2,9	192,2 высокое	251,6 очень высокое	13,0 низкое	сильная
2014	<u>6,8</u> 7,3	<u>4,5</u> 3,6	267,8 повышенное	378,7 повышенное	14,1 низкое	сильная

Примечание: в числителе – не карбонатные почвы; в знаменателе – карбонатные почвы.

*Не карбонатные почвы* с точки зрения агрохимического состояния за период ежегодного проведения исследования характеризуются следующими показателями: произошло 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 2003г. в сторону увеличения класса обеспеченности; обеспеченность обменным калием изменилась в сторону увеличения класса обеспеченности.

*Карбонатные почвы*, которые занимают 65% в севообороте, с точки зрения агрохимического состояния за период ежегодного проведения исследования характеризуются следующими показателями: произошло значительное снижение по сравнению с 2003г (4,6 %) и с фондовыми данными (4,0-5,0 %); реакция почвенной среды изменилась в сторону подщелачивания по данным 2003г. рН 7,1-7,4, по данным 2011-2014 г. – рН 7,3-7,5; обеспеченность обменным фосфором осталась без изменения; обеспеченность обменным калием изменилась в сторону уменьшения класса обеспеченности почвы.

Для получения запланированного урожая выращиваемых культур в севообороте необходимо поддерживать бездефицитный баланс питательных веществ. Баланс питательных веществ в севообороте в 2012-2014 г.г. отрицательный. Обеспеченность почв *азотом* характеризуется в 2012 г. как

высокая (5 класс), в последующие 2013 и 2014 г.г. – как низкая (2 класс). При таком плодородии почв не допускается отрицательный баланс, а на исследуемом участке в 2012 г. он составил – 21%, в 2013 г. -17%, а в 2014 г. – 45 % к выносу. Обеспеченность почв подвижным *фосфором* характеризуется в 2012 г. и 2013 г. как высокая, в 2014 г. – как повышенная, при которой не допускается отрицательный баланс, в 2012 г. обеспеченность фосфором составляла – 89%, в 2013г. – 72%, а в 2014 г. – 100% к выносу. Обеспеченность обменным *калием* характеризуется в 2012 г. как средняя, при которой не допускается отрицательный баланс, полученный результат составляет + 42%, однако в последующие 2013 и 2014 г.г. характеризуется как высокая и очень высокая, при которой допускается отрицательный баланс, в 2013 г. полученный результат составлял – 72%, в 2014 г. – 90% к выносу, что выходит за границы допустимого значения: 2013 г. – -50-40% и 2014 г. – -20-40.

Отрицательный баланс питательных элементов при разном плодородии почв обусловлен тем, что в почву не вносится органическое удобрение, что подтверждено отрицательным балансом гумуса в почве.

### **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.

В содержании валовых форм тяжелых металлов в пахотном слое почвы за период 2003 – 2014 г.г. произошли изменения в сторону увеличения: Zn в 1,3 раза и Fe в 2,2 раза, и сторону уменьшения – Pb в 1,1 раза, Cd в 1,7 раза, Mn в 1,2 раза и Cu в 1,2 раза (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание валовых форм тяжелых металлов в пахотном горизонте почвы на участках сортового картофеля, 2003-2014 г.г.

Год исследования	Элемент, мг/кг					
	Pb	Cd	Zn	Mn	Fe	Cu
2003	10,30	0,66	41,40	440,0	10923	14,0
2011	8,90	0,05	48,90	870,1	14648	17,2
2012	8,39	0,37	46,08	311,1	18252	11,8
2013	8,28	0,38	45,67	308,8	18215	11,9
2014	9,85	0,38	54,82	374,4	23581	12,4
Среднее	9,14	0,37	47,37	460,9	17124	13,5
*ФОН	4,20	0,66	25,1	625,1	10923	23,8
ПДК	30,0	2,0	100	1500	-	55,0

Примечание: \* - по данным Н.В.Прохоровой (1997, 1998, 2000, 2003)

По сравнению с фоном среднее содержание валовых форм тяжелых металлов повысилось в 1,9-2,2 раза, кроме Cu, Mn и Cd, содержание которых в исследуемых почвах в динамике снизилось по сравнению с фоновыми в 1,8 раза

Cd и Cu, в 1,6 раза Mn. Снижение уровня валовых форм можно объяснить переводом их в подвижные формы, вымыванием при орошении в нижележащие горизонты, поглощением растениями.

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

Среднее содержание подвижных форм изученных тяжелых металлов не превышает предельно допустимой концентрации (таблица 4).

Таблица 4 – Среднее содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте почвы на участках сортового картофеля, мг/кг

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	0,64	0,043	0,18	12,38	3,36	0,09
*ФОН	0,40	0,037	0,40	35,0	7,67	0,13
Kс	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, 1998, 2000, 2003)

По сравнению с фоном в динамике содержания элементов в период за 4 года отмечены превышения в 1,6 раза по Pb, в 1,2 раза по Cd, остальные изученные элементы не превышают ФОН как в средних значениях, так и по годам исследования.

Расчет коэффициентов концентрации (Kс) показал, что фактическое содержание некоторых элементов превышает их среднее значение. Превышение Kс свинца – 1,6 и кадмия – 1,16, что указывает на их накопление в почве исследуемого участка. По рассчитанным значениям коэффициентов концентрации (Kс) 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).

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

Были изучены особенности химического состава 20 сортов картофеля. Содержание влаги в клубнях картофеля находится в пределах нормы и колеблется от 70,2 % до 78,2 %. При исследовании состава клубней картофеля нами установлено, что содержание влаги варьирует от 71,8 % до 78,8 % в зависимости от сорта картофеля, а в среднем составляет 74,3 %.

Важным показателем качества картофеля является содержание в нем сухого вещества. Основная часть сухого вещества клубней картофеля колеблется от 60 %

до 75 %, содержание крахмала изменяется от 12,3 % до 15,7 % в зависимости от сорта картофеля.

При оценивании химического состава картофеля отмечено небольшое число БЭВ (безазотистых экстрактивных веществ), что связано с невысоким содержанием крахмала. Зольный остаток клубней изученных сортов колеблется от 2,15 % до 6,82 %, тогда как, по литературным данным (Картофель России, 2003), в среднем он составляет от 0,4 до 1,9 %. Клетчатка в клубнях изученных сортов варьирует от 0,81 % до 8,82 % при допустимом значении до 1,1 %. Содержание азота колеблется от 1,74 % до 3,17 %. Значение калия в клубнях варьирует от 2,16 % до 3,84 %. Содержание фосфора колеблется от 0,33 % в клубнях до 0,45 %.

Накопление тяжелых металлов изучалось в ботве, коже (перидерме) и очищенных клубнях (паренхиме) картофеля (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание тяжелых металлов в растениях картофеля, 2011-2014 г.г.

Элемент	Часть растения	Год исследования				Среднее значение		Критич. конц.	ФОН*
		2011	2012	2013	2014	по годам	в растении		
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	645,0	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: \* - по данным Н.В.Прохоровой (1997, 1998, 2000, 2003)

Содержание тяжелых металлов в ботве, коже и очищенных клубнях картофеля в зависимости от периода исследований не превышало установленных норм.

Анализ проб клубней и ботвы выявил определенную закономерность. 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. Среднее значение превышения кадмия фоновых значений выявлено во всех исследуемых сортах в 2,5 раза.

Установлено превышение среднего значения в воздушно-сухой фитомассе картофеля содержания железа над фоном в 1,9 раза, высокотоксичного свинца – в 3,5 раза, кадмия – в 4,9 раза.

При сравнении исследованных частей растения выявлено, что по максимальному количеству накопление тяжелых металлов представлено рядом: надземная часть > перидерма > паренхима клубня. При этом перидерма и запасаящая 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.

В клубне картофеля после удаления перидермы, выявлено снижение всех изученных элементов: железа в 55,8 раза, марганца в 3,7 раза, свинца в 3,4 раза, цинка и меди в 1,54 раза и 1,8 раза, соответственно.

Основная часть поступивших в растения ТМ около (89-59 %) накапливается в ботве, в среднем 8-25 % поступило в паренхиму, и только 1-13 % накапливается в клубнях картофеля. Исключение составляет распределение кадмия, где среднее поступление элемента находится на одном уровне значений и составляет 21 % от общего содержания в растении. В условиях соотношения содержания тяжелых металлов, когда надземная часть > паренхима клубня, выявлено снижение железа в 100 раз и марганца в 40,5 раза, кадмия в 2,75 раза. По результатам исследования установлено, что наземная часть накапливает свинца в 8,86 раза больше, чем клубень картофеля, цинка и меди – в 5,8 и 5,4 раза, соответственно. Результаты исследований содержания изученных элементов в надземной части изученных сортов картофеля показали, что значительные количества накапливает ботва. Накопление в ней изученных тяжелых металлов представлено следующим рядом: Cd > Pb > Cu > Zn > Mn > Fe.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ И ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО**

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

Для поддержания бездефицитного баланса гумуса, исходя из агрохимических анализов объектов опытных участков, был произведен расчет необходимого внесения органических удобрений в виде навоза. 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. Внесение органических удобрений проводили одновременно с нарезкой гребней.

Количество гумуса (кг), получаемого от 1 т навоза, определяли 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, %.

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

Полученная расчетным путем норма внесения под картофель органических удобрений – 15,5 т/га позволяет восстановить баланс гумуса.

В качестве органического удобрения использовался полуперепревший подстилочный навоз. Анализ химического состава навоза показал, что внесение органического удобрения повлияет на дополнительное поступление в почву элементов питания азота, фосфора и калия, и, самое главное в составе навоза отмечено высокое содержание органического вещества, которое восстановит баланс гумуса в почве.

Анализ содержания микроэлементов органического удобрения показал отсутствие превышения ПДК почвы (таблица 6). Присутствие отдельных микроэлементов позволит обогатить почву и улучшить ее микроэлементный состав.

Таблица 6 – Микроэлементный состав полуперепревшего подстилочного навоза

Объект	Элемент, 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 2012-2014 г.г. увеличение дозы навоза способствовало увеличению урожайности картофеля. При дозе внесения органических удобрений 60 т/га выявлена прибавка к урожаю 4,1-5,0 т/га, при 20 т/га она гораздо меньше 1,3-1,4 т/га. Это объясняется тем, что часть внесенного навоза идет на восстановление отрицательного баланса гумуса (15,5) т/га и только 0,5 т/га остается на создание прибавки к урожаю.

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

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

На опытных делянках с внесением органического удобрения отмечается повышение содержания влаги, небольшое число БЭВ, что связано в большей

степени с невысоким содержанием крахмала, входящего в состав клубней картофеля.

Содержание крахмала в клубнях картофеля в зависимости от сорта и варианта опыта колеблется от 13,5 % до 17,7 %.

Наибольшее содержание клетчатки установлено на учетных площадках с дозой внесения навоза 60 т/га от (4,03 % до 4,98 %), содержание сухого вещества (менее 22%) как низкое отмечено во всех вариантах опыта.

Клубни изученных сортов обладают повышенным содержанием сахара в контрольных образцах (12,96-14,40 г), с незначительным уменьшением до 12,57-13,08 г на участках с внесением органических удобрений 60 т/га.

Содержание азота, фосфора и калия колеблется от 2,20 % до 3,07 % на контрольных участках, что является допустимым значением. На участках с вариантами опыта при внесении доз органических удобрений содержание азота не превысило допустимое значение и составляет от 2,25% до 2,35%. Значение калия варьирует от 2,06 % до 2,93 %, при норме – до 4,2 %. Содержание фосфора колеблется незначительно: от 0,31 % до 0,46 %, без определенной закономерности, однако не превышает норму.

Внесение органического удобрения на исследуемых участках привело к заметному снижению содержания в почве ТМ: Cd – в 1,4 раза; Cu – в 1,1-1,2 раза; Fe – в 1,1 раза по отношению к контролю. Максимальное снижение при внесении в почву органических удобрений произошло в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  навоз 60 т/га под обоими сортами.

Валовое содержание ТМ превышает фон во всех вариантах опыта: Pb – в 2,1-2,3 раза, Zn – в 1,6-2,2 раза, Fe – в 1,5-1,9 раза. Содержание подвижных форм изученных ТМ в почве (их среднее значение) не превышает ПДК. Подвижность элементов неодинакова и колеблется в зависимости от варианта опыта.

Наибольший процент содержания подвижных форм ТМ от валового содержания колеблется от 11 % до 17,7 % у Cd в зависимости от сорта и варианта опыта. Содержание подвижных форм Cu, Zn и Fe от валового содержания составляет менее 1%.

Содержание тяжелых металлов в изученных сортах и вариантах опытов не превышает фитотоксичную и критическую концентрации. Максимальное количество металлов накапливает надземная часть, меньше – перидерма клубня и паренхима клубня. Перидерма и запасующая 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.

Нормальная концентрация превышена в ботве по свинцу и железу во всех вариантах опыта: по свинцу – в 2,1-2,5 раза и по железу – в 9-9,5 раза на контрольном участке  $N_{120} P_{150} K_{300}$ ; в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  навоз 20 т/га по свинцу – в 2,9-3,5 раза, по железу в 9,9-10,5 раза; в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  навоз 60 т/га по свинцу – в 4,33-4,80 раза и по железу – в 11,0-11,6 раза. Нормальная концентрация превышена в клубнях: в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  навоз 20 т/га по свинцу – в 1,8 раза; в варианте опыта  $N_{120} P_{150} K_{300} +$  навоз 60 т/га

по свинцу – в 2,5-4,1 раза, а на контрольном участке  $N_{120} P_{150} K_{300}$  превышение не выявлено.

Превышение содержания ТМ над фоном выявлено в ботве во всех вариантах опыта: свинца – в 3,75-8,6 раза, кадмия – в 4,3-7,3 раза и железа – в 6,7-8,6 раза, а в вариантах опыта с внесением навоза установлено еще превышение марганца в 2,2-2,4 раза. Не выявлено превышение над фоном в ботве по меди и цинку. В клубнях не выявлено превышение над фоном по меди, цинку, марганцу, железу, по свинцу – только на контрольном участке, а по кадмию – в варианте 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. Полученные КБП как в ботве, так и в клубнях по степени интенсивности относятся к группе «захвата», однако в ботве во всех вариантах опыта согласно градации они являются элементами слабого поглощения и среднего захвата и содержатся в концентрациях, характеризующихся как нормальные

В клубнях картофеля, судя по КБП во всех вариантах опыта Cd, Cu, Zn являются элементами слабого и среднего захвата, а Mn, Fe – элементами очень слабого захвата. Степень интенсивности поглощения свинца клубнями картофеля позволяет отнести элемент к группе «захвата».

Оценкой количества тяжелых металлов, перешедших из почвы в растения, является коэффициент накопления (Кн). 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 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. Анализ рассчитанных Кн показал, что во всех вариантах опыта наиболее интенсивно в изучаемые части растений в ботву поступает Zn: Кн=41,56-74,41, Cu: Кн=17,25- 75,73, Fe: Кн=642,4-2074,12. Наиболее интенсивно в клубни поступает Zn и Cu с вариацией значений К=3,37-42,24 и Кн=4,0-8,29 соответственно. 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 (Кп). Клубни картофеля накапливают меньше токсичных элементов, чем ботва. Расчет коэффициента перехода показал, что в надземные органы картофеля преимущественно переходят медь, цинк и кадмий. Высокотоксичный свинец активно проявляет себя и интенсивно переходит в надземную часть в вариантах опыта с внесением различных доз органических удобрений и максимальным переходом в варианте  $N_{120} P_{150} K_{300}$  +навоз 60 т/га.

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

## Расчет экономической эффективности применения органических удобрений

Для расчета экономической эффективности применения удобрений использовали два показателя: чистый доход и рентабельность. Чистый доход (Чд) 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 – 1 т 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.

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.

Достаточно высокая рентабельность (24-48 %) получена при внесении органических удобрений при дозе 60т/га.

## 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 остаточного - 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 перерых 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 содержания происходит у Fe – в 100 раз и у Mn – в 40,5 раза, минимальное у Cd – в 2,75 раза. Выявлено, что наземная часть накапливает больше, чем клубень картофеля, Pb – в 8,86 раза, Zn – в 5,8 раза, Cu – в 5,4 раза.

4. Установлено, что внесение органических удобрений способствует снижению содержания ТМ в почве в вариантах опыта  $N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 20 т/га и  $N_{120}P_{150}K_{300}$ +навоз 60 т/га: Cd – в 1,2-1,4 раза; Cu – в 1,1-1,2 раза; Pb, Zn, Mn и Fe – в 1,1 раза по сравнению с контролем.

Увеличение дозы навоза способствовало повышению урожайности картофеля в вариантах опыта:  $N_{120}P_{150}K_{300}$  + навоз 20 т/га на 1,3 – 1,4 т/га;  $N_{120}P_{150}K_{300}$  + навоз 60 т/га на 4,1-5,0 т/га.

5. Разработана расчетным путем доза внесения минеральных удобрений  $N_{120}P_{150}K_{300}$  по д.в., обеспечивающая переход от отрицательного баланса питательных веществ в севообороте (азот – 45%, фосфор – 100%, калий – 90%) к положительному. Норма внесения органических удобрений составляет 15,5 т/га (минимальная доза), что позволяет создать бездефицитный баланс гумуса. Наиболее эффективная доза органических удобрений (60 т/га) обеспечивает получение достоверной прибавки урожая клубней.

6. Внесение органических удобрений в дозе 20 и 60 т/га обеспечивает получение прибавки урожая клубней у сорта Ароза – 2,1 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ В рецензируемых изданиях:**

1. Чернякова, Г. И. Экологическая устойчивость в посевах основных групп сельскохозяйственных культур в Самарской области / Н. М. Троц, Г. И. Чернякова, С. В. Ишкова, А. В. Батманов // Аграрная Россия. – 2017. – № 5 – С. 38-44.
2. Чернякова, Г. И. Влияние латерального и радиального распределения металлов в почвах агроландшафтов Самарской области / Н. М. Троц, Н. В. Прохорова, Г. И. Чернякова, С. В. Ишкова // Аграрная Россия. – 2017. – № 10. – С. 24-33.
3. Чернякова, Г. И. Эффективность применения органоминеральной системы удобрений с целью инактивации тяжелых металлов при выращивании картофеля в степной зоне Самарского Заволжья / Г. И. Чернякова, Н. М. Троц, Я. В. Костин // Известия Самарской ГСХА. – 2020. – № 2. – С. 27 – 34.

#### **Монография:**

4. Чернякова, Г. И. Тяжелые металлы в агроландшафтах Самарской области / Н. М. Троц, Н. В. Прохорова, В. Б. Троц, Д. А. Ахматов, Г. И. Чернякова, О. В. Горшкова, Д. В. Виноградов, Я. В. Костин // Кинель: РИО Самарской ГСХА, 2018. – 220 с.

#### **В других изданиях:**

5. Чернякова, Г. И. Экологическая оценка качества перспективных сортов картофеля, выращиваемого в южной зоне Самарской области / А. И. Черняков, Н. М. Троц, Г. И. Чернякова / Материалы Международной научно-практической конференции «Вклад молодых ученых в аграрную науку». – Кинель: Изд - во Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2016. – С. 7-9.
6. Чернякова, Г. И. Рекультивация нефтешламового амбара / Н. М. Троц, Г. И. Чернякова, О. В. Горшкова / Материалы V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. – Краснодар, 2017. – С. 624-627.
7. Чернякова, Г. И. Кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Самарской области / Г. И. Чернякова, О. В. Горшкова, Н. М. Троц / Материалы Международной научно-технической интернет-конференции / под общей редакцией И.А.Басовой: сборник научных трудов. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017 г. – С. 3-10.
8. Чернякова, Г. И. Экологическая устойчивость в посевах основных групп сельскохозяйственных культур в Самарской области / Н. М. Троц, Д. А. Ахматов, Г. И. Чернякова / Материалы Всероссийской научно- практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Заслуженного агронома РФ К. И. Карповича. – Ульяновск: УлГТУ, 2016. – С. 383-387.
9. Чернякова, Г. И. Сельскохозяйственная рекультивация антропогенно нарушенных земель Сыртового Заволжья / Н. М. Троц, О. В. Горшкова, Г. И. Чернякова / Материалы Международной научно – практической конференции «Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий». – Рязань, 2019. – С.472-475.
10. Чернякова, Г. И. Аккумуляция тяжелых металлов горохом при применении биологически активных веществ в лесостепи Поволжья / Н. М. Троц, М. Н. Сергеева, Г. И. Чернякова, О. В. Горшкова / Материалы Национальной

научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ельчаниновой Надежды Николаевны / сборник научных трудов. // Кинель: РИО Самарской ГСХА, 2019. – С. 88-92.

11. Чернякова, Г. И. Динамика агрохимических показателей техногенно-нарушенных черноземов лесостепи Заволжья / Н. М. Троц, Г. И. Чернякова, О. В. Горшкова / Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные достижения науки и техники АПК» // Кинель: РИО Самарской ГСХА, 2019. – С. 91-94.

12. Чернякова, Г. И. Агроэкологический анализ интродуцированных сортов картофеля, возделываемых в условиях степной зоны Самарского Заволжья / Н. М. Троц, Г. И. Чернякова, А. А. Пахомов / Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные достижения науки и техники АПК» // Кинель: РИО Самарской ГСХА, 2019. – С. 91-94.

13. Чернякова, Г. И. Мониторинг состояния плодородия почв степной зоны Самарской области / Н. М. Троц, Г. И. Чернякова / IV Международная научно-практическая конференция «Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий», 9 апреля, 2020, г. Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ). – Рязань: Издательство ИП Жуков В. Ю., 2020. – С. 487-490.

14. Чернякова, Г. И. Оценка качественного состояния почвы после аварии напорного нефтепровода / Н. М. Троц, Г. И. Чернякова, О. В. Горшкова, Л. В. Троц / XVI Международная научно-техническая конференция «Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020)» : материалы XVI Международной научно-технической конференции : в 2 т. / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : РИК УГАТУ, 2020. – С. 245-248.

15. Чернякова, Г. И. Агроэкологическая оценка потенциала почвенного ресурса для формирования урожая картофеля в степной зоне Самарской области / Н. М. Троц, Г. И. Чернякова / Теория и практика современной аграрной науки: Сб. III национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием (г. Новосибирск, 28 февраля 2020 г.): Т.1 / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. – С. 573 - 578.

ЛР №020444 от 10.03.98 г.

Подписано в печать 28.07.2020

Формат 60×84 1/16. Печ.л.1,05

Заказ № 234 Тираж 100 экз.

*Редакционно-издательский центр Самарский ГАУ*

446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский,  
ул. Учебная, 2

Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47 Факс 46-2-44, E-mail: ssaariz@mail.ru