

На правах рукописи

ТРОЦ НАТАЛЬЯ МИХАЙЛОВНА

**ТРАНСЛОКАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АГРОЛАНДШАФТАХ
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ
ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Усть-Кинельский – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО «Самарская ГСХА»)

Научный консультант: доктор биологических наук, профессор
Прохорова Наталья Владимировна

Официальные оппоненты: **Аканова Наталья Ивановна**, доктор биологических наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии», главный научный сотрудник

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

Никитин Сергей Николаевич,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ», зам. директора по научной работе

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

Защита диссертации состоится «25» сентября 2018 года в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03. ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия» 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 «Самарская государственная сельскохозяйственная академия» и на сайте <http://www.ssaa.ru>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2018 г.

**Ученый секретарь
диссертационного совета**

Зудилин Сергей Николаевич

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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

Обследования показали, что большая часть площади сельхозугодий области (более 28 млн. га или 73% территории) в той или иной мере подвержена техногенной трансформации (Ахматов, 2014).

Одной из причин деградации сельскохозяйственных земель является их загрязнение поллютантами различной природы, в том числе тяжелыми металлами, повышенные концентрации которых негативно влияют на рост и развитие сельскохозяйственных культур, существенно снижают качество продукции растениеводства (Гордеев, Романенко, 2008). Это определяет актуальность проведения постоянного фитосанитарного контроля над содержанием тяжелых металлов в почве и продукции растениеводства, а его результаты служат одним из важнейших параметров устойчивости агроценозов. Детальное изучение содержания тяжелых металлов в почвенном покрове Самарской области позволило установить региональные фоновые значения для их валовых и подвижных форм (Матвеев, 1997), но с тех пор прошло достаточно много времени, существенно изменились параметры техногенеза и агротехнические приемы возделывания сельскохозяйственных земель. Радиальное распределение тяжелых металлов в почвах сельхозугодий в Самарской области ранее изучалось лишь эпизодически, что не позволяет оценить связь такого распределения с особенностями основных типов и подтипов почв региона.

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

Степень разработанности проблемы. Изучение особенностей распределения тяжелых металлов в почвенном и растительном покрове Самарской области проводится с 1972 года.

Региональный материал эколого-биогеохимических исследований накапливался в Самарской области с 70-х годов XX века. Лабораторией Поволжского УГКС анализируется содержание тяжелых металлов в природных средах. С конца 80-х годов XX века в экосистемах Русской равнины и Приволжской возвышенности на территории Самарской области исследования проводились сотрудниками МГУ и Пущинского научного центра РАН (Н.С. Касимов, 1995, О.А. Самонова, 1992, В.П. Учватов, 1997).

Химический состав почв региона детально исследован специалистами НИИ Волгогипрозем (Г.Г. Лобов, 1985). Сотрудниками института Волжского

бассейна РАН изучается загрязнение природных вод и донных отложений тяжелыми металлами (Г.С. Розенберг, 1995, 2010; В.А. Селезнев, К.В. Беспалова, 2014, 2015).

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).

Цель и задачи исследований. Цель работы – выявление основных закономерностей процессов транслокации тяжелых металлов в агроландшафтах Самарской области, экспериментальная оценка и апробация научно обоснованных приемов снижения доступности элементов – загрязнителей в системе почва – растения.

Поставленная цель определила следующие задачи:

- изучить агрохимические показатели почвы и их влияние на миграцию тяжелых металлов в компонентах агроценозов;
- выявить уровни содержания тяжелых металлов в основных типах почв природных провинций, дать оценку современного состояния экологической ситуации в агроэкосистемах Самарской области;
- оценить влияние объектов нефтедобычи на почвы сельскохозяйственного назначения;
- оценить особенности поступления тяжелых металлов в растения в зависимости от накопления их в почве;
- изучить накопление тяжелых металлов видами и сортами сельскохозяйственных растений в зависимости от условий произрастания;
- выявить эффективность различных агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур, направленных на минимизацию накопления тяжелых металлов в продукции растениеводства;
- изучить влияние природных и искусственных детоксикантов на аккумуляцию тяжелых металлов в почве и растениях, экологическую безопасность и биологическую полноценность растительной продукции.

Научная новизна исследований. Впервые на основании проведенных комплексных исследований определены научные основы накопления тяжелых металлов в почвах и сельскохозяйственных культурах агроландшафтов региона.

Показано, что видовая и сортовая специфика уровня накопления тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами может служить основой для подбора культур и сортов, устойчивых к накоплению токсикантов в конкретных почвенно-экологических условиях.

Установлены количественные показатели поступления в растения и выноса тяжелых металлов из почвы для оценки конкретной экологической обстановки в агроэкосистемах, позволяющие прогнозировать их подвижность в почве и содержание в растениях.

Выявлена возможность использования природных адсорбентов, биологически активных веществ, минеральных удобрений в качестве инактиваторов тяжелых металлов и разработаны приемы их использования.

Определен уровень накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах в зависимости от их валовых и подвижных форм в почве, агроэкологических условий произрастания.

Подтверждено негативное влияние объектов нефтедобычи на почвы сельскохозяйственных угодий.

Предложены научно обоснованные приёмы по ликвидации негативных последствий антропогенного воздействия на агроландшафты, загрязненные тяжелыми металлами.

Теоретическая и практическая значимость работы. Научные результаты, полученные автором в ходе подготовки диссертационной работы, вносят существенный вклад в развитие теоретических представлений об агрохимическом состоянии земель сельскохозяйственного назначения в Самарской области. Особо значимы данные, отражающие уровни накопления и распределения тяжелых металлов в почвах региональных агроландшафтов в зависимости от природно-климатических и техногенных условий, а также количественная оценка накопления тяжелых металлов в основных сельскохозяйственных культурах и новых перспективных сортах земляники садовой.

Результаты работы значительно расширяют научные представления о поведении тяжелых металлов в агроландшафтах региона, о роли различных агротехнических приемов в снижении биоаккумуляции наиболее токсичных металлов в продукции растениеводства.

В работе также представлено научное обоснование закономерностей накопления тяжелых металлов в почвах и сельскохозяйственных растениях с позиций географических и агроэкологических особенностей агроландшафтов Самарской области. Полученные результаты расширяют базу региональных данных экспериментальной информации по количественной оценке содержания тяжелых металлов в почвах и растениях агроландшафтов.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке мероприятий по ведению сельскохозяйственного производства в условиях техногенного загрязнения агроландшафтов, для прогнозирования поведения тяжелых металлов в системе почва – растения при ведении растениеводства и овощеводства в условиях техногенного загрязнения агроценозов.

Результаты диссертационного исследования позволяют прогнозировать получение экологически безопасной продукции растениеводства на основе данных о современном уровне содержания металлов в почвах, свойствах этих почв, специфике биоаккумуляции металлов разными видами и сортами сельскохозяйственных растений в разных природных условиях, влиянии агротехнических приемов на процессы металлоаккумуляции в сельскохозяйственных почвах и растениях.

Выявленная видовая и сортовая специфика уровня накопления тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами может служить основой для подбора культур и сортов, устойчивых к накоплению токсикантов в конкретных почвенно-экологических условиях.

Материалы диссертационных исследований легли в основу разработки мероприятий восстановления почв сельскохозяйственного назначения, переданных во временное пользование под объекты нефтедобычи.

Результаты исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

Методология и методы исследований. Изучены особенности аккумуляции тяжелых металлов в агроландшафтах Самарской области в зависимости от географического расположения, агроклиматических условий и вида сельскохозяйственных угодий. Материалом для исследований являлись образцы почв, сельскохозяйственных культур и дикорастущих растений. Эксперименты проводились в полевых и лабораторных условиях в период с 1998 по 2015 годы. Постановка эксперимента осуществлялась на основании анализа научной литературы по изучаемому вопросу. В ходе эксперимента выполнялся отбор почвенных и растительных проб с их последующим анализом. Все исследования проводились с использованием традиционных и современных методов, количественные данные были подвергнуты статистической обработке.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Анализ и оценка состояния плодородия почв агроландшафтов Самарской области.
2. Уровень валовых концентраций и содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах агроландшафтов.
3. Влияние агроэкологических условий произрастания на аккумуляцию тяжелых металлов основными сельскохозяйственными культурами.
4. Приемы инактивации тяжелых металлов в почвах и растительной продукции.

Степень достоверности и апробация результатов. Исследования проведены на достаточном по численности материале согласно установленному плану исследований. Исследования проводились при строгом соблюдении методик и статистических приемов обработки данных. Основные результаты исследований доложены и представлены в материалах региональных, всероссийских, международных научно-практических конференций: VI Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде» (Республика Казахстан, г. Семей, 2010); Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 115-летию Т.С. Мальцева «Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи» (г. Курган, 2010); Всероссийской научно-практической конференции «Особенности развития агропромышленного комплекса на современном этапе» (г. Уфа, 2010); Международной научно-практической конференции «Инновационные процессы в АПК» (г. Москва, РУДН, 2010); Международных и региональных научно-практических конференциях Самарской ГСХА (г. Кинель, 2009, 2011, 2016, 2017); Международной научно-практической конференции «Евразийская интеграция: роль науки и образования в реализации инновационных программ» (г. Уральск, 2012); Региональной научно-практической конференции молодых ученых «Перспективы развития АПК в работах молодых

ученых» (г. Тюмень, 2014); Международной научно-практической конференции «Настоящи исследования и развитие – 2014» (г. София, 2014); X Международной научно-практической конференции молодых ученых «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» (г. Великие Луки, 2015); Международных научно-практических конференциях «Коняевские чтения V», «Коняевские чтения IV» (г. Екатеринбург, 2016, 2017); Международной научно-технической интернет-конференции «Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов» (г. Тула, 2016); Международных и всероссийских научно-практических конференциях Ульяновского ГАУ (г. Ульяновск, 2016, 2017); Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства» (г. Краснодар, 2017); Национальной научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития лесного хозяйства» (г. Омск, 2017); Международной научно-практической конференции «Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий» (г. Рязань, 2018).

Личный вклад автора. Многолетние научные исследования выполнялись автором лично на всех этапах научной работы, а именно: закладка, проведение полевых, вегетационных и лабораторных опытов, химический анализ объектов изучения, обобщение полученных экспериментальных данных, их статистическая обработка, подготовка отчетов и публикаций.

Автор выражает искреннюю благодарность научному консультанту доктору биологических наук, профессору Наталье Владимировне Прохоровой за консультации, помощь, рекомендации при проведении исследований, обобщении полученных результатов и при подготовке материалов публикациям. Научная работа велась совместно с аспирантами кафедры «Химия и защита растений» ФГБОУ ВО «Самарская ГСХА»: Дмитрием Александровичем Ахматовым, Светланой Витальевной Ишковой, Андреем Васильевичем Батмановым, Оксаной Васильевной Горшковой, Алексеем Ивановичем Черняковым, Марией Николаевной Сергеевой, в тесном сотрудничестве с руководителем отдела № 5 ОАО «ВолгоНИИгипрозем» Галиной Игнатьевной Черняковой.

Автор признательна сотрудникам ФГБУ «Станция агрохимической службы «Самарская» 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, руководителю ЗАО «Бобровское» Кинельского района Владимиру Викторовичу Игонину за помощь в проведении полевых исследований.

Публикация результатов исследований. По материалам исследований опубликовано 64 работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 58 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликована 31 работа, 2 работы в журналах, включенных в Международную базу цитирования Scopus.

Объем и структура диссертации. Работа изложена на 337 страницах компьютерного набора, состоит из введения, обзора литературы, материалов и

методов исследований, результатов исследований, заключения, списка литературы и приложений. Содержит 84 таблицы, 8 рисунков, 2 приложения. Библиографический список включает 560 источников, в том числе 69 на иностранном языке.

2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для решения поставленных задач автором в 2003-2015 гг. были проведены исследования основных типов и подтипов почв, сельскохозяйственных и дикорастущих растений агроландшафтов Самарской области.

В 2011-2013 гг. проведено изучение транслокации тяжелых металлов в почвах при различном использовании сельскохозяйственных земель:

- кормовые угодья (пастбище и сенокос);
- интенсивно используемая пашня;
- пар;
- длительная залежь;
- лесная полоса.

Обследованы следующие агроландшафты Самарской области:

1. Среднерусская провинция:

а) Приволжская возвышенность:

- Сызранский район;

2. Предуральская провинция:

а) лесостепь Высокого Заволжья:

- северо-восточная часть - Шенталинский район;
- юго-западная часть - Кинельский район;

б) Прикондурчинская лесостепь - Кошкинский район;

в) Низменное лесостепное Заволжье - север Ставропольского района;

3. Заволжская провинция:

а) Переходная степная полоса Заволжья (междуречье Кинель - Самара) - Кинель-Черкасский район;

б) Низменное Степное Заволжье - Волжский и Безенчукский район;

в) Сыртовая степь Заволжья - Нефтегорский район;

г) Сухая степь сыртового Заволжья - Большечерниговский район.

В каждом районе в 2011 году были выбраны участки пашни, пастбищ и лесополос на одной почвенной разности. Всего было заложено 83 пробные площади, с которых отобрано 115 проб почв и 178 растительных образцов в 2011г., 78 проб почв и 88 растительных образцов в 2012 г. (ГОСТ 17.4.4.02-84; МУ по проведению комплексного мониторинга..., 2003; Флоринский и др., 1994).

На пахотных угодьях были собраны образцы сельскохозяйственных растений: пшеницы озимой, кукурузы сахарной, подсолнечника полевого, проса обыкновенного, чечевицы посевной, нута (бараний горох), вики посевной, козлятника восточного, эспарцета посевного, на пастбище были выявлены и отобраны доминантные виды растений в фитоценозе (ковыль перистый, костер

безостый, житняк гребневидный). В лесополосе с вяза мелколистного была снята листва и взят опад.

Видовая принадлежность растений устанавливалась по следующим определителям: «Флора Европейской части СССР» (1974-1979), «Злаки СССР» (Цвелев, 1976), П. Ф. Маевский, 2006.

В 2008-2010 гг. исследовались агроландшафты наиболее полно отражающие зональные природные особенности Самарского Заволжья по рельефу, типу почв, почвообразующим породам, химизму грунтовых вод, а также по виду сельскохозяйственного использования (севообороты, обработка почвы, предшественники, культуры и т.д.): в Северной зоне – Камышлинский; в Центральной – Кинельский; в Южной – Большеглушицкий муниципальных районов.

В агроландшафтах выделяли элементарные ландшафты, в которых закладывали стационарные пробные площади для отбора образцов сельскохозяйственных растений и почвы.

Параллельно в 2008-2010 гг. на опытном поле Фонда сельскохозяйственного обучения (ФСО) ФГБОУ ВО Самарская ГСХА проводились эксперименты по изучению влияния различных систем обработки почвы на характер локализации тяжелых металлов в пахотном горизонте и растениях озимой и яровой пшеницы и ячменя. Опыт предусматривал три варианта основной обработки почвы: 1 – прямой посев (без обработки); 2 – поверхностная обработка (14-16 см); 3 – отвальная вспашка (25-27 см). Исследования начаты с третьей ротации четырехпольного стационарного севооборота, т.е. через 8 лет после закладки опыта. В указанный период также на опытном поле ФСО ФГБОУ ВО Самарская ГСХА изучалось действие минеральных удобрений на аккумуляцию и мобильность тяжелых металлов в почве и основных сельскохозяйственных культурах. Опыт предусматривал 2 уровня минерального питания растений: 1 – контроль (без удобрений); 2 – внесение расчетных доз NPK. Нормы удобрений распределялись следующим образом: яровая пшеница – $N_{60}P_{60}K_{60}$; ячмень, овес – $N_{45}P_{45}K_{20}$; просо – $N_{30}P_{40}K_{40}$; горох – $N_{10}P_{60}K_{60}$, гречиха – $N_{45}P_{60}K_{60}$. Система их применения предусматривала основное внесение, предпосевное и подкормки. Из азотных удобрений применялась мочевины – $CO(NH_2)_2$ (N – 46%), фосфорных – суперфосфат двойной – $Ca(H_2PO_4)_2$ (P – 45%), калийных – хлористый калий – KCl (K – 62%). Для подкормок использовался нитроаммофос – $NH_4H_2PO_4 + (NH_4)_2HPO_4$ (N – 23%, P – 23%). Опыты закладывались в соответствии с существующей методикой (Доспехов, 1985; Головатый и др., 2009; Ильясов и др., 2010).

В 2003 году на участке производственной плантации земляники садовой площадью 13,5 г было выполнено полевое почвенное обследование. В качестве фонового принято содержание валовых форм тяжелых металлов, установленное ранее для почв Приволжского района Самарской области (Прохорова, 2000).

В 2008 году были отобраны образцы надземной фитомассы земляники садовой сортов Эльсанта, Хоней, Мармолада и образцы почвы прикорневой сферы соответствующих растений для выявления причин их различного состо-

яния. В 2009 году был проанализирован химический состав надземной фитомассы земляники и почвенных образцов с ягодной плантации.

В 2010 года были отобраны образцы почв с описываемого участка и проведен их агрохимический и химический анализ. В 2010 были заложены плантации рассадой «фриго» стандарт А (диаметр рожка 8-12 мм). Применялась четырехстрочная система выращивания на мульчирующей пленке с плотностью посадки 80 тыс. растений на гектаре в сочетании с капельным поливом.

В 2011-2013 гг были заложены пробные площадки на сортовых участках земляники.

Параллельно в 2011-2013 гг проводился эксперимент по изучению эффективности использования опал-кристобалитовой породы (опоки) в сочетании с минеральными удобрениями на аккумуляцию тяжелых металлов (кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, хрома, железа) земляникой садовой сортов Хоней и Эльсанта. Изучение эффективности опоки и ее смеси с минеральными подкормками проводилось в трехкратной повторности по схеме: I-контроль, II-минеральные подкормки «Абиго-Пик», «Феррелин», «Brexil Zn», «Brexil Mn», III-минеральные подкормки «Абиго-Пик», «Феррелин», «Brexil Zn», «Brexil Mn» + опока. Опока вносилась в количестве 50 кг/га однократно при предпосевной обработке почвы.

Изучение влияния сортовых особенностей картофеля на накопление тяжелых металлов проводили в сентябре 2011-2012 гг. на полях крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ), расположенного в Приволжском районе Самарской области. В растении отделялась ботва от клубней, которые отмывались в дистиллированной воде. От основного вещества клубня (паренхимы) отделялась перидерма. Для исследований было отобрано 14 сортов картофеля: Витесса элита, Розара суперэлита, Романо, Витессе, Розара, Колетте, Спринт элита, Лиани, Наташа, Розалинд, Ланорма, Роко, Винетта, Родрига.

Образцы почв отбирались в трехкратной повторности сопряжено с пробами растений. Проанализировано 90 почвенных образцов и 42 растительных образца.

Исследования воздействия природных адсорбентов и биологически активных препаратов на мобильность тяжелых металлов проводились в 2013-2015 гг. на полях хозяйства ЗАО «Бобровское» Кинельского района, расположенного в центральной агроклиматической зоне Самарской области, имеющего типичные, характерные для конкретной агроклиматической зоны почвенные и погодные условия, рельеф и режим увлажнения. Территория имела выровненный микрорельеф. Почва участка – чернозём обыкновенный среднесуглинистый с содержанием гумуса 5,2% и мощностью гумусового горизонта до 50-60 см. Концентрация легкогидролизуемого азота в пахотном горизонте равнялась 4,5 мг, подвижного фосфора – 16,0 мг и обменного калия – 18,4 мг на 100 г почвы. Реакция почвенной среды и раствора равна pH 7,1.

Объектом исследований являлись растения сои районированного в области сорта Самер 3, семена которых перед посевом обрабатывались биологическими препаратами Агрика, Ризоторфин, Гумариз.

Параллельно в этом же хозяйстве закладывался опыт по изучению действия природных адсорбентов. Согласно схеме опыта в первом (контрольном) варианте внесение природных адсорбентов не проводилось. Во втором варианте перед посевом вносили опоку в дозе 50 кг/га, в третьем – навоз (40 т/га), в четвертом – древесный уголь. Уголь вносился в дозе 30-40 % от массы плодородного слоя, использовалась фракция 10-40 мм. На всех вариантах проводились глубокая (адсорбенты вносились перед посевом на глубину 30 см) и нулевая обработки почвы (адсорбенты разбрасывались по поверхности почвы).

Площадь делянок – 450 м², учетная 400 м² повторность – трехкратная, размещение вариантов систематическое. Все варианты размещались на удобренном фоне. Расчетные дозы (N₆₀P₄₅K₃₀) вносились на планируемый урожай зерна 3,0 т с 1 га.

В 2011-2013 гг. изучалось состояние почв сельскохозяйственных угодий, переданных во временное пользование под нефтедобычу в трех агроэкологических зонах области – Северной, Центральной и Южной.

В северной агроэкологической зоне в 2011 г. исследования проводились на территории Смагинского месторождения в границах Шенталинского района Самарской области. По природно-сельскохозяйственному районированию страны исследуемая территория относится к Предуральской провинции лесостепной зоны. Территория расположена в основном на водоразделе рек и представлена вершинами, покатыми и крутыми склонами, сильно пересеченными оврагами и балками (Лобов, 1985, Природно-хозяйственная характеристика..., 1980).

Почвы участка – чернозем выщелоченный, характеризующийся высоким баллом бонитета (76), и чернозем типичный - средним значением (49). Климат района расположения участка исследования умеренно-континентальный, находится в первом агроклиматическом районе, который характеризуется повышенным увлажнением (Почвы земледелия, 1976).

Образцы почвы отбирались на участке, испытывающем влияние нефтедобывающих скважин Смагинского месторождения и установки предварительного сброса вод (УПСВ) «Смагинская». Проведен агрохимический анализ, определено содержание нефтепродуктов и тяжелых металлов цинка, меди, кобальта (Zn, Cu, Co) в 28 почвенных образцах.

В Центральной агроэкологической зоне исследования проводились на Михайловско-Кохановском месторождении, территориально расположенном в границах Кинель-Черкасского и Борского района Самарской области. Территория находится в зоне умеренно континентального климата и относится к III агроклиматическому району с пониженным увлажнением.

Место отбора образцов почвы было поделено на 3 участка: Юго-Восточная часть Кинель-Черкасского района, Восточная часть Борского района, Восточная часть Кинель-Черкасского района. Территория Восточной части Кинель-Черкасского района расположена в переходной полосе степного Заволжья на водоразделе рек Малый Кинель и Кутулук. В процессе полевого обследования заложено 23 контрольных разреза и отобрано 26 образцов почв для анализа.

Совместно со специалистами хозяйства уточнены и выявлены земельные участки с антропогенно измененными почвами:

- переувлажненные, вызывающие задержку обработки – 54 га;
- загрязненные нефтью – 1 га.

Территория Восточной части Борского района представляет собой волнистую равнину, расчлененную долиной реки Кутулук и овражно-балочной сетью. В процессе полевого обследования заложено 13 контрольных разрезов и отобрано 18 образцов почв для анализа. Совместно со специалистами хозяйства уточнены и выявлены земельные участки с антропогенно измененными почвами:

- переувлажненные, вызывающие задержку обработки – 56 га;
- загрязненные нефтью – 6 га.

Территория Юго-Восточной части Кинель-Черкасского района относится к переходной степной полосе Заволжья и расположена на междуречье Большой Кинель-Кутулук: в процессе полевого обследования заложено 52 контрольных разреза и отобран 61 образец почв для анализа. Совместно со специалистами хозяйства уточнены и выявлены земельные участки с антропогенно - измененными почвами:

- переувлажненные, вызывающие задержку обработки – 65 га;
- загрязненные нефтью – 1 га;
- нарушенные – 10 га.

В Южной агроэкологической зоне исследования проводились в 2012 году на территории Волжского района Самарской области, в зоне деятельности ОАО «Самаранефтегаз» в районе Горбатовского месторождения. Участок обследования представлен коридором коммуникаций, на котором в разное время происходило загрязнение территории в результате прорыва трубопроводов, что привело к загрязнению прилегающей территории на общей площади 6,0 га. В качестве фоновых данных взяты агрохимические показатели по результатам обследования 2002-2003 г.г., проведенного институтом ВолгоНИИГипрозем.

Лабораторные анализы почвенных и растительных образцов проводились в лаборатории ФГУ «Станция агрохимической службы «Самарская», имеющей аттестат аккредитации испытательной лаборатории № РОСС RU. 0001.510565, в испытательной лаборатории ФГБУ «Самарский референтный центр федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору».

Анализировали валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов (Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn, Cd, Co) в почвенных пробах, содержание Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn Cd, Co 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 проводилось 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 HNO₃. Подвижные формы соединений извлекались ацетатно-аммонийным

буферным раствором с pH 4,8 (ААБ). Конечное определение элементов проводили пламенным и электротермическим вариантами с применением атомно-абсорбционного спектрофотометра «Спектр 5 - 4» в пламени ацетилен – воздух.

Содержание Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn, Cd, Co в растительных образцах определяли в их зольных растворах на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Используемые аналитические линии: для цинка – 213,8 нм, для меди – 324,7 нм, свинца – 217,0 нм, кадмия – 228,8 нм. Для атомизации элементов использовали воздушно-ацетиленовое пламя.

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

Помимо содержания тяжелых металлов в почвах определяли:

- содержание гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО в соответствии с ГОСТ 26213-91;
- pH солевой суспензии в модификации ЦИНАО в соответствии ГОСТ 26483-83;
- содержание подвижного фосфора и обменного калия в нейтральных почвах по Ф.В. Чирикову (ГОСТ 26204-91), в карбонатных почвах по Б.П. Мачигину (ГОСТ 26205-91). Содержание подвижного фосфора и обменного калия получены разными методами, для сопоставимости полученные результаты лабораторных анализов по Мачигину пересчитаны по методу Чирикова.
- содержание легкогидролизуемого азота в кислотной (0,5N H₂SO₄) вытяжке по Ю.В. Тюрину и М.М. Кононовой в модификации В.Н. Кудеярова.

Средние значения из повторений и стандартные отклонения вычисляли с помощью программы Excel. Наименьшую существенную разность средних значений рассчитывали по Доспехову, используя пакет анализа программы Excel.

Данные учета урожайности подвергали математической обработке методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985) при помощи компьютерной программы для расчета НСР₀₅, разработанной в Мордовском ГУ (1992).

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Агроэкологическая оценка плодородия почв агроландшафтов Самарской области

3.1.1. Агрохимические показатели уровня плодородия почвы

Было проведено исследование почв Самарской области типичных участков основных природных ландшафтов по видам сельскохозяйственных угодий: интенсивно используемая пашня (под зерновыми, бобовыми и масличными культурами), пар, многолетняя залежь, пастбище, лесополоса.

Важнейшим показателем плодородия почвы является мощность гумусовых горизонтов. По данным ООО «ВолгаНИИгипрозем» (Технический отчет..., 2002), содержание гумуса в пахотном слое в 1975-1981 гг. составляло 5,20 %, в

1987-1992 гг. – 4,70 %, в 1993-2000 гг. – 4,30 %, по нашим данным в 2002-2003 гг. – 4,10%. Таким образом, за 25 лет сельскохозяйственного использования пашни разница в содержании гумуса составила 1,1 %, что соответствует средней ежегодной потере из обрабатываемого слоя почвы 1,2 т/га гумуса.

В результате проведенных исследований выявлено, что содержание гумуса в верхнем слое почв колеблется от 2,1 до 8,4%.

Максимальное содержание органического вещества обнаружено в почвах Лесостепи Высокого Заволжья и составляет в среднем 6,70 %, минимальное - на Приволжской возвышенности – 2,24 %. Содержание гумуса в почвах сельскохозяйственных угодий преимущественно под лесополосами (4,5-7,3 %). Некоторые особенности отмечены в почвах угодий Лесостепи Высокого Заволжья, где максимальные количества гумуса обнаружены в верхнем слое почв залежи – 8,4 %.

Реакция среды почвенного раствора варьирует от слабокислой (5,2 %) в почвах под пастбищами Приволжской возвышенности до слабощелочной (7,7 %) в почвах лесополосы Низменного лесостепного Заволжья, что связано с родом почвы и степенью содержания в ней карбонатов, и благоприятно для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур.

Обеспеченность обследованных почв подвижным фосфором по отношению к зерновым культурам (мг/кг почвы): очень низкая (3,6-20,8), низкая (21,3-50,5) и средняя (53,8-90,9). Минимальные значения содержания подвижного фосфора практически во всех обследованных ландшафтах характерны для верхнего слоя почв пастбищ, очень высокая обеспеченность подвижным фосфором наблюдается в верхнем слое почв пашни и пара низменного степного Заволжья на фоне повышенного внесения минеральных удобрений.

Обеспеченность обменным калием для почв большинства обследованных агроландшафтов принимает высокие значения – до 264,9 мг/кг почвы.

Содержание легкогидролизуемого азота в изучаемых почвах колеблется (мг/кг почвы): от очень низкого (29,0-29,8) до среднего (41,3-50,0), но в основном для выращивания основных видов сельскохозяйственных растений характеризуется низким уровнем.

Приведенные агрохимические показатели позволяют сделать вывод о том, что почвы обследованных участков пригодны для сельскохозяйственного использования.

3.1.2. Валовое содержание и содержание подвижной формы тяжелых металлов в почвах изучаемых агроландшафтов

По нашим данным, содержание большинства ТМ в обследованных почвах не превышает уровень ПДК (таблица 1). По суммарному показателю загрязнения почв (Zc), отражающему степень опасности их загрязнения комплексом элементов, почвы пастбища (2,13) и залежи (12,0) отнесены к категории с допустимым уровнем по Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn, Cd.

По уровню загрязнения комплексом тяжелых металлов почвы пашни ($Z_c=31,19$) и пара ($Z_c=20,90$) отнесены к умеренно опасной категории, почвы под многолетними насаждениями ($Z_c=36,59$) к опасной. (СанПиН 2.1.7.1287-03). Установлено превышение ОДК в почве пара сухой степи сыртового Заволжья по валовому содержанию Fe в 1,1 раза. В почвах пастбища низменного лесостепного Заволжья отмечено превышение ПДК по валовому содержанию Mn в 1,2 раза, в почвах пашни и пастбища лесостепи высокого Заволжья превышено содержание подвижной формы Cr в 1,3-1,8 раза.

Таблица 1 – Показатели коэффициентов накопления Кс и процентов подвижности тяжелых металлов в почвах Самарской области

Угодье	Элемент						
	Pb	Cd	Fe	Zn	Cu	Mn	Cr
Сухая степь сыртового Заволжья							
пашня	<u>1,45</u> 29,7	<u>0,24</u> 63,6	<u>0,17</u> -	<u>1,52</u> 0,84	<u>1,45</u> 0,48	<u>1,63</u> 9,52	<u>0,96</u> 1,16
пар	<u>1,39</u> 22,9	<u>0,38</u> 47,05	<u>4,13</u> -	<u>1,44</u> 0,97	<u>1,44</u> 0,39	<u>1,62</u> 11,6	<u>1,00</u> 1,49
залежь	<u>1,41</u> 9,09	<u>0,88</u> 22,5	<u>1,83</u> -	<u>1,05</u> 0,66	<u>0,91</u> 3,82	<u>1,09</u> 2,97	<u>0,79</u> 3,79
пастбище	<u>1,57</u> 27,5	<u>0,26</u> 33,3	<u>1,14</u> -	<u>1,51</u> 0,98	<u>1,47</u> 0,94	<u>1,78</u> 7,73	<u>0,99</u> 0,38
лесополоса	<u>1,45</u> 22,7	<u>0,42</u> 47,4	<u>2,16</u> -	<u>1,44</u> 1,29	<u>1,44</u> 0,48	<u>1,44</u> 14,4	<u>0,92</u> 0,81
Сыртовая степь Заволжья							
пашня	<u>1,09</u> 0,15	<u>0,19</u> 23,1	<u>2,07</u> -	<u>2,05</u> 0,69	<u>1,56</u> 0,45	<u>1,41</u> 2,39	<u>2,36</u> 0,26
пар	<u>0,17</u> 0,96	<u>0,14</u> 60,0	<u>2,29</u> -	<u>2,13</u> 0,67	<u>0,06</u> 21,2	<u>1,26</u> 7,63	<u>2,45</u> 0,73
залежь	<u>6,86</u> 0,83	<u>0,58</u> 21,9	<u>1,77</u> -	<u>1,31</u> 0,66	<u>0,4</u> 14,2	<u>0,85</u> 2,46	<u>1,96</u> 5,00
пастбище	<u>1,21</u> 14,8	<u>0,11</u> 62,5	<u>2,13</u> -	<u>2,05</u> 0,28	<u>0,09</u> 21,2	<u>1,29</u> 2,82	<u>2,48</u> 0,25
лесополоса	<u>0,93</u> 0,17	<u>0,14</u> 50,0	<u>2,16</u> -	<u>1,99</u> 0,72	<u>0,08</u> 21,3	<u>1,21</u> 4,94	<u>2,33</u> 0,57
Низменное Степное Заволжье							
пашня	<u>0,96</u> 16,8	<u>0,16</u> 15,4	<u>3,65</u> -	<u>1,80</u> 1,25	<u>1,57</u> 0,058	<u>1,34</u> 4,22	<u>0,46</u> 0,76
пар	<u>1,20</u> 13,6	<u>0,2</u> 12,5	<u>4,11</u> -	<u>3,6</u> 0,72	<u>2,08</u> 0,044	<u>1,60</u> 3,81	<u>0,53</u> 0,70
залежь	<u>1,02</u> 16,0	<u>0,15</u> 16,7	<u>3,59</u> -	<u>1,35</u> 1,67	<u>1,58</u> 0,057	<u>0,89</u> 5,80	<u>0,5</u> 0,05
пастбище	<u>0,98</u> 19,6	<u>0,20</u> 12,5	<u>3,35</u> -	<u>1,72</u> 1,87	<u>1,57</u> 0,058	<u>1,22</u> 3,10	<u>0,5</u> 0,35
лесополоса	<u>1,06</u> 19,2	<u>0,18</u> 13,3	<u>3,36</u> -	<u>1,50</u> 1,71	<u>1,59</u> 0,057	<u>1,10</u> 7,48	<u>0,5</u> 0,35
Низменное лесостепное Заволжье							
пашня	<u>0,21</u>	<u>0,18</u>	<u>1,50</u>	<u>1,89</u>	<u>1,64</u>	<u>0,89</u>	<u>1,66</u>

Угодье	Элемент						
	Pb	Cd	Fe	Zn	Cu	Mn	Cr
	18,8	22,2	-	0,39	0,06	1,66	0,04
пар	<u>1,34</u>	<u>0,14</u>	<u>1,40</u>	<u>2,93</u>	<u>1,94</u>	<u>1,65</u>	<u>1,98</u>
	9,44	28,6	-	0,22	0,05	6,97	0,38
залежь	<u>1,44</u>	<u>0,18</u>	<u>1,76</u>	<u>2,59</u>	<u>3,04</u>	<u>2,28</u>	<u>2,13</u>
	4,64	22,2	-	0,62	0,03	2,98	0,35
пастбище	<u>1,50</u>	<u>0,14</u>	<u>1,70</u>	<u>2,87</u>	<u>2,91</u>	<u>3,92</u>	<u>1,90</u>
	2,99	28,6	-	0,78	0,03	3,56	0,75
лесополоса	<u>1,26</u>	<u>0,14</u>	<u>0,93</u>	<u>1,92</u>	<u>1,77</u>	<u>0,84</u>	<u>1,55</u>
	23,7	28,6	-	4,34	0,06	19,3	0,04
Прикондурчинская лесостепь							
пашня	<u>0,71</u>	<u>0,64</u>	<u>2,34</u>	<u>1,21</u>	<u>1,17</u>	<u>0,85</u>	<u>0,36</u>
	4,55	15,4	-	1,11	1,70	6,48	15,7
пар	<u>0,81</u>	<u>0,69</u>	<u>2,36</u>	<u>1,24</u>	<u>1,22</u>	<u>1,03</u>	<u>0,56</u>
	6,45	23,8	-	0,87	3,25	5,45	3,91
залежь	<u>0,73</u>	<u>0,59</u>	<u>2,21</u>	<u>1,21</u>	<u>1,08</u>	<u>1,03</u>	<u>0,34</u>
	1,79	16,7	-	0,67	1,47	5,21	11,4
пастбище	<u>0,67</u>	<u>0,67</u>	<u>2,26</u>	<u>1,23</u>	<u>1,17</u>	<u>0,96</u>	<u>0,39</u>
	2,91	12,2	-	1,31	1,35	5,48	20,2
лесополоса	<u>0,75</u>	<u>0,62</u>	<u>2,39</u>	<u>1,24</u>	<u>1,16</u>	<u>0,96</u>	<u>0,26</u>
	6,09	13,2	-	1,30	1,34	6,08	33,9
Лесостепь Высокого Заволжья							
пашня	<u>0,94</u>	<u>0,56</u>	<u>2,16</u>	<u>1,05</u>	<u>1,1</u>	<u>1,35</u>	<u>0,58</u>
	4,24	13,6	-	1,09	1,21	3,77	20,34
пар	<u>1,00</u>	<u>0,51</u>	<u>2,25</u>	<u>1,05</u>	<u>0,99</u>	<u>1,15</u>	<u>0,82</u>
	3,17	10,0	-	1,39	0,67	3,16	2,23
залежь	<u>1,03</u>	<u>0,52</u>	<u>2,30</u>	<u>1,05</u>	<u>1,33</u>	<u>1,43</u>	<u>1,06</u>
	3,08	9,3	-	1,08	0,50	2,46	10,08
пастбище	<u>0,95</u>	<u>0,55</u>	<u>1,96</u>	<u>1,05</u>	<u>1,36</u>	<u>1,23</u>	<u>1,30</u>
	1,67	13,9	-	0,27	0,98	1,57	12,04
лесополоса	<u>1,93</u>	<u>0,44</u>	<u>1,46</u>	<u>1,05</u>	<u>1,03</u>	<u>1,17</u>	<u>1,01</u>
	5,33	28,6	-	7,95	3,23	4,01	5,38
Приволжская возвышенность							
пашня	<u>0,86</u>	<u>0,14</u>	<u>1,41</u>	<u>2,06</u>	<u>1,68</u>	<u>1,39</u>	<u>1,47</u>
	14,5	37,5	-	0,38	0,06	6,67	0,03
пар	<u>0,58</u>	<u>0,16</u>	<u>0,87</u>	<u>1,57</u>	<u>1,26</u>	<u>1,01</u>	<u>1,05</u>
	6,76	22,2	-	0,90	0,08	5,63	0,30
залежь	<u>0,36</u>	<u>0,12</u>	<u>0,37</u>	<u>0,77</u>	<u>0,79</u>	<u>0,69</u>	<u>0,53</u>
	4,35	28,6	-	0,46	0,12	7,10	0,09
пастбище	<u>0,58</u>	<u>0,14</u>	<u>0,59</u>	<u>1,03</u>	<u>0,95</u>	<u>1,53</u>	<u>0,75</u>
	3,38	37,5	-	1,03	0,10	9,90	0,42
лесополоса	<u>0,96</u>	<u>0,14</u>	<u>1,34</u>	<u>2,21</u>	<u>1,75</u>	<u>1,61</u>	<u>1,40</u>
	9,76	25,0	-	0,80	0,06	7,72	0,49

*числитель – коэффициент накопления Кс, знаменатель – процент подвижности ТМ.

Содержание подвижной формы Mn в почвах соответствует средней и высокой градации (11,8-85,4 мг/кг), что благоприятно для выращивания сельскохозяйственных растений (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Флоринский, 1994;).

Анализ тяжелых металлов в почвах различных сельскохозяйственных угодий выявил следующую тенденцию: в почвах пашни и пара аккумулируется основная масса элементов, при этом максимальное содержание высокотоксичного свинца отмечается в тех угодьях, которые ближе всего расположены к автодорогам (чаще всего это полевые лесополосы), накопление Mn и Zn характерно для почв лесополос и пастбищ. Минимальные концентрации тяжелых металлов выявлены в почвах залежи. Рассчитанный нами суммарный уровень загрязнения тяжелыми металлами почв различных сельскохозяйственных угодий позволил вывести следующий ряд: пар > лесополоса > пашня > пастбище > залежь.

Для подсчета полиэлементного загрязнения почв тяжелыми металлами использовали формулу Саета (Мотузова, 2007). По величине этого показателя почвы обследованных агроландшафтов отнесены к категории с допустимым уровнем загрязнения по Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn и Cd, суммарный показатель загрязнения для них колеблется в пределах – 2,36-8,98. По уровню загрязнения комплексом тяжелых металлов почвы Приволжской возвышенности являются самыми экологически чистыми ($Z_c=0,85$), почвы Низменного лесостепного Заволжья, напротив, – наиболее загрязненными ($Z_c=5,34$) из исследованных агроландшафтов (Методические указания по оценке..., 1987).

Выполненная статистическая обработка материалов исследований позволила выявить наличие положительной корреляционной зависимости между содержанием подвижных форм Cu и Cd ($r = 0,84$), Pb и Mn ($r = 0,60$), валовым содержанием Pb и Cu ($r = 0,62$), Pb и Mn ($r = 0,63$), Zn и Cu ($r = 0,76$), Cu и Mn ($r = 0,77$), что отражает сходную направленность биохимической миграции в процессе почвообразования. Кроме того, выявлена корреляционная зависимость между содержанием валовых форм Pb и легкогидролизуемого азота ($r = 0,52$), Cd и обменного калия ($r = 0,58$). Аккумуляция подвижных форм Cd и Cr в исследованных почвах находится в прямой зависимости от их валового содержания ($r = 0,62$; $0,56$). При увеличении валового содержания Pb и Cd увеличивается содержание подвижных форм Zn, Cu и Cr ($r = 0,57-0,75$).

3.1.3. Эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в различных агроландшафтах Сыртовой степи Заволжской провинции

Содержание гумуса в верхнем корнеобитаемом слое почвы обследованных участков колеблется от 4,5 до 5,6 %, реакция среды почвенного раствора в образце, отобранном на пастбище, слабощелочная (рН сол. – 7,1), в образцах, взятых из лесополосы и с пашни, – нейтральная (рН сол. – 6,2 и 6,9-7,0, соответственно). Обеспеченность подвижным фосфором почв пастбища и лесополосы очень низкая (1,8-6,7 мг/кг почвы), пашни – средняя (51,1-53,8 мг/кг почвы). Обеспеченность почв обменным калием средняя (46,4-59,7 мг/кг почвы). Содержание легкогидролизуемого азота в почвенных образцах колеблется от 40,8 до 46,7 мг/кг почвы, что соответствует оптимальному уровню для выращивания основных видов сельскохозяйственных растений.

Содержание подвижных форм элементов (таблица 2) в обследованных почвах в 1,5-150 раз ниже норм ПДК и ОДК. Во всех почвенных образцах наблюдается низкое содержание подвижных форм Zn (0,2-0,7 мг/кг), Cu (0,06-0,11 мг/кг). Высокое содержание подвижной формы Mn наблюдается в почве пастбища и лесополосы – 20,3-33,4 мг/кг, в почве пашни среднее – 17,9-19,7 мг/кг. В сравнении с фоновым, валовое содержание тяжелых металлов в данных образцах почв выше в 1,1-2,5 раза, кроме Cd, значения которого в почвах обследованных участков ниже фонового в 4,7-8,8 раза.

Таблица 2 – Валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов в черноземе южном под различными растениями, мг/кг

Растения	Элемент*						
	Pb	Cd	Fe	Zn	Cu	Mn	Cr
Ковыль перистый <i>Stipa pennata L</i>	<u>2,2</u> 14,9	<u>0,05</u> 0,08	<u>3,8</u> 23663	<u>0,2</u> 71,4	<u>0,09</u> 21,2	<u>20,3</u> 719,9	<u>0,07</u> 27,8
Чечевица посевная <i>Lens culinaris Mill</i>	<u><0,2</u> 13,8	<u>0,03</u> 0,10	<u>6,7</u> 20916	<u>0,7</u> 74,4	<u>0,09</u> 22,3	<u>17,9</u> 842,9	<u>0,07</u> 27,1
Подсолнечник полевой <i>Heliantus annuus L</i>	<u><0,2</u> 13,2	<u>0,03</u> 0,15	<u>7,1</u> 209944	<u>0,2</u> 68,8	<u>0,11</u> 21,7	<u>19,7</u> 730,5	<u>0,04</u> 25,5
Просо обыкновенное <i>Panicum miliaceum L</i>	<u><0,2</u> 13,3	<u>0,03</u> 0,10	<u>7,1</u> 24931	<u>0,5</u> 74,1	<u>0,06</u> 22,1	<u>19,3</u> 783,1	<u>0,10</u> 27,7
Вяз мелколистный <i>Ulmus pumila L</i>	<u><0,2</u> 11,5	<u>0,05</u> 0,10	<u>7,9</u> 24018	<u>0,5</u> 69,3	<u>0,08</u> 21,3	<u>33,4</u> 676,3	<u>0,15</u> 26,1
Фон	12,3	0,7	11100	34,9	14,1	560,0	11,2
ПДК	<u>6,0</u> 32,0	<u>1,0</u> 2,0	<u>-</u> 38000	<u>23,0</u> 220,0	<u>3,0</u> 132,0	<u>140,0</u> 1500	<u>6,0</u> 100,0

* Числитель - содержание подвижных форм тяжелых металлов,
знаменатель – валовое содержание тяжелых металлов.

По валовому содержанию тяжелых металлов в почвах различных сельскохозяйственных угодий наблюдается следующая тенденция: в почве пашни по сравнению с пастбищем и лесополосой Cd и Mn больше в 1,1-1,5 раза, в почве пастбища содержание Pb в 1,1-1,3 раза выше, в почве под лесополосой в 1,1 раза больше накапливается Fe. Кроме того, по сравнению с почвами пашни и пастбища в почве под лесополосой в 1,1-3,8 раза больше накапливается подвижных форм Fe, Mn и Cr. В почве пастбищ в 11 раз выше содержание подвижной формы Pb, но в 2,0-2,5 раза ниже содержание Zn и Fe, в почве пашни в 1,7 раза ниже содержание подвижной формы Cd. Предполагаем, что повышенное содержание Cd и Mn (0,10-0,15 и 730,5-842,9 мг/кг, соответственно) в почве пашни связано с использованием осадков сточных вод в качестве удобрений, а также внесением минеральных удобрений (суперфосфата, фосфата калия, селитры и др.), навоз также является источником Cd на обрабатываемой пашне.

Накопление Pb (14,9 мг/кг) на поле пастбища может быть связано с интенсивным автомобильным движением и оседанием его из выхлопных газов на поверхности почвы, иных источников Pb вблизи обследованной территории выявлено не было. Высокое содержание Fe (24017,5 мг/кг почвы) в почве лесополосы обусловлено геохимическими особенностями образования почвенных горизонтов под древесно-кустарниковой растительностью.

Максимальная подвижность характерна для кадмия, средний уровень у свинца, марганца и хрома, более низкая подвижность у меди и цинка. На пашне отмечена более высокая подвижность элементов под культурой подсолнечника полевого при возделывании его после пара. Низкая подвижность тяжелых металлов характерна при выращивании на почвах пастбищ пшеницы. Снижение подвижности элементов на пашне может быть связано с более высоким содержанием гумуса. Потенциальная подвижность, оцениваемая в процентах от содержания валовых форм, позволила вывести убывающий ряд для сельхозугодий: пастбище > лесополоса > пашня > залежь.

Свинец, железо, цинк, медь, марганец относятся к группе рассеивающихся в почвах сельхозугодий элементов. Концентрация в почве цинка достаточно высока в сравнении с другими рассеивающимися элементами, однако элемент отличается низкой подвижностью в почвах.

На основании расчета коэффициентов накопления, отмечено относительно слабое загрязнение естественных экосистем степной зоны тяжелыми металлами и активное накопление Cu.

Исследования почв сельхозугодий выявили низкое накопление кадмия, высокий уровень накопления железа, хрома, цинка, меди, свинца и марганца в сравнении с фоновыми значениями.

Исследованные доминирующие растения сельхозугодий Сыртовой степи Заволжской провинции показали, что максимальное количество Pb, Fe и Cr обнаружено в корнях всех обследованных растений. В листьях вяза мелколистного накапливается в 1,1-10,1 раза меньше ТМ, чем в опаде. В фитомассе ковыля перистого (Cr, Mn, Fe), подсолнечника (Pb, Cr, Mn и Fe) и проса обыкновенного (Pb, Cr, Mn) ТМ накапливаются по базипетальному типу, вероятнее всего, за счет нарушения функций корневого барьера. Минимальные количества тяжелых металлов обнаружены в листьях и стеблях чечевицы посевной, ковыля перистого и подсолнечника – Cu и Zn, проса обыкновенного – Fe, Cu и Zn. Различные виды растений также характеризуются избирательным накоплением тяжелых металлов (рис. 1). Зерновки проса обыкновенного содержат в 3,4-6,8 раза больше Pb, в 1,7-3,6 раза больше Cu и в 1,2-2,1 раза больше Mn, чем генеративные органы других растений. В бобах чечевицы посевной накапливается в 1,9-4,2 раза больше Fe, в 1,4-2,0 раза больше Zn и в 1,3-18,0 раз больше Cr по сравнению с генеративными органами других растений. По содержанию ТМ в надземной фитомассе наиболее экологичным из всех обследованных растений является ковыль перистый, из культурных – подсолнечник полевой. По суммарному содержанию ТМ в фитомассе наиболее экологичным является просо обыкновенное.

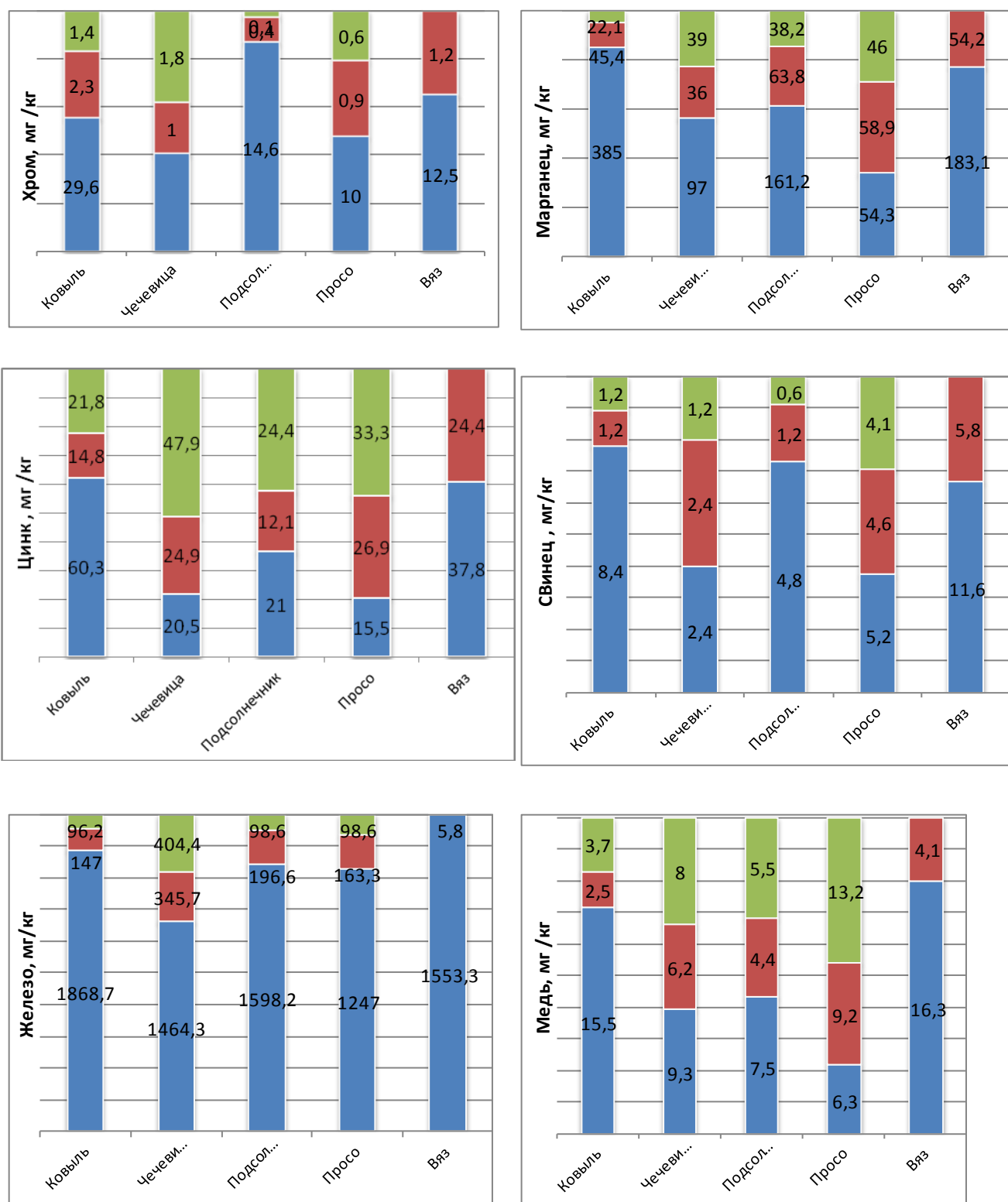


Рисунок 1 - Содержание тяжелых металлов в растениях, произрастающих на черноземе южном

■ в генеративных органах растений;
■ в надземных вегетативных органах растений (стебли и листья), для вяза – в листьях;
■ в подземных вегетативных органах растений (корни), для вяза – в опаде.

У большинства растений коэффициенты биоаккумуляции (I_a) Cd меньше единицы, что означает его слабое поглощение из почвы. Максимальные значения коэффициентов Fe, Zn, Mn и Cr приходятся на корни ковыля. Высокое поглощение Pb ($I_a = 29,00$) характерно для листьев вяза.

Наибольшая величина коэффициента биоаккумуляции Cu ($I_a = 220,00$) приходится на зерновки проса, Cd ($I_a = 6,67$) – на корни подсолнечника. Среднее значение коэффициента биоаккумуляции ТМ уменьшается в ряду $Fe > Cr > Cu > Zn > Pb > Mn > Cd$.

По показателям содержания подвижных форм ТМ в почве, генеративных и надземных вегетативных органах растений был рассчитан коэффициент корреляции, значение которого показало слабую положительную корреляцию между содержанием подвижных форм Fe и Cr в почве и фитомассе растений (0,25-0,40), слабую отрицательную корреляцию между содержанием подвижной формы Pb в почве и фитомассе растений (-0,24 и -0,48). Отрицательная корреляция средней степени наблюдается между содержанием подвижной формы Mn в почве и содержанием Mn в генеративных органах растений (- 0,56), положительная корреляция средней степени выявлена между этим показателем и содержанием Mn в стеблях и листьях растений (0,53). Между показателями содержания подвижных форм Zn в почве и в генеративных органах растений, а также надземных вегетативных органах растений выявлена положительная корреляция высокой степени (0,98 и 0,89, соответственно), для Cu – сильная отрицательная корреляция (- 0,82 и - 0,75, соответственно).

3.2. Особенности аккумуляции тяжелых металлов основными сельскохозяйственными культурами в Самарской области

В процессе исследования были изучены и сельскохозяйственные культуры, возделываемые в различных агроклиматических зонах агроландшафтов области: Северной зоне на черноземе выщелоченном, Южной зоне на черноземе южном и Центральной зоне на черноземе типичном.

3.2.1. Зерновые культуры

Изучены особенности аккумуляции тяжелых металлов у озимых злаковых культур: озимой пшеницы, озимой ржи и озимой тритикале. Нами установлено, что накопление Cd, Pb, Zn, Cu, Co и Mn озимыми культурами на всех подтипах черноземов не превышает ПДК, а по Cd, Zn, Cu и Mn и не превосходит фоновый уровень. Аккумуляция элементов растениями озимой ржи на 29,3 % меньше, а озимой тритикале – на 9,3% больше, чем озимой пшеницей. Элементы Cd, Pb, Co и Mn откладываются в корневой зоне растения, Zn и Cu способны мигрировать в колосья.

Изучение особенностей накопления элементов в растениях яровой мягкой пшеницы показало, что в центральной зоне на черноземе типичном их накапливалось на 7,8% раза меньше, чем в растениях северной зоны, на черноземе юж-

ном на 17,5 % меньше, чем в растениях центральной зоны и на 26,7 % меньше, чем в северной зоне. Растения яровой твердой пшеницы по сравнению с мягкой в 1,7 раза больше поглощают Cd, в 1,8 – Pb, в 2,4 – Co и в 1,5 раза – Mn. Уровень поступления Zn в растения твердой яровой пшеницы в 2,2 раза, а Cu в 1,4 раза меньше значений мягкой пшеницы.

Анализ фитомассы мягкой и твердой пшеницы позволяет утверждать, что меньшее количество тяжелых металлов накапливается в растениях степной зоны Самарского Заволжья на черноземе южном. В северной лесостепи на черноземе выщелоченном яровая мягкая пшеница аккумулирует большее количество элементов. Основная часть поступающих в растения токсинов концентрируется в корневой системе и стеблях. Цинк и медь в мягкой и в твердой пшенице в повышенных количествах мигрируют в колос.

3.2.2. Зерновые фуражные культуры

Оценка биомассы зернофуражных культур – ячменя ярового и овса посевного базировалась на проведенных исследованиях. В результате проведенных анализов выявлено, что растения ячменя суммарно поглощают тяжелых металлов незначительно больше (в 1,06 раза), чем растения овса. Различие обусловлено тем, что растения ячменя в сравнении с овсом поглощают в 4 раза больше свинца. Оба злаковых растения аккумулируют преимущественно эссенциальные элементы (марганец, цинк и медь), мигрирующие в генеративные органы. Содержание тяжелых металлов в исследованных культурах не превышает ПДК, а по Cd, Cu, Mn и фоновых значений.

Большее количество элементов накапливают растения северной зоны, возделываемые на черноземе выщелоченном, меньшее – в степной зоне, на черноземе южном.

3.2.3. Зерновые бобовые культуры

Важнейшими представителями зерновых бобовых культур в Самарской области являются горох посевной и соя. Растения сои возделываются преимущественно в центральной и южной агроклиматической зоне области. Содержание тяжелых металлов в растениях гороха изучалось в посевах всех агроклиматических зон, в растениях сои возделывались в центральной зоне.

В агроэкологических условиях Самарского Заволжья фитомасса гороха и сои формируется с концентрацией тяжелых металлов значительно ниже ПДК. Суммарное содержание комплекса изученных тяжелых металлов в растениях гороха при возделывании в различных агроклиматических зонах составило (мг/кг): черноземы выщелоченные – 60,73, черноземы типичные – 52,93, черноземы южные – 46,05, в растениях сои, культивируемых в центральной зоне – 51,56.

Посевы гороха при возделывании в южной зоне накапливают в растениях меньше Zn, Cu, Co и Mn, а Cd и Pb больше, чем в северной зоне. Соя больше аккумулирует Cd, Cu и Co и меньше Pb. Элементы Cd, Pb и Co зерновые бобо-

вые растения накапливают в корневой системе, биогенные Zn, Cu и Mn транспортируются в бобы.

3.2.4. Крупяные культуры

Для производства круп в агроландшафтах Самарского Заволжья культивируют гречиху обыкновенную и просо обыкновенное. Причем в северной лесостепной зоне предпочтение отдают гречихе, а в центральной и южной степной – просу. Нашими исследованиями установлено, что в равных почвенно-климатических и экологических условиях просо аккумулирует в среднем на 84,0 % больше тяжелых металлов, чем гречиха. С продвижением проса в южную зону поступление Zn, Cu, Co и Mn в биомассу снижается в среднем на 21,0 %, а Cd и Pb возрастает на 15,0 % и 12,6 %. Гречиха северной зоны поглощает на 39,0 % больше металлотороксикантов, чем в центральной. Основная масса тяжелых элементов локализуется в корневой системе растений и лишь наибольшее количество Cd, Pb, Co и Mn транспортируется в генеративные органы. В значительных объемах Zn и Cu могут присутствовать в зоне формирования зерна. Уровень накопления изучаемых металлов в крупяных культурах Самарского Заволжья не превышает ПДК, а по Cd, Cu, Co, Mn и Pb в северной и центральной зонах - и фоновых значений.

3.2.5. Пропашные культуры

Из пропашных культур, возделываемых в Самарском Заволжье, наибольшее распространение имеют подсолнечник на маслосемена и кукуруза на силос и на зерно. По объему аккумуляции тяжелых металлов кукуруза в условиях Самарского Заволжья превосходит подсолнечник. По абсолютному количеству в фитомассе кукурузы элементы образуют следующий убывающий ряд: $Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd$; подсолнечника: $Zn > Mn > Cu > Pb > Co > Cd$. Уровень концентрации тяжелых металлов в биотипах, за исключением Co, не превышает ПДК. Повышенное содержание Co имеет кукуруза южной зоны. Выше фоновых значений в локальных условиях кукуруза способна накапливать Pb, Zn, Cu, Co и Mn, а подсолнечник - Pb, Zn, Cu и Co. Максимальное количество Cd, Pb, Cu и Mn кукуруза локализует в корневой системе. Значительные объемы поглощенных подсолнечником Cd, Zn, Cu и Mn, а кукурузой и Zn могут мигрировать в генеративные части растений.

3.2.6. Картофель

Картофель в Самарской области возделывается на площади до 8 тыс.га как в сельскохозяйственных организациях, так и в личных подсобных хозяйствах. Были проведены исследования сортового картофеля, возделываемого на черноземе обыкновенном в полевых условиях южной агроклиматической зоны Самарского Заволжья.

Анализ химического состава изучаемых сортов показал, что содержание крахмала в клубнях колеблется от 12,9 % у сорта Ланорма до 14,4 % у сорта Роко и 14,9 % у сорта Витессе. Содержание подвижных форм изученных тяжелых металлов в почве в средних значениях не превышает предельно допустимой концентрации. Наблюдается некоторое превышение фоновых значений по накоплению цинка - в 1,25 раз и меди - в 1,15 раза. Расчет коэффициентов концентрации (Кс) показал, что фактическое содержание элементов превышает их среднее значение в почве фонового участка. Значительное превышение Кс свинца – 2,75 указывает на накопление элемента на исследуемом участке. Содержание подвижных форм Fe, Zn, Cu, Mn, Cd незначительно превышают фоновый уровень, эти элементы являются рассеянными в почве. Аналогичная закономерность отмечена в значениях коэффициентов накопления элементов (Кн), показывающих их превышение по сравнению с ПДК.

В средних значениях превышений ПДК во всех изученных сортах не происходит, фоновые значения превышены по высокотоксичному свинцу в 3,2 раза и кадмию в 2 раза (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в культуре картофеля различных сортов, мг/кг

Сорт	Элемент					
	Pb	Fe	Zn	Cu	Mn	Cd
Наташа	1,20	149,30	9,20	2,97	12,30	0,070
Витессе	0,90	261,73	5,13	2,30	19,37	0,100
Родрига	0,40	132,40	6,10	3,13	9,57	0,130
Розара	1,07	255,47	9,63	4,70	23,17	0,070
Роко	0,87	109,10	10,97	1,03	10,30	0,070
Романо	0,97	256,97	5,57	2,43	23,73	0,037
Джелли	1,37	143,87	8,83	4,20	21,47	0,070
Спринт элита	1,27	159,73	15,57	2,20	22,53	0,100
Ланорма	0,83	175,60	7,67	3,83	19,70	0,060
Колетте	0,63	187,47	5,90	3,77	13,97	0,030
Винета	1,23	247,77	5,80	2,43	23,40	0,037
Розолинд	0,93	246,87	4,33	3,13	28,50	0,020
Лиани	0,76	127,27	5,33	0,90	6,370	0,050
ФОН	0,28	336,44	21,38	24,50	46,73	0,025
Критическая концентрация	10-20	750,00	150-200	150-200	200	5-10

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.

При очистке клубней (удаление перидермы), содержание свинца в картофеле снижается на 80-90 %, кадмия на 20 %. Наименьшее количество тяжелых металлов (мг/кг) накапливают сорта Колетте (16,37), Лиани (13,42), Розолинд

(15,19). Наибольшее количество тяжелых металлов (мг/кг) накапливают сорта Спринт элита (19,35) и Джелли (16,40).

При сравнении данных, полученных при исследовании частей растения, выявлено, что максимальное количество металлов накапливает надземная часть, меньше - перидерма клубня и паренхима клубня.

Содержание изученных тяжелых металлов в доступной для растения форме в почве находится в пределах норм ПДК, но содержание цинка и меди незначительно превосходит фоновые значения. В клубнях картофеля минимальные концентрации тяжелых металлов находятся в паренхиме клубня. Значительные количества накапливает ботва картофеля. Накопление изученных тяжелых металлов представлено следующим возрастающим рядом: $Cd < Pb < Cu < Zn < Mn < Fe$.

3.2.7. Ягодные культуры

Исследования растительных образцов земляники, возделываемых на черномоземе обыкновенном в степной зоне Самарского Заволжья, выявили, что на плантациях наряду со здоровыми растениями обнаруживались растения, которые заметно отставали в развитии.

Средняя концентрация тяжелых металлов в надземной фитомассе в образцах больных растений, по сравнению со здоровыми, была выше: железа в 1,5 раза, свинца в 1,3 раза, цинка в 1,4 раза, меди в 1,2 раза, кадмия в 1,1 раза; марганца ниже в 1,2 раза.

Одним из основных факторов, определяющих урожайность земляники, является подбор здорового посадочного материала высокопродуктивных сортов. Исследования, проведенные нами в 2011-2013 гг. показали, что концентрирование ТМ в землянике садовой зависит от сорта и органа растения.

На уровне ПДК находится концентрация свинца в ягодах сорта Мармалада, тогда как в ягодах сортов Хоней и Эльсанта значения Pb ниже ПДК в 3,0 и 2,4 раза, соответственно. По значениям в изученных сортах растений элементы образуют следующие убывающие ряды (мг/кг): Сорт Хоней: $Cu (140.58) > Zn (58.2) > Cr (4.78) > Mn (3.0) > Pb, Cd (1.4)$; Сорт Мармалада: $Cu (204.8) > Zn (59.6) > Cr (4.2) > Mn (2.6) > Pb (1.8) > Cd (0.7)$; Сорт Эльсанта: $Cu (200.0) > Zn (26.8) > Cr (4.9) > Mn (2.1) > Pb (0.6) > Cd (0.5)$. Как показывают расчеты коэффициента концентрации в органах растений земляники садовой, более активно концентрирует тяжелые металлы сорт Мармалада, несколько ниже сорта Эльсанта и Хоней.

Органы растений земляники накапливают суммарно тяжелые металлы в соответствии со следующим убывающим рядом (мг/кг): корни (1175,9) > листья (443,2) > ягоды (87,7).

В ягодах изученных сортов содержание Cd, Zn, Cu, Mn не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК).

3.2.8. Биотичность и физиологическая активность сельскохозяйственных и дикорастущих растений по отношению к тяжелым металлам

Анализ содержания химических элементов, расчеты коэффициентов их трансформации, показателей биотичности (ПБЭ), представляющих собой отношения содержания химического элемента в сухом веществе организма к кларку биосферы, показали, что их концентрация зависит от биологических особенностей растений. По озимым зерновым культурам выявлены следующие ряды биотичности изученных элементов: пшеница озимая (*Triticum aestivum* L.): $Cd_{0.4} > Zn_{0.2} > Cr_{0.1} > Cu_{0.05} > Pb_{0.05} > Mn_{0.04} > Co_{0.03} > Fe_{0.02}$; рожь озимая (*Secale cereale*): $Cd_{0.5} > Zn_{0.1} > Cu_{0.06} > Mn_{0.05} > Pb_{0.04} > Co_{0.04}$; тритикале (*Triticale*): $Cd_{0.5} > Zn_{0.3} > Cu_{0.07} > Pb_{0.05} > Mn_{0.03} > Co_{0.03}$.

Для твердой яровой пшеницы (*T. durum*) ряд ПБЭ представляется следующим образом: $Cd_{0.5} > Zn_{0.1} > Pb_{0.07} > Co_{0.05} > Cu_{0.05} > Mn_{0.04}$; для мягкой яровой пшеницы (*T. aestivum*): $Cd_{0.4} > Zn_{0.3} > Cu_{0.08} > Pb_{0.06} > Mn_{0.03} > Co_{0.03}$.

Сходные ряды биотичности элементов у зернофуражных культур – ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare*) $Cd_{0.4} > Zn_{0.3} > Pb_{0.1} > Cu_{0.08} > Co_{0.04} > Mn_{0.03}$ и овса посевного (*Avena sativa* L.) $Cd_{0.4} > Zn_{0.3} > Cu_{0.09} > Pb_{0.05} > Mn_{0.03} > Co_{0.03}$.

Ряды ПБЭ для зерновых бобовых культур имеют следующий вид: горох посевной (*Avena sativa* L.) $Cd_{0.4} > Zn_{0.3} > Pb_{0.1} > Cu_{0.08} > Co_{0.04} > Mn_{0.03}$; соя культурная (*Glicine hispida maxim*) $Cd_{0.6} > Zn_{0.3} > Cu_{0.09} > Pb_{0.03} > Mn_{0.03} > Co_{0.02}$; чечевица обыкновенная, или пищевая (*Ervum lens culinaris*.); $Zn_{0.3} > Cu_{0.2} > Cd_{0.2} > Pb_{0.1} > Cr_{0.08} > Mn_{0.06} > Fe_{0.02}$ нут (*Cicer arietinum*) $Cd_{0.5} > Zn_{0.2} > Pb_{0.2} > Cu_{0.1} > Mn_{0.02} > Fe_{0.03}$.

Крупяные культуры гречиха посевная (*Fagopyrum vulgare*) и просо посевное (*Panicum milliaceum*) имеют соответственно следующие ПБЭ: $Cd_{0.5} > Zn_{0.2} > Co_{0.2} > Cu_{0.07} > Pb_{0.03} > Mn_{0.02}$ и $Cd_{0.8} > Zn_{0.3} > Cu_{0.2} > Cr_{0.07} > Pb_{0.05} > Fe_{0.03} > Mn_{0.03} > Co_{0.03}$.

Ряды ПБЭ для кукурузы обыкновенной (*Zea mays* L.) и подсолнечника полевого (*Helianthus annuus* L.) имеют вид: $Cd_{1.1} > Zn_{0.3} > Cu_{0.1} > Pb_{0.1} > Mn_{0.06} > Co_{0.05} > Fe_{0.02}$ и $Cd_{1.1} > Zn_{0.3} > Cu_{0.2} > Cr_{0.08} > Pb_{0.03} > Co_{0.03} > Fe_{0.02} > Mn_{0.01}$ и показывают высокую кадмиево-цинковую физиологическую роль у растений.

В ПБЭ земляники садовой доминирует медь: $Cu_{0.5} > Zn_{0.4} > Cd_{0.3} > Mn_{0.1} > Fe_{0.09} > Pb_{0.03} > Co_{0.007}$. Преимущественно в надземные органы растения земляники транспортируется марганец ($K_p=0,67$).

Биотичность растений картофеля представляется следующим рядом: $Cd_{0.5} > Zn_{0.1} > Cu_{0.08} > Pb_{0.08} > Fe_{0.06} > Mn_{0.02}$.

Преобладание Zn - Cd биотичности имеют травы: вика посевная (*Vika sativa*): $Cd_{0.4} > Zn_{0.3} > Cu_{0.2} > Pb_{0.1} > Mn_{0.04} > Cr_{0.02} > Fe_{0.01}$; костер безостый (*Bromus inermis*): $Cd_{0.6} > Zn_{0.5} > Cu_{0.3} > Pb_{0.2} > Mn_{0.08} > Cr_{0.08} > Fe_{0.02}$; эспарцет посевной (*Onobrychis viciifolia*; *Onobrychis spp.*): $Zn_{0.5} > Cd_{0.4} > Pb_{0.2} > Cu_{0.1} > Mn_{0.06} > Cr_{0.02} > Fe_{0.01}$ житняк гребневидный (*Agropuron pectiniforme*): $Cd_{0.3} > Pb_{0.3} > Zn_{0.2} > Mn_{0.08} > Cr_{0.06} > Cu_{0.05} > Fe_{0.06}$; козлятник восточный

(*Galega orientalis*): $Cd_{0.3} > Zn_{0.2} > Cr_{0.2} > Cu_{0.2} > Mn_{0.08} > Fe_{0.07} > Pb_{0.07}$; ко-
выль перистый (*Stipa tenuifolia*): $Zn_{0.4} > Cd_{0.3} > Cu_{0.1} > Mn_{0.1} > Pb_{0.07} > Fe_{0.02}$.

Элементный анализ листьев и опада вяза мелколистного показал, что ряд биотичности для них имеет следующий вид: листья - $Cu_{0.36} > Zn_{0.27} > Cr_{0.18} > Cd_{0.15} > Pb_{0.10} > Mn_{0.054} > Fe_{0.031}$; опад - $Cd_{1.08} > Zn_{0.52} > Pb_{0.43} > Mn_{0.18} > Fe_{0.094} > Cu_{0.084} > Cr_{0.083}$. В процессе жизненного цикла в растениях увеличивается показатель биотичности всех изученных элементов, а преобладающая роль принадлежит кадмию.

У исследованных сельскохозяйственных растений выявлена высокая кадмиево-цинковая физиологическая активность. Максимальная величина биотичности по кадмию обнаружена у группы пропашных культур: кукурузы ($Cd_{1,1}$) и подсолнечника ($Cd_{1,1}$), минимальная у чечевицы - группа зерновых бобовых ($Cd_{0,2}$); по цинку самое высокое значение ПБЭ у многолетней травы – эспарцета ($0,5$), низкое у картофеля (клубнеплоды) – $0,1$.

Расчет коэффициентов перехода (K_p), равный отношению содержания элемента в надземной фитомассе к таковому в корнях, показал, что корневая система служит мощным барьером на пути движения элементов к надземной части. Минимальные значения транспортировки веществ из ботвы в клубни картофеля – средний K_p равен $0,12$; низкие механизмы защиты корневой системы у многолетних трав – эспарцета, в среднем $K_p = 0,56$ и козлятника восточного, в среднем $K_p = 0,43$, а также у подсолнечника (пропашные культуры), в среднем $K_p = 0,95$. Соотношение полученных данных позволяет сделать вывод о преимущественно акропетальном поступлении элементов в изученные растения.

3.3. Влияние приемов агротехники и ремедиации на качество и продуктивность сельскохозяйственных растений

3.3.1. Влияние различных способов обработки почвы на содержание тяжелых металлов в растениях

При прямом посеве зерновых культур и мелкой поверхностной обработке происходит накопление валовых и подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте (0-30 см), что обуславливает их относительно высокие объемы поступления в биомассу. Проведение глубокой отвальной обработки позволяет в среднем в 1,2-2,7 раза, а по Pb, Cu и Co в 2,5-4,0 раза уменьшить поступление металлов в растение. Аккумуляция Cd, Pb, Zn, Co и Mn в растения при прямом посеве культур во многом определяется наличием подвижных форм металлов в пахотном горизонте ($r = 0,67-0,99$). При глубокой обработке корреляционные связи выражены слабо ($r = 0,36-0,44$), а Cd, Co, Cu, Mn имеют отрицательное значение.

Уровень аккумуляции тяжелых металлов в почве при всех видах обработки в период исследований не превышал ПДК, однако на участках прямого посева и поверхностной обработки объемы накопления Pb, Zn и Co, а локально Cu

и Mn были существенно выше фоновых индексов. Эти металлы интенсивно поступали и в биомассу, причем Co в растения озимой пшеницы поступал с превышением ПДК на 3,0 %, а при прямом посеве – на 79,0 %. Глубокая отвальная вспашка снижает концентрацию всех металлов, за исключением Co, до фонового уровня. При всех видах обработки основная масса поступивших в растения элементов локализуется в корневой системе. Zn и Cu могут в относительно больших количествах транспортироваться в колос.

3.3.2. Влияние уровней минерального питания растений, природных адсорбентов и биологически активных веществ на мобильность тяжелых металлов

Исследования в опытах с различным уровнем плодородия почв показали, что систематическое внесение минеральных удобрений под полевые культуры способствует повышению концентрации тяжелых металлов в пахотном горизонте. На ежегодно удобряемых участках содержание Cd на 23,5-52,2 %, Pb на 18,6-55,1% превышало контрольные показатели. Внесение удобрений способствует насыщению почвенного поглотительного комплекса биогенными элементами Zn, Cu и Co, их показатели соответственно на 1,0-6,5 %, 2,5-9,0 % и 17,2-32,1 % выше параметров неудобренных участков. Содержание Mn в почвах с естественным плодородием находилось на 1,3-20,9 % больше нормы.

Систематическое внесение расчетных доз минеральных удобрений повышает содержание в почве валовых форм Cd, Pb и Co в среднем на 36,1 %, а Zn, Cu и Mn на 10,9 % и увеличивает мобильность Zn, Cu, Co и Mn в среднем на 25,9, объемы подвижных форм металлов в кг на 1 га увеличиваются по Cd в среднем на 11,1%, Pb на 13,6%, Zn на 29,3%, Cu на 21,9%, Co на 23,5% и Mn на 15,8%. Абсолютный уровень концентрации изучаемых металлов в удобренной почве относительно невелик и в отличие от величины ПДК варьирует от 1,0 % до 47,8 %.

Внесение удобрений не меняет характера локализации тяжелых металлов в биомассе. Основная часть аккумулируемых элементов откладывается в корневой зоне растений.

Обработка семян сои перед посевом биопрепаратами Агрика, Ризоторфин, Гумариз не вызывала превышения значений ПДК тяжёлых металлов в биомассе сои. Отмечено превышение фонового значения по свинцу в 1,11 раза на контроле, в 1,13 раза на варианте с применением ризоторфина, в 1,2 раза при использовании ризоторфина в сочетании с агрикой, в 1,12 раза в сочетании с гумаризом.

Превышения критической концентрации по изучаемым тяжёлым металлам при применении биологически активных препаратов в зерне сои не обнаружено. Снижение содержания тяжёлых металлов по сравнению с контрольным вариантом отмечено по Pb при применении сочетания ризоторфина и агрики в 1,67 раза. На всех вариантах опыта наблюдается снижение относительно контроля концентрации меди в 1,32 раза и железа в 1,13 раза. Снижение по Cd об-

наружено у варианта с применением ризоторфина и гумариза в 1,11 раза по сравнению с контролем, по Zn при применении ризоторфина в 1,08 раза относительно контроля. Концентрация Co и Mn увеличивается, по сравнению с контрольным вариантом, в 3,46 и 1,05 раза, соответственно.

Коэффициенты биологического поглощения показали, что изучаемые тяжёлые металлы относятся к группе биологического захвата, т.е. в течение жизни растения лишь захватываются ими.

Применение опоки в условиях глубокой обработки почвы позволило снизить по сравнению с контролем содержание подвижных форм кадмия в 1,04 раза, меди в 1,39 раза, кобальта в 1,002 раза, марганца в 1,09 раза. Внесение навоза способствовало снижению содержания подвижных форм всех изучаемых элементов относительно контрольного варианта опыта, за исключением цинка и железа (отмечено повышение в 1,51 и 1,12 раза, соответственно). Древесный уголь оказал влияние на снижение содержания подвижных форм кадмия в 1,04 раза, меди – 1,33 раза, кобальта – 1,03 раза, марганца в 1,05 раза.

При минимальной обработке почвы с внесением опоки наблюдается превышение по сравнению с контролем подвижных форм кадмия и кобальта в 1,13 и 1,01 раза, соответственно.

Нами изучалась эффективность использования опал-кристобалитовой породы (опоки) в сочетании с минеральными удобрениями на аккумуляцию тяжёлых металлов (кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, хрома, железа) в землянике садовой сорта Эльсанта.

Максимальный урожай во все годы исследований был получен в варианте с применением минеральных удобрений (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность земляники садовой сорта Эльсанта в годы исследований, т/га

Вариант опыта	2011	2012	2013	Среднее значение	Отклонение от контроля	
					т/га	%
Контроль	13,52	11,50	11,11	12,04	-	-
+ Минеральные удобрения	14,17	12,28	12,21	12,89	+ 0,85	+ 7,6
+ Минеральные удобрения + опока	13,60	11,79	11,38	12,26	+ 0,22	+ 1,8
НСР ₀₅	0,41	0,44	0,11			

Внесение опоки способствовало повышению качества продукции, урожайность земляники была выше, чем в контрольном варианте.

По результатам наших исследований значения валового содержания тяжёлых металлов находятся ниже установленных предельно-допустимых концентраций. Превышение фоновых значений в 1,12 раза выявлено Pb на контрольном варианте опыта, снижение в 1,3 раза, в сравнении с контролем произ-

ходит при внесении минеральной подкормки, добавление к удобрениям опоки способствует уменьшению его содержания в 1,68 раза.

Внесение минеральной подкормки способствует понижению концентрации валовой формы тяжелых металлов, в сравнении с контролем: Cd в 1,0 раз, Cu, Mn и Fe в 1,1 раза, Cr в 1,5 раза.

Установленные концентрации подвижных форм элементов не превышают установленных ПДК. По рассчитанным значениям коэффициентов концентрации (Kс) подвижной формы в почве изученные металлы представлены следующим убывающим рядом: Cd_(1,14) Pb_(0,15) Cu_(0,06) Mn_(0,04) Cr_(0,03) Zn_(0,02).

Процент подвижности элементов увеличивается при внесении в почву минеральной подкормки в сравнении с контрольным вариантом: Cu в 1,0 раза, Mn в 1,1 раза, Cr в 1,7 раза; при добавлении опоки Cd в 1,24 раза, Pb в 1,52 раза, Zn в 1,22 раза.

Проведенными исследованиями установлено, что максимальная аккумуляция Cd, Pb, Mn и Cr происходит на стадии бутонизации земляники садовой; Cu, Pb, Zn и Fe - в период плодоношения и преимущественно в корнях растений.

Действие минеральной подкормки увеличивает поступление Cr в ягоды земляники садовой сорта Эльсанта в 2,7 раза, добавление опоки в 2,0 раза. Внесение опоки в сочетании с минеральными подкормками способствует снижению содержания в ягодах сорта Эльсанта Cd, Mn, Cr, повышению Zn, Cu, Pb.

3.3.3. Продуктивность посевов и вынос тяжелых металлов с урожаем

При всех изучаемых системах обработки почвы по объему выноса элементов из пахотного горизонта с надземной фитомассой металлы образуют следующий убывающий ряд: Mn > Zn > Cu > Co > Pb > Cd. С увеличением глубины обработки почвы снижается концентрация в надземной фитомассе пшеницы и ячменя Cd, Zn, Cu, Co и возрастает Mn. Высокотоксичный Pb интенсивнее выносятся из почвы при поверхностной обработке.

Внесение удобрений меняет динамику выноса тяжелых металлов с урожаем фитомассы, уменьшая поступление в просо, горох и гречиху Pb, Zn, Cu, Co, одновременно стимулируя миграцию в стебли и соцветия яровой пшеницы и овса Pb, Zn, Co. Удобренный ячмень и горох активнее выносят Mn и Cd.

3.4. Влияние объектов нефтедобычи на аккумуляцию тяжелых металлов и нефтепродуктов в агроландшафтах Самарской области

В настоящее время нефтедобыча осуществляется практически на всей территории Самарской области, которая условно поделена на три группы ме-

сторождений: северная, центральная и южная. В каждой группе месторождений выделяют основные разрабатываемые месторождения региона.

3.4.1. Северная группа месторождений нефти

Почвы участка Смагинского месторождения представлены черноземом выщелоченным и черноземом типичным. Значение балла бонитета почвы следующие: 76 и 49 соответственно. Почва находится под влиянием нефтедобывающих скважин и установки предварительного сброса пластовых вод (УПСВ).

По результатам проведенных анализов 2012 г и полученных данных можно отметить уменьшение содержания гумуса на 1,97, в сравнении с данными 2002 года, уменьшилось содержание гумуса на 1,97 %, произошло усиление кислотности почвы на 1,02, в 0,65 раза, уменьшение обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием.

В исследуемых образцах содержание подвижных форм меди в пахотном горизонте в 2,9 раза больше, чем в подпахотном, Содержание доступных форм кобальта в пахотном горизонте и в подпахотном горизонте составляет <0,1 мг/кг, что ниже необходимого, в 3 раза. Содержание подвижных форм цинка в пахотном в 1,7 раза больше, чем в подпахотном горизонте. В среднем значении оно составляет 0,25 мг/кг, что в 2,5 раза ниже необходимых количеств.

Во всех проанализированных образцах почвы содержание элементов Zn, Cu, Co находится в пределах ПДК. В результате проведенных исследований обнаружено превышение регионального фона тяжелых металлов для цинка в 3,25 раза, для Co в 3,76 раза.

Для всех почвенных образцов был проведен анализ на определение нефтяных углеводородов. Значение показателей колеблется в пределах 21,77-62,87 мг/кг, что не превышает установленных ПДК (1000 мг/кг).

Изучение почвенного покрова после воздействия нефтяного производства выявило в исследуемых образцах недостаточное содержание жизненно важных, необходимых для растений доступных форм Zn, Cu, Co.

3.4.2. Центральная группа месторождений нефти

Под объекты нефтедобычи Михайловско-Коханского месторождения нефти отведены сельскохозяйственные угодья с почвами пашни, почва участка – чернозем выщелоченный, балл бонитета – 85. Почва подвержена влиянию 10 нефтедобывающих скважин. Содержание в почвах тяжелых металлов, таких как никель, кадмий, свинец, медь, цинк, железо, марганец, находится в пределах допустимых концентраций, а ртуть и мышьяк полностью отсутствуют, валовое содержание хрома и кобальта превышает предельно допустимую концентрацию на 25-75 %. За счет увеличения площади переувлажненных земель возросли площади антропогенно измененных почв с 60 до 65 га. За период с 2002 по 2013 гг ежегодная потеря гумуса составила 0,2 т/га. Фоновые значения гумуса на

территориях Михайловско-Коханского месторождений находились в пределах оптимальных значений, поскольку земли, использовавшиеся под пашню, имели высокий балл бонитета. За время эксплуатации показатель плодородия почвы снизился с 7,0 до 6,5 %.

Показатель кислотности понизился в почвах месторождения с 6,7 до 6,2, снизились значения подвижного фосфора в 1,28 раза – с 80,0 до 62,6 мг/кг, в 1,45 раза обменного калия – с 152,0 до 104,9 мг/кг.

Выявлено увеличение содержания в почвах в 1,8 раза Zn и в 1,54 раза Cu. В процентах от валовых значений подвижность изученных элементов выражена убывающими рядами: Zn (0,97) > Co (0,91) > Cu (0,035). В черноземах месторождения выявлено недостаточное содержание подвижных форм: Zn в 8,62 раза, Cu в 14,29 раза, Co в 2,5 раза

3.4.3. Южная группа месторождений нефти

Почвенный покров пастбища, отведенный под Горбатовское месторождение нефти, представлен черноземом южным, балл бонитета 58, испытывает влияние нефтедобывающих скважин, УПСВ, большого количество трубопроводов. Последствием загрязнения участка нефтепромысловыми сточными водами стало резкое снижение обеспеченности почв подвижным фосфором в 3,60 раза и снижение обеспеченности калием в 3,46 раза.

В исследуемых образцах содержание нефтепродуктов превышает ПДК в 4,6 раза, что приводит к подавлению роста и развития растений и почвенной биоты. По содержанию валовых форм ТМ не наблюдается превышений значений ПДК, фоновые значения для черноземов Самарской области превышены для Ni в 1,68 раза и Pb в 1,12 раза в разрезе максимальных значений в исследованных образцах. Превышения ПДК (ОДК) фоновых значений валовых форм ни по одному из исследованных элементов не выявлено, по Ni наблюдается превышения фоновых значений во всех образцах, по Pb в 55,6 % образцах. По содержанию подвижных форм тяжелых металлов наблюдается превышение значений ПДК по Ni в 1,74 раза, Mn в 1,74 раза, Cr в 2,75 раза, то есть на 11%, 22% и 33 %, соответственно. Фоновые значения для черноземов Самарской области превышены для Ni в 1,68 раза и Pb в 1,12 раза в разрезе максимальных значений в исследованных образцах.

Концентрация валовых форм цинка, меди, кобальта не превышает допустимых норм, что позволяет рассматривать их в качестве эссенциальных микроэлементов.

В целом почвы сельскохозяйственных угодий, переданные во временное пользование под объекты нефтедобычи, претерпевают изменения под воздействием техногенной нагрузки: высокое содержание нефтепродуктов способствует повышению содержания органического вещества, разливы нефтепромысловых вод изменяют реакцию среды почвенного раствора. В связи с этим возврат земель в сельскохозяйственный оборот требует проведения своевременной рекультивации.

3.5. Эколого-экономическая и агроэнергетическая оценка приемов ремидации почв

3.5.1. Экономическая и агроэнергетическая оценка возделывания сои при использовании биологически активных веществ

Анализ экономической оценки возделывания сои Самар 3 в зависимости от предпосевной обработки семян подтвердил лучшую эффективность варианта с инокуляцией семян сочетанием ризоторфина и гумариза, где получен максимальный условно чистый доход – 32378 руб/га, лучшая рентабельность – 207 %, при наименьшей себестоимости 1 тонны зерна – 6509 руб/т.

3.5.2. Экономическая и агроэнергетическая оценка возделывания сои при применении природных адсорбентов и различных системах обработки почвы

Внесение природных сорбентов на всех изучаемых вариантах экономически и энергетически оправдано. Расчеты экономической эффективности возделывания сои свидетельствуют о том, что наиболее экономически и энергетически эффективным природным сорбентом является навоз, который вносится под глубокую отвальную вспашку и обеспечивает получение более высокого денежного и энергетического дохода: 22400 руб. и 30,35 ГДж/га. Рентабельность использования навоза составила 99-180 %, а коэффициент энергетической эффективности в среднем на 15,8 % выше других вариантов смесей.

3.5.3. Экономическая и агроэнергетическая оценка возделывания земляники садовой сорта Эльсанта при использовании минеральных удобрений и опоки

Рентабельность возделывания земляники на всех вариантах опыта не превышала 100%. Наиболее высокая рентабельность получалась при внесении минеральных удобрений, на 5 % выше контроля. При внесении опоки значение показателя рентабельности незначительно снижалось.

Сумма обменной энергии на вариантах с применением минеральных удобрений и дополнительным внесением опоки по отношению к контрольным значениям выше на 1,9 и 0,5 ГДж, а по уровню затрат совокупной энергии ниже на 0,6 и 2,6 ГДж, соответственно.

Чистый энергетический доход на 3,1 ГДж/га выше контроля на варианте с сочетанием минеральной подкормки и опоки, без внесения опоки показатель снижается на 0,6 ГДж/га. Максимальный коэффициент энергетической эффективности получен при расчете данных варианта минеральные удобрения+опока, он равен 1,54.

Экономически выгодным является применение минеральных удобрений, а именно: низкая себестоимость продукции – 68,8 руб./га, высокая рентабель-

ность – 67 %. Добавление опоки улучшает энергетические характеристики продукции: чистый энергетический доход, равный 10,3 ГДж/га, высокий коэффициент энергетической эффективности.

3.5.4. Оценка эколого-экономического воздействия объектов нефтедобычи на земли сельскохозяйственного назначения

Расчет оценки эколого-экономического воздействия произведен для почв Горбатовского месторождения нефти, поскольку исследуемые участки испытали большую антропогенную нагрузку в виде разливов нефти и нефтепромысловых вод. Ущерб, наносимый землям сельскохозяйственного назначения, складывающийся из ущерба от деградации земель (снижение цены земли), затрат на восстановление потерянного почвенного плодородия, возникающего в результате потерь содержания гумуса и питательных веществ в почве, стоимостной оценки недополученной продукции от уменьшения продуктивности земель в результате снижения плодородия, стоимостной оценки недополученной продукции от снижения продуктивности земель в результате загрязнения нефтепродуктами составил 10254,88 тыс. руб.

Эколого-геохимической нормой в нашем случае является ПДК содержания тяжелых металлов в почвах, все превышения их отнесены на счет антропогенного загрязнения. По результатам анализов можно заключить, что содержание тяжелых металлов в почвенных образцах соответствует ПДК, причем как в пахотном (0-25 см), так и в подпахотном горизонтах (25-40 см). Таким образом, в исследуемой почве содержание тяжелых металлов не оказывает негативного воздействия на произрастание растений.

Ущерб от загрязнения земель нефтью составил 467466,11 руб/га.

Подлежащий компенсации ущерб, окружающей природной среде от загрязнения нефтью на площади 5,3 га составил 2477,57 тыс. руб.

Размер ущерба деградированных почв с 1 га составил 172917,10 руб. Ущерб от деградации земель на площади 34,01 га составил 5880,91 тыс. руб.

Расчет затрат на восстановление нарушенных земель (падение содержания гумуса 2% и более) по системе сидерального пара принят по проектам аналогам по состоянию на 01.10.12 г, где удельные затраты составляют под пашню – 220,0 тыс. руб/га равнялся $8,62 \times 220,0 = 1896,4$ тыс. руб.

ВЫВОДЫ

На основании оценки содержания тяжелых металлов в типах и подтипах почв, основных сельскохозяйственных культурах и данных полевых экспериментов разработаны и научно обоснованы агротехнические приемы, позволяющие снизить уровень полиметаллического загрязнения сельхозугодий и продукции растениеводства в Самарской области.

Исходя из полученных результатов были сделаны следующие выводы:

1. Почвы агроландшафтов Самарской области по кислотно-основным свойствам, обеспеченности гумусом, питательными элементами пригодны для земледелия: реакция почвенного раствора варьирует от 5,2 до 7,6; содержание гумуса от 2,24 до 6,7 %, легкогидролизуемого азота от 29,0 до 50,0 мг/кг, подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) от очень низких (3,6 и 10,7 мг/кг соответственно) до очень высоких (559,7 и 180,0 мг/кг, соответственно) значений.

2. В почвах агроландшафтов природных провинций Самарской области, по сравнению с фоном активно накапливаются Cr, Fe, Zn, Cu, Mn, Pb. При этом почвы Прикондурчинской лесостепи и Приволжской возвышенности характеризуются минимальным содержанием Cu, Zn Fe и Mn.

В основных типах почв, используемых в сельскохозяйственном обороте, валовое содержание Mn, Pb, Zn, Cu больше в темно-серой лесной почве; содержание подвижных форм Pb и Cu – в темно-каштановой почве; Fe и Zn – в черноземах обыкновенных, Cr и Cd – в черноземах типичных и выщелоченных.

3. Суммарная подвижность тяжелых металлов, отражающая их потенциальную доступность для растений, в почвах пашни сухой степи Сыртового Заволжья составляет – 33,24 %, Приволжской возвышенности – 9,86 %, Прикондурчинской лесостепи – 7,48 %, Сыртовой степи Заволжья – 5,84 %; в почвах лесополос Низменного лесостепного Заволжья – 12,67 %, лесостепи Высокого Заволжья – 9,08 %, Низменного степного Заволжья – 7,02 %.

В почвах сельскохозяйственных угодий выявлено недостаточное содержание подвижной формы Zn (0,2-0,7 мг/кг); Cu – на пашне и пастбище (0,09 мг/кг почвы), избыточное содержание Mn – в почвах пастбища и лесополосы (20,3-33,4 мг/кг почвы).

4. Суммарные показатели загрязнения (Zc) почв агроландшафтов Самарской области тяжелыми металлами (Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Pb) соответствуют допустимому уровню. Минимальный показатель загрязнения (2,16) установлен для почв Приволжской провинции, максимальный (6,07) – для почв Низменного лесостепного Заволжья. Этот показатель в Сызранском районе, территория которого расположена в Среднерусской провинции лесостепной зоны, для почв пастбищ и залежей соответствует допустимому уровню загрязненности (2,13-12,0), почвы пашни (31,19) и пара (20,90) отнесены к умеренно опасной категории, почвы под многолетними насаждениями (36,59) – к опасному уровню.

5. Под влиянием объектов нефтедобычи в почвах пашни снижается содержание гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, подвижных форм цинка, меди и кобальта, усиливается кислотность почвенного раствора, на пастбищных почвах увеличиваются содержание органического углерода, обменного калия, подвижность меди и кобальта, снижается содержание подвижного фосфора. При превышении ПДК нефтепродуктов в почве возрастает концентрация никеля и марганца в 1,74 раза, хрома в 2,75 раза. Выявлена высокая корреляционная зависимость (r) содержания в почве нефтепродуктов, pH почвенного раствора (0,98) и содержания подвижных форм элементов (0,95-0,99).

6. Уровень накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах Самарского Заволжья не превышает ПДК в растительных кормах, за исключением Co в биомассе яровой мягкой пшеницы в северной лесостепи на черноземе выщелоченном и кукурузы в степной зоне на черноземе южном.

Выше региональных фоновых значений в пределах локальных участков пропашные культуры накапливают Pb, Zn, Cu, Co и Mn, озимые зерновые – Pb, Co, Zn, Mn, яровая пшеница – Zn, Co, зерновые фуражные – Co, Pb, Zn, Cu; зерновые бобовые – Pb, Co, Zn, Mn; крупяные – Zn, Pb, Co.

7. На накопление тяжелых металлов в фитомассе основных сельскохозяйственных культур достоверно влияют агроэкологические условия произрастания. Суммарное накопление тяжелых металлов в озимых зерновых, яровых злаках, зерновых фуражных, зерновых бобовых, крупяных культурах при возделывании в условиях Северной агроэкологической зоны в 1,2-1,5 раза выше, чем в Центральной и Южной зонах, в пропашных культурах максимальное накопление металлов выявлено в Центральной зоне.

В сходных почвенно-климатических и экологических условиях Приволжской возвышенности аккумуляцию тяжелых металлов картофелем и земляникой садовой отражают следующие возрастающие ряды: $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Cd$ и $Cu > Zn > Cr > Mn > Pb > Cd$, соответственно.

8. Для сельскохозяйственных растений Самарской области, в целом, характерна высокая кадмиево-цинковая физиологическая активность. Показатели биотичности этих элементов, отражающие тесноту биогеохимической связи состава живого организма с биосферой, максимальны для большинства изученных сельскохозяйственных культур. Максимальная величина биотичности установлена для Cd в биомассе кукурузы и подсолнечника (1,1), для Zn в биомассе эспарцета (0,5).

Основная масса тяжелых металлов локализуется в корнях сельскохозяйственных культур, у картофеля – в надземной части, минимальные количества элементов накапливаются в генеративных органах растений.

9. На снижение аккумуляции тяжелых металлов в сельскохозяйственных растениях влияет система обработки почвы. При глубокой отвальной вспашке в злаковых культурах содержание Mn, Cd, Zn снижается по сравнению с мелкой поверхностной обработкой почвы и прямым посевом в 1,2-2,7 раза, а по Pb, Cu и Co в 2,5-4,0 раза.

10. Внесение минеральных удобрений повышает содержание в почве валовых форм Cd, Pb и Co, в среднем, на 36,1 %, а Zn, Cu и Mn на 10,9 %, увеличивает мобильность Zn, Cu, Co и Mn в среднем на 25,9 %, снижает суммарную концентрацию тяжелых металлов в фитомассе яровой пшеницы, ячменя, овса, проса и гречихи в пределах 5,6-30,9 %, интенсифицирует миграцию Pb в растения яровой пшеницы, Cd, Zn и Cu – в биомассу ячменя и овса, Cd и Mn – гороха.

11. В Центральной агроклиматической зоне Самарской области применение биологически активных веществ Агрика, Ризоторфин, Гумариз при возделывании сои сорта Самер 3 незначительно уменьшает концентрацию валовых

(Co и Mn) и подвижных (Pb Cu, Co, Mn, Fe, Zn) форм тяжелых металлов в почве и значительно снижает в зерне сои содержание Pb, Cu, Fe, Cd (в 1,11-1,67 раза).

Использование природных адсорбентов (навоза, древесного угля, опоки) при возделывании сои в системах с глубокой (30 см), минимальной (15 см) и нулевой обработкой почвы также незначительно снижает относительно контроля валовую концентрацию и содержание подвижных форм Cd, Cu и Mn. Выявлена устойчивая тенденция снижения концентрации в зерне Pb, Cd, Zn и Fe при внесении опоки, Pb, Cd, Cu, Zn, Fe – навоза, Cd, Zn и Fe – древесного угля. Снижение концентрации тяжелых металлов в почве и зерне выявлено при использовании глубокой и нулевой обработки почвы.

12. В условиях Приволжской возвышенности на фоне внесения минеральных удобрений и опоки достоверно снижается валовая концентрация и содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве при возделывании земляники садовой. Усиливается поглощение тяжелых металлов растениями преимущественно на стадиях бутонизации (Cd, Mn, Cr) и плодоношения (Cu, Pb, Zn, Fe), а в ягодах, наоборот, снижается на этих же стадиях по сравнению с контролем – по Cd в 2,7 раза, Fe в 7,8 раза и Mn в 20,5 раза.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

На основании проведенных исследований разработаны рекомендации специалистам сельскохозяйственных предприятий.

1. При размещении культур в агроландшафтах Самарского Заволжья необходимо учитывать, что в почвенно-климатических условиях лесостепной зоны по сравнению со степной зоной тяжелые металлы активнее аккумулируются в биомассе растений. Для минимизации перехода тяжелых металлов из почвы в растения возделывать на загрязненных тяжелыми металлами почвах сельскохозяйственные культуры на кормовые цели и технические нужды.

2. При рекультивации почв, предназначенных для сельскохозяйственного использования, предусматривать применение биологически активных препаратов Агрика, Ризоторфин, Гумариз; внедрять севообороты, включающие растения, в дальнейшем используемые в качестве сидератов; вносить расчетные дозы минеральных и органических удобрений (навоза или органического компоста), снижающих суммарный объем поступления тяжелых металлов в фитомассу яровой пшеницы, ячменя, овса, проса и гречихи в среднем на 5,6-30,9%.

3. Обработку загрязненной почвы проводить с помощью отвальной вспашки на 25-27 см, которая способствует в среднем в 1,95 раза уменьшению поступления Cd, Pb Zn, Mn в растения, а Cu и Co в 3,25 раза, по сравнению с прямым посевом и поверхностной обработкой на 14-16 см. Дальнейшие обработки почвы должны быть только безотвальными, чтобы не выносить на её поверхность вымывшиеся легкорастворимые соли.

4. Почвы агроландшафтов, переданные во временное пользование под объекты нефтедобычи, подвержены процессам деградации и могут быть выведены из сельскохозяйственного оборота. Для оценки процесса восстановления нарушенных земель при осуществлении рекультивационных работ рекомендуется проведение агроэкологического мониторинга в течение всего мелиоративного периода.

5. В условиях создаваемых промышленных плантаций и интродукции новых для региона сортов земляники садовой следует проводить предварительные исследования их биоаккумуляционной способности по отношению к тяжелым металлам: свинцу, кадмию, цинку, меди, хрому, марганцу, железу.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Результаты, полученные при выполнении данной работы, целесообразно использовать при разработке региональных технологий рекультивации агроландшафтов, загрязненных тяжелыми металлами.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых изданиях:

1. Vorivokhina, N. M. Contents and accumulation of heavy metals in coal (the east-kasakhstan region coalfield) / M. S. Panin, N. M. Vorivokhina // *Geochemistru International*. – 1998. – Т. 36. – № 11. – С. 1076-1079. (Scopus).
2. Троц, Н. М. Химический состав и кормовая ценность фитомассы смешанных посевов силосных культур / В. Б. Троц, Н. М. Троц // *Сельскохозяйственная биология*. – 2010. – № 6. – С. 76-81.(Scopus).
3. Троц, Н. М. Химический состав и кормовая ценность фитомассы поливидовых посевов подсолнечника на силос / В. Б. Троц, Н. М. Троц // *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. – 2010. – № 5. – С. 56-60.
4. Троц, Н. М. Кормовая ценность фитомассы совместных посевов кукурузы с мальвой и донником однолетним / В. Б. Троц, Н. М. Троц // *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. – 2010. – № 4. – С. 61-64.
5. Троц, Н. М. Кормовая ценность фитомассы совместных посевов кукурузы с мальвой и донником однолетним / В. Б. Троц, Н. М. Троц // *Главный зоотехник*. – 2010. – № 2. – С. 14-17.
6. Троц, Н. М. Влияние способов посева кукурузы и мальвы на продуктивность агрофитоценозов и качество урожая / Н. М. Троц, В. Б. Троц // *Кукуруза и сорго*. – 2010. – № 1. – С. 8-11.
7. Троц, Н. М. Химический состав и кормовая ценность фитомассы смешанных посевов силосных культур / В. Б. Троц, Н. М. Троц // *Земледелие*. – 2010. – № 1. – С. 40-42.

8. Троц, Н. М. Химический состав экструдированного зернового корма / Н. М. Троц, В. Б. Троц, А. И. Путинцев // Аграрная Россия. – 2010. – № 6. – С. 37-38.
9. Троц, Н. М. Химический состав фитомассы сорго, суданской травы и донника белого однолетнего / В. Б. Троц, Н. М. Троц, Т. Х. Бахтияров // Аграрная Россия. – 2010. – № 2. – С. 38-40.
10. Троц, Н. М. Особенности накопления тяжелых металлов крупными культурами / Д. А. Ахматова, Н. М. Троц, В. Б. Троц // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 4. № 32-1. – С. 296-298.
11. Троц, Н. М. Особенности накопления тяжелых металлов в зернофуражных культурах / В. Б. Троц, Н. М. Троц, Д. А. Ахматов // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 11. – С. 37-38.
12. Троц, Н. М. Особенности аккумуляции тяжелых металлов в фитомассе кукурузы и подсолнечника / Д. А. Ахматов, Н. М. Троц, В. Б. Троц // Аграрная Россия. – 2011. – № 6. – II. – С. 56-58.
13. Троц, Н. М. Аккумуляция тяжелых металлов яровой пшеницей в агроландшафтах Самарского Заволжья / Н. М. Троц, В. Б. Троц, С. В. Обущенко // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 4. – С. 37-40.
14. Троц, Н. М. Характер поступления тяжелых металлов в озимые зерновые культуры Самарской Заволжья / Н. М. Троц, С. В. Обущенко, В. Б. Троц // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 11 (97). – С. 45-48.
15. Троц, Н. М. Аккумуляция тяжелых металлов зерновыми бобовыми культурами в агроландшафтах Самарского Заволжья / Н. М. Троц, С. В. Обущенко, В. Б. Троц // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 2. – С. 50-51.
16. Троц, Н. М. Особенности аккумуляции тяжелых металлов на черноземе южном / С. В. Ишкова, Д. А. Ахматов, Н. М. Троц // Аграрная Россия. – 2012. – № 6. – С. 31-35.
17. Троц, Н. М. Влияние обработки почвы на аккумуляцию тяжелых металлов в пахотном горизонте и фитомассе зерновых культур Самарского Заволжья / Н. М. Троц, В. Б. Троц, С. В. Обущенко // Аграрная Россия. – 2012. – № 12. – С. 7-10.
18. Троц, Н. М. Влияние нефтяных установок на загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и нефтепродуктами / С. В. Ишкова, Н. М. Троц, О. И. Горшкова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – № 5-1. – С. 217-219.
19. Троц, Н. М. Особенности аккумуляции макроэлементов и тяжелых металлов в почве и растениях земляники садовой (*Fragaria ananassa*) / Н. М. Троц, С. В. Ишкова, А. В. Батманов, Д. А. Ахматов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т. 14 – № 1. – С. 249-252.
20. Троц, Н. М. Особенности накопления тяжелых металлов перспективными сортами картофеля, возделываемыми в южной зоне Самарской области

- / Н. М. Троц, А. И. Черняков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 17-21.
21. Троц, Н. М. Влияние системного применения минеральных удобрений на содержание гумуса в черноземе обыкновенном / П. А. Чекмарев, С. В. Обущенко, Н. М. Троц // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 6. – С. 32-34.
22. Троц, Н. М. Аккумуляция тяжелых металлов черноземами Самарского Заволжья / В. Б. Троц, Н. М. Троц // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1. – С. 141-144.
23. Троц, Н. М. Влияние минеральных удобрений на аккумуляцию тяжелых металлов в почве и фитомассе зерновых культур / В. Б. Троц, Д. А. Ахматов, Н. М. Троц // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 1. – С. 45-49.
24. Троц, Н. М. Влияние почвенных биопрепаратов на содержание тяжелых в зерне сои / Н. М. Троц, М. Н. Сергеева, М. С. Сергеев // Аграрная Россия. – 2016. – № 12. – С. 21-24.
25. Троц, Н. М. Аккумуляция тяжелых металлов проростками яровой пшеницы / Н. М. Троц, О. В. Горшкова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – Т. 2. – № 2. – С. 7-10.
26. Троц, Н. М. Влияние природных адсорбентов на накопление тяжелых металлов земляникой садовой / Н. М. Троц, А. В. Батманов // Аграрная Россия. – 2017. – № 3 – С. 10-16.
27. Троц, Н. М. Биоэкологическая оценка возделывания перспективных сортов земляники садовой / Н. М. Троц, А. В. Батманов // Известия Самарской ГСХА – 2017. – № 2 – С. 7-10.
28. Троц, Н. М. 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.
29. Троц, Н. М. 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.
30. Троц, Н. М. Влияние природных адсорбентов на аккумуляцию тяжелых металлов в зерне сои / Н. М. Троц, М. Н. Сергеева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – Т. 2. – № 4. – С. 15-18.
31. Троц, Н. М. Оценка состояния земель сельскохозяйственного назначения Самарской области, находящихся в зоне нефтедобычи / Н. М. Троц, О. В. Горшкова // Аграрная Россия. – 2018. – № 4. – С. 10-13.

В других изданиях:

32. Троц, Н. М. Химический состав и кормовая ценность фитомассы смешанных посевов суданской травы / В. Б. Троц, Н. М. Троц / Аграрная наука. – 2010. – № 1. – С. 12-13.
33. Троц, Н.М. Влияние аккумуляции тяжелых металлов на качество зерна яровой пшеницы сорта «Кинельская 60» / Н. М. Троц, Д. А. Ахматов/ Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде: мат. VI Международной науч.-практич. конф. Семей, Казахстан, 2010. – Т. 2. – С. 440-442.

34. Троц, Н. М. Накопление свинца проростками яровой пшеницы сорта Кинельская 59 / А. А. Костюченко, Н. М. Троц, С. В. Обущенко / Материалы Международной конференции «Евразийская интеграция: Роль науки и образования в реализации инновационных программ». – Уральск: Изд-во Западно-Казахстанский аграрно - технологический университет имени Жангир Хана, 2012. – С. 95-96.
35. Троц, Н. М. Применение адсорбентов для регулирования накопления тяжелых металлов в почве и зерне сои сорта Самер 3, возделываемой при различных видах обработки почвы / М. Н. Скворцова, Н.М. Троц / Материалы региональной научно – практической конференции молодых ученых «Перспективы развития АПК в работах молодых ученых». ФГБОУ ВПО «Государственный аграрный университет Зауралья», 2014. – С. 145-150.
36. Троц, Н. М. Агроэкологический анализ состояния нефтезагрязненной почвы (на примере Алакаевского месторождения нефти Кинель – Черкасского района Самарской области) / О. В. Горшкова, Н. М. Троц / Материалы региональной научно – практической конференции молодых ученых «Перспективы развития АПК в работах молодых ученых». ФГБОУ ВПО «Государственный аграрный университет Зауралья», 2014. – С. 124-128.
37. Троц, Н. М. Влияние биологически активных препаратов на аккумуляцию тяжелых металлов в почве и растениях гороха сорта Флагман 12 / М. Н. Сергеева, Н. М. Троц / Материалы Международной научно – практической конференции «Вклад молодых ученых в аграрную науку». – Кинель: Изд – во Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2016. – С. 99-102.
38. Троц, Н. М. 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.
39. Троц, Н. М. Применение биологически активных препаратов при возделывании яровой пшеницы / В. Б. Троц, Н. М. Троц, С. Ю. Ершов, М. Н. Сергеева / Материалы V Юбилейной Международной научно – практической конференции «Коняевские чтения». – Екатеринбург, 2016. – С. 3-5.
40. Троц, Н. М. Динамика агроэкологических показателей состояния почв при возделывании картофеля в южной зоне Самарской области / Н. М. Троц, А. И. Черняков / Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. – Пенза, 2016. С. 3-5.
41. Троц, Н. М. Аккумуляция кадмия картофелем, выращиваемом в южной зоне Самарской области / А. И. Черняков, Н. М. Троц / Материалы Международной научно – практической конференции молодых ученых и специалистов «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки». – Изд – во «ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет». 2016. – С. 261-279.

42. Троц, Н. М. Влияние биопрепаратов на продуктивность твердой яровой пшеницы в условиях центральной зоны Самарской области / Н. М. Троц, М. Н. Сергеева, О. В. Горшкова / Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева. – Курган, 2016. – С. 246-250.
43. Троц, Н. М. Аккумуляция тяжелых металлов бронзовкой мраморной (PROTAETIA(LIOCOLA) MARMORATA) в процессе жизненного цикла / Н. М. Троц, А. А. Кужакова / Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. – Пенза, 2016. – С. 234-236.
44. Троц, Н. М. Агроэкологическая оценка почвенного покрова Белозерского месторождения нефти / Н. М. Троц, О. В. Горшкова / Материалы международной научно-практической конференции «Вклад молодых ученых в аграрную науку». Самарская государственная сельскохозяйственная академия. – Кинель, 2016. – С. 20-22.
45. Троц, Н. М. Влияние биологически активных препаратов на особенности формирования и величину урожая зерна сои сорта Самер 3 / М. Н. Сергеева, Н. М. Троц / Материалы Международной научно – практической конференции «Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения». Сборник научных трудов. Кинель, 2016. – С. 119-122.
46. Троц, Н. М. Влияние минеральных удобрений на развитие саженцев дуба черешчатого в условиях лесостепной зоны Самарского Заволжья / Н. М. Троц / Материалы Национальной научно – практической конференции «Состояние и перспективы развития лесного хозяйства». – Омск, ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. 2017. – С. 95-99.
47. Троц, Н. М. Рекультивация земель сельскохозяйственного назначения, находящихся в зоне нефтедобычи / Н. М. Троц, О. В. Горшкова / Материалы 70-й Международной научно-практической конференции «Современные проблемы агропромышленного комплекса». Кинель, 2017. – С. 66-68.
48. Троц, Н. М. 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.
49. Троц, Н. М. Влияние способов обработки почвы и внесения адсорбентов на аккумуляцию тяжелых металлов в почве и зерне сои сорта Самер 3 / Н. М. Троц, М. Н. Сергеева / Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы агропромышленного комплекса». Кинель, 2017. – С. 40-43.
50. Троц, Н. М. Накопление тяжелых металлов черноземами Самарского Заволжья / Н. М. Троц, В. Б. Троц, Д. А. Ахматов / Материалы Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием, посвященной 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Заслужен-

ного работника высшей школы РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области, заведующего кафедрой «Почвоведение, агрохимия и агроэкология» Куликовой Алевтины Христофоровны. 2017. – С. 372-382.

51. Троц, Н. М. Влияние обработки почвы на накопление тяжелых металлов / В. Б. Троц, Н. М. Троц, Д. А. Ахматов / Материалы Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием, посвященной 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Заслуженного работника высшей школы РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области, заведующего кафедрой «Почвоведение, агрохимия и агроэкология» Куликовой Алевтины Христофоровны. 2017. – С. 361-371.

52. Троц, Н. М. Экологическая устойчивость растений земляники садовой / А. В. Батманов, Н. М. Троц / Материалы Международной научной конференции «Инновационные достижения науки и техники АПК», Кинель, 2017. – С. 196-198.

53. Троц, Н. М. Сравнительная оценка интродуцированных сортов земляники садовой / Н. М. Троц, А. В. Батманов / Материалы Международной научной конференции «Инновационные достижения науки и техники АПК», Кинель, 2017. – С. 138-141.

54. Троц, Н. М. 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.

55. Троц, Н. М. Рекультивация почв после нефтехимического загрязнения / Н. М. Троц, О. В. Горшкова / Материалы Международной научно-технической интернет-конференции / под общей редакцией И.А.Басовой: сборник научных трудов. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017 г. – С.298-302.

56. Троц, Н. М. 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.

57. Троц, Н. М. Влияние минеральных удобрений и опоки на накопление тяжелых металлов растениями земляники садовой / Н. М. Троц, А. В. Батманов / Материалы VI Международной научно – практической конференции «Коняевские чтения». – Екатеринбург, 2018. – С. 188-192.

58. Троц, Н. М. Влияние объектов нефтедобычи на аккумуляцию тяжелых металлов и нефтепродуктов в агроландшафтах Самарской области / Н. М. Троц, О. В. Горшкова / Материалы Международной научно – практической конференции «Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий». – Рязань, 2018. – С. 401-407.

ЛР № 020444 от 10.03.98 г.
Подписано в печать 21.06.2018 г.
Формат 60×84 1/16. Печ.л. 2
Заказ № 188 Тираж 100 экз.

Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА
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