

РАВЗУТДИНОВ АМИР РАШИДОВИЧ

**АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ
ПЛОДОРОДИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ПРИЕМАМИ В УСЛОВИЯХ
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

06.01.04 - агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Казань - 2019

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» в 2013-2016 гг.

Научный руководитель - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» **Гилязов Миннегали Юсупович**

Официальные оппоненты: - доктор сельскохозяйственных наук, руководитель Удмуртского научно-исследовательского института сельского хозяйства - обособленного структурного подразделения ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» **Леднёв Андрей Викторович**;
- кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой почвоведения ИЭиП ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» **Смирнова Елена Васильевна**

Ведущая организация – Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук».

Защита состоится «11» декабря 2019 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 220.035.01 при ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» по адресу: 420011, г. Казань, Ферма 2, дом 53, ауд.18, тел. (факс) 8(843) 567-47-17, e-mail: info @ kazgau. com

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет».

Автореферат разослан октября 2019 года.

Объявление о защите диссертации, текст автореферата размещен на официальном сайте ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации www.vak.minobrnauki.gov.ru «10» октября 2019 года; текст диссертации и отзыв научного руководителя размещены на официальном сайте ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» www.kazgau.ru 2 октября 2019 года.

Просим принять участие в работе совета или прислать отзыв на автореферат в 2-х экземплярах, заверенный печатью, по адресу: 420011, г. Казань, Ферма 2, д. 53, e-mail: info@kazgau.com

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Кадырова Ф.З.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Нефтедобывающий комплекс оказывает сильное отрицательное влияние на окружающую среду, в том числе на почвенный покров. Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами ухудшает многие её агрохимические, агрофизические, биологические свойства и приводит к полной или частичной гибели сельскохозяйственных культур в течение многих лет. В связи с этим, возникает острая необходимость изыскания простых и эффективных приемов восстановления плодородия (рекультивации) нефтезагрязненных почв. Известен ряд способов ликвидации нефтяных загрязнений почвы, включающих механические (землевание, засыпка грунтом), физико-химические (сжигание, промывка, дренирование почвы, экстракция растворителями, сорбция, термическая десорбция), биологические (биоремедиация, фиторемедиация) методы. По мнению большинства ученых и специалистов, наиболее перспективен биологический метод, опирающийся на способность аборигенных или привнесенных углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) к активному разложению нефтяных веществ до безопасных соединений, эффективность которых сильно колеблется в зависимости от множества факторов и может быть повышена различными агроприемами. Особенно слабоизученными остаются агрохимические и агротехнические приемы рекультивации нефтезагрязненных почв.

Вопросы восстановления плодородия нефтезагрязненных почв актуальны и для Республики Татарстан (РТ), из недр которой добыто более 3,3 млрд. тонн нефти. Долгое время нефтедобыча в РТ в основном велась в юго-восточной зоне республики, в связи с чем главное внимание было уделено исследованию влияния нефтяного загрязнения на черноземные почвы (Гилязов, Гайсин, 2003; Смирнова, 2003; Гафарова, 2006). В настоящее время нефтедобыча активно ведется не только в зоне черноземных, но и в зоне распространения серых лесных почв, что делает актуальным изучение нефтезагрязненных аналогов последних.

Состояние изученности проблемы. Вопросам оценки действия нефти и нефтепродуктов на свойства почвы, продуктивность растений и разработки приемов восстановления плодородия нефтезагрязненных почв посвящены многие исследования зарубежных (Aken B.V. 2011; Bramley-Alves J. et al., 2014; Pirzadah T.B., 2015; Nwankwegu A.S., Anaukwu C.G., Onwosi C.O. etc., 2017; Dickinson N., 2017, Dhanwal P. et al., 2017; Saraeian Z., Haghghi M., Etemadi N. etc. и др.) и отечественных (Глазовская М.А., Пиковский Ю.И., 1980; Пиковский, Ю.И., 1993; Киреева Н.А., 1996; Солнцева Н. П., 1998; Габбасова И. М., 2001; Салангинас Л.А., 2003; Оборин А.А и др., 2008; Леднев А.В., 2008; Гилязов М.Ю. и др., 2009; Хазиев Ф.Х., 2012; Ищенко Е.П., 2016 и др.) ученых. В нашей республике вопросы рекультивации нефтезагрязненных почв освещены в работах М.Ю. Гилязова (1999), Е.В. Смирновой (2003), Н.Л. Ларионовой (2005), Е.В. Гафаровой (2006), А.П. Денисовой (2009); И.А. Дегтяревой, А.Я. Хидиятуллиной (2012), А.Я. Хидиятуллиной (2013), Г.Ф. Рахманова (2017) и др., в которых рассмотрены типы нарушенных земель в районах нефтедобычи и приемы рекультивации черноземных почв, изучены закономерности переноса и удерживания жидких

углеводородов в почве, биологической рекультивации нефтезагрязненных почв с использованием цеолитсодержащих пород, бентонитов, минеральных удобрений, фитомелиорантов, активных аборигенных микроорганизмов-деструкторов и наноструктурных сорбентов. Вместе с тем, недостаточно изучена продолжительность негативного воздействия различных уровней нефтяного загрязнения на агрохимические свойства серых лесных почв, продуктивность растений и эффективность комплексного применения агрохимических и агротехнических приемов на урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте.

Цель и задачи исследований. Цель настоящей работы - установление действия различных уровней и давности нефтяного загрязнения на основные агрохимические свойства почвы, урожайность сельскохозяйственных культур и оценка агрономической и экономической эффективности комплексного применения агрохимических и агротехнических приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы в условиях Республики Татарстан. Основные задачи исследования сформулированы следующим образом:

1. Охарактеризовать изменчивость основных агрохимических свойств серой лесной почвы в зависимости от уровня и давности нефтяного загрязнения;
2. Оценить действие однократного нефтяного загрязнения на урожайность и химический состав урожая сельскохозяйственных культур;
3. Установить действие агрохимических и агротехнических приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы на урожайность сельскохозяйственных культур;
4. Рассчитать прямые экономические потери от нефтяного загрязнения почв и оценить экономическую эффективность испытанных приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Агрохимические свойства нефтезагрязненной серой лесной почвы различного уровня и давности загрязнения;
2. Количественная оценка содержания бенз(а)пирена в нефтезагрязненных горизонтах серой лесной почвы;
3. Урожайность, структура и химический состав урожая сельскохозяйственных культур при различных уровнях и давности нефтяного загрязнения почвы;
4. Роль агрохимических и агротехнических приемов рекультивации нефтезагрязненной почвы в повышении урожайности сельскохозяйственных культур севооборота;
5. Экономические потери от нефтяного загрязнения серой лесной почвы и оценка экономической эффективности испытанных приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с концепцией развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2025 года и соответствует паспорту специальности 06.01.04 – агрохимия.

Научная новизна. Выявлены особенности трансформации агрохимических свойств серой лесной почвы во времени под влиянием трех уровней нефтяного загрязнения. Показано, что основные агрохимические параметры слабозагрязненной почвы (доза нефти 10 л/м²) десятилетней давности загрязнения существенно не отличаются от незагрязненного аналога. Установлена тесная положительная линейная зависимость содержания бенз(а)пирена от количества нефтяных веществ в серой лесной почве. Обнаружена тесная корреляция урожайности сельскохозяйственных культур от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы в течение не менее 12 лет после однократного нефтяного загрязнения. Проведено ранжирование отдельных приемов рекультивации по их вкладу в повышение среднегодовых прибавок урожая основной продукции в течение трех ротаций севооборота, выявлено преобладающее значение интенсивного рыхления почвы и внесения полного минерального удобрения. Доказана экономическая эффективность восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы сочетанием внесения полного минерального удобрения с рыхлением почвы и известкованием.

Практическая значимость работы. В дополнение к имеющимся показателям агрохимических свойств почв и продуктивности сельскохозяйственных культур, используемым для оценки плодородия нефтезагрязненных почв, предложен дополнительный показатель - содержание бенз(а)пирена в почве. Разработан способ восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы, состоящий из комплекса агрохимических и агротехнических приемов, который позволяет получить урожаи сельскохозяйственных культур, существенно не отличающиеся от урожаев на незагрязненной почве. Полученные данные о свойствах нефтезагрязненной серой лесной почвы, ответной реакции сельскохозяйственных культур на различные уровни загрязнения и способах восстановления плодородия нефтезагрязненных почв агрохимическими и агротехническими приемами могут быть использованы в процессе обучения студентов и специалистов агрономического профиля.

Внедрение результатов исследования. Разработанный способ восстановления плодородия нефтезагрязненной почвы испытан на трех загрязненных участках с общей площадью 733 м² и внедрен в 2015-2016 гг. на территории ООО «Сатурн-Урал» Лениногорского муниципального района РТ (акты внедрения имеются). Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе в рамках дисциплин «Рекультивация нарушенных земель» и «Реабилитация загрязненных почв», преподаваемых на агрономическом факультете Казанского ГАУ при подготовке бакалавров и магистров.

Достоверность результатов исследования подтверждается корректностью принятых методик проведения полевых экспериментов и лабораторных анализов, достаточным объемом полученной информации в течение трех ротации севооборота и статистической обработкой собранных данных методами дисперсионного и корреляционного анализа, положительными оценками результатов исследования на научно-практических конференциях.

Апробация работы. Основные результаты и положения диссертации доложены и обсуждены на всероссийской научно-практической конференции «Совершенствование адаптивной системы земледелия» (г. Казань, 2013); международной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения академика В.Р. Вильямса и 130-летию со дня рождения профессора Ф.В. Чирикова (г. Краснодар, 2013); международных научно-практических конференциях «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства» (г. Казань, 2014; 2016); международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.А. Зиганшина «Биологические и экологические проблемы современного земледелия и роль аграрной науки в его развитии» (г. Казань, 2015); научно-практической конференции «Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков» (г. Казань); международной научно-практической конференции «Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения» (г. Н. Новгород, 2017); международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современного земледелия и роль аграрной науки в его развитии» (г. Казань, 2018).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ.

Личный вклад. Автор непосредственно участвовал в постановке цели и задач исследования, проводил полевые эксперименты, лабораторные анализы почв и растений, выполнил статистическую обработку экспериментальных данных, подготовил и опубликовал статьи в научных изданиях, принимал участие во внедрении результатов исследования в производство. Результаты полевых и лабораторных исследований самостоятельно проанализировал, вполне грамотно и логически последовательно изложил в данной диссертации.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Она изложена на 238 страницах печатного текста, содержит 34 таблицы, 32 рисунка, 46 приложений. Список литературы включает 278 источников, в том числе – 39 на иностранном языке.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю профессору М.Ю. Гилязову и сотрудникам кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ за помощь в проведении исследований и моральную поддержку.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность изыскания эффективных приемов восстановления плодородия (рекультивации) нефтезагрязненных почв.

В **первой главе** представлен аналитический обзор литературы об источниках, причинах загрязнения почв нефтью, действии нефти и нефтепродуктов на свойства почвы и продуктивность растений, характере самоочищения нефтезагрязненных почв и возможных приемах рекультивации.

Во **второй главе** приводятся почвенно-климатические условия региона и методика проведения исследования.

Объектом исследования явились серые лесные почвы Предкамья РТ, искусственно загрязненные товарной нефтью. Исследование проводилось на двух микрополевых стационарных опытах, заложенных в 2004 г. (МпО № 1) и 2014 г. (МпО № 2) на одном массиве. Почвы опытных участков до загрязнения характеризовались низким содержанием гумуса, слабокислой реакцией среды, повышенным и средним содержанием подвижных форм соответственно фосфора и калия, средней обеспеченностью подвижными формами микроэлементов (В, Мо, Мп, Сu, Zn, Со).

Почвы были искусственно загрязнены дозами товарной нефти 10; 20; 40 л/м² (МпО №1) и 12,5; 25; 50 л/м² (МпО №2), которые примерно соответствуют слабому, среднему и сильному уровню загрязнения. Площадь микроделенок 0,50 м², повторность опыта 4-х кратная. Почва была равномерно загрязнена товарной нефтью заливкой микроделенок с поверхности.

В *первом опыте* в год загрязнения (2004 г.) семена викоовсяной смеси посеяли на 3-й день после загрязнения. В 2005-2016 гг. в течение трех ротации севооборота изучалось действие нефтяного загрязнения на яровую пшеницу, ячмень, яровой рапс, просо. В качестве рекультивационных приемов изучены: послойное рыхление почвы, внесение органических и минеральных удобрений, известкование и инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 (таблица 5). Доза известки, рассчитанная по величине гидролитической кислотности, равнялась 0,6 кг/м². За весь период наблюдений (2004-2016 гг.) известняковая мука была внесена 3 раза (2004, 2009 и 2014 гг.), биогумус (0,3 кг/м²) пять раз (через каждые два года), а минеральные и бактериальные удобрения - ежегодно. В соответствующих вариантах опыта, для интенсивной аэрации почвы, в течение двух лет после загрязнения почва содержалась по системе чистого пара. В это время минеральные удобрения, предназначенные для стимуляции активности углеводородокисляющих микроорганизмов, были внесены из расчета 8 г д.в./м² с соотношением азота, фосфора и калия 1:0,4:0,2. В последующие годы нормы минеральных удобрений рассчитывали расчетно-балансовым методом для получения запланированной урожайности. В качестве биоудобрения использовали биопрепарат Байкал ЭМ-1, содержащий комплекс полезных микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности. Годовую норму биопрепарата Байкал ЭМ-1 (30 мл/м²) вносили в почву в три приема равными дозами: перед посевом, в середине июня и июля. Рабочий раствор биопрепарата приготовили из жидкого концентрата с разбавлением дистиллированной водой в соотношении 1:100.

Второй микрополевой опыт (МпО № 2) заложен в 2014 году с целью оценки влияния биопрепарата Микрозим (tm) «Петро Трит» («ПЕТРО ТРИТ») в сочетании с минеральными удобрениями и механической обработкой нефтезагрязненной почвы на её фитотоксичность в звене севооборота: яровая пшеница - ячмень – яровой рапс – просо. Варианты опыта приведены в таблице 6. В течение двух лет (2014-2015 гг.) в соответствующих вариантах опыта почва содержалась по системе чистого пара. Нормы внесения полного минерального

удобрения (NPK) рассчитывали расчетно-балансовым методом для получения запланированной урожайности подопытных культур.

Основные агрохимические анализы почв и растений выполнены в ФГБУ ЦАС «Татарский», на кафедре агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ и в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан» общепринятыми методами (ГОСТ 26213-91; ГОСТ 17.4.4.01-84; ГОСТ 26212-91; ГОСТ 26107-84; ГОСТ 26484-85; ГОСТ 26207-91; ГОСТ Р 50682-94; ГОСТ Р 50686-94; ГОСТ Р 50684-94; ГОСТ Р 50687-94; ГОСТ Р 50689-94; ГОСТ Р 50688-94; ГОСТ 13496.4-93; ГОСТ 26657-97; ГОСТ 30504-97). Содержание нефти в почве определили фотоколориметрическим методом в вытяжке толуола, бенз(а)пирена - методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02» по М 03-04-2002.

Статистическая обработка результатов учета и измерений проведена методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985) с использованием программ для Microsoft Excel 97. Корреляционно-регрессионный анализ выполнен с помощью программы Statistica ver. 5.5 A for Windows.

Третья глава «Результаты исследования» состоит из шести разделов.

3.1 Распределение нефти по почвенному профилю в условиях преднамеренного загрязнения

Глубина проникновения нефтяных веществ в толщу серой лесной почвы обуславливалась дозой нефти и при испытанных её дозах 12,5; 25 и 50 л/м² составила соответственно 30, 45 и 60 см. Минимальное количество нефтяных веществ в оба срока наблюдения (через 16 и 365 дней после загрязнения) обнаружилось на максимальной глубине их проникновения. Глубина расположения горизонта почвы, содержащего максимальное количество нефтяных веществ, зависела от дозы нефти и давности загрязнения. Если в свежезагрязненной почве независимо от доз нефти максимальное количество нефти обнаружилось в верхнем 0-15 см слое, то через год после загрязнения максимальной дозой (50 л/м²) наибольшее количество нефтяных веществ обнаружилось в слое 30-45 см. В течение первого года после загрязнения из слоев 0-15 и 15-30 см элиминировалось соответственно 42-48 и 22-36 % исходного количества нефтяных веществ, в то время как в нижележащих слоях происходило возрастание их концентрации на 7-12 %.

3.2 Трансформация агрохимических свойств серой лесной почвы под действием товарной нефти

Динамика изменения поглотительных свойств и питательного режима серой лесной почвы. Под действием нефтяного загрязнения в серой лесной почве резко увеличилось содержание общего углерода, снизилась емкость катионного обмена, гидролитическая кислотность, содержание подвижных форм азота, фосфора и калия (таблица 1). Среди изученных агрохимических показателей

действие нефтяного загрязнения особенно рельефно проявилось в увеличении углерода и расширении соотношения между азотом и углеродом.

Таблица 1 - Влияние свежего и старого нефтяного загрязнения на некоторые агрохимические свойства верхнего 0-30 см слоя серой лесной почвы

Доза нефти, л/м ²	Углерод, %	Азот, %	C/N	ЕКО	Нг	pH _{кол.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _ш *
				ммоль/100 г			мг/кг		
Давность загрязнения** 16 дней (МпО №2)									
0	<u>1,67</u> 100	<u>0,135</u> 100	<u>12,4</u> 100	<u>21,6</u> 100	<u>4,4</u> 100	<u>5,4</u> 100	<u>126</u> 100	<u>121</u> 100	<u>158</u> 100
12,5	<u>3,73</u> 223***	<u>0,137</u> 101	<u>27,2</u> 219	<u>17,8</u> 82	<u>3,7</u> 84	<u>5,4</u> 100	<u>102</u> 81	<u>99</u> 82	<u>125</u> 79
25	<u>6,04</u> 362	<u>0,135</u> 100	<u>44,7</u> 360	<u>15,5</u> 72	<u>3,4</u> 77	<u>5,5</u> 102	<u>98</u> 78	<u>97</u> 80	<u>102</u> 65
50	<u>9,89</u> 592	<u>0,136</u> 101	<u>72,7</u> 586	<u>13,1</u> 61	<u>3,2</u> 73	<u>5,7</u> 106	<u>95</u> 75	<u>94</u> 78	<u>83</u> 53
НСР ₀₅	0,12	F _ф <F ₀₅	-	0,8	0,3	0,2	6	6	10
Давность загрязнения 10 лет (МпО №1)									
0	<u>1,69</u> 100	<u>0,13</u> 100	<u>13,0</u> 100	<u>20,8</u> 100	<u>4,6</u> 100	<u>5,4</u> 100	<u>126</u> 100	<u>123</u> 100	<u>164</u> 100
10	<u>1,76</u> 104	<u>0,14</u> 108	<u>12,8</u> 98	<u>20,7</u> 100	<u>4,7</u> 102	<u>5,4</u> 100	<u>125</u> 99	<u>124</u> 101	<u>166</u> 101
20	<u>1,88</u> 111	<u>0,13</u> 100	<u>14,5</u> 112	<u>19,3</u> 93	<u>4,6</u> 100	<u>5,4</u> 100	<u>127</u> 101	<u>123</u> 100	<u>165</u> 101
40	<u>2,28</u> 135	<u>0,13</u> 100	<u>17,5</u> 135	<u>18,9</u> 91	<u>4,3</u> 93	<u>5,4</u> 100	<u>120</u> 95	<u>118</u> 96	<u>164</u> 100
НСР ₀₅	0,08	F _ф <F ₀₅	-	1,2	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	5	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅

Прим.: * - щелочногидролизуемый азот по Корнфилду; ** - время, прошедшее с момента загрязнения до отбора почвенных проб; *** - в процентах по отношению к незагрязненной почве.

Глубина трансформации и темпы восстановления агрохимических свойств (приближение к значениям незагрязненной почвы) обуславливались уровнем и давностью загрязнения. Слабозагрязненная (10 л/м²) серая лесная почва десятилетней давности загрязнения существенно не отличалась от незагрязненного аналога ни по одному агрохимическому показателю. Нефтезагрязненная почва десятилетней давности загрязнения наиболее существенно отличалась от контрольной почвы по содержанию общего углерода. Положительная линейная зависимость содержания углерода от исходного уровня нефтяного загрязнения описывалась уравнением:

$$Y = 0,015 \cdot x + 1,638,$$

где $У$ – содержание общего углерода в процентах;
 x – доза нефти, л/м².

Коэффициент детерминации (R^2) содержания общего углерода от исходного уровня нефтяного загрязнения равнялся 0,958, что указывает на наличие весьма тесной зависимости между этими двумя переменными.

Влияние нефтяного загрязнения на содержание микроэлементов и бенз(а)пирена в серой лесной почве. Под действием нефтяного загрязнения содержание подвижных форм меди и кобальта не изменилось, марганца – увеличилось, а бора, молибдена и цинка достоверно снизилось, однако обеспеченность серой лесной почвы подвижными формами ни одного микроэлемента под действием нефтяного загрязнения не перешла в другую группу обеспеченности (таблица 2).

Таблица 2 - Влияние нефтяного загрязнения* на содержание подвижных форм микроэлементов в верхнем 0-30 см слое серой лесной почвы (МпО № 2)

Элементы	Давность загрязнения 16 дней			Давность загрязнения** 1 год		
	Доза нефти, л/м ²		НСР ₀₅ , мг/кг	Доза нефти, л/м ²		НСР ₀₅ , мг/кг
	0	25		0	25	
В	$\frac{0,71^{***}}{100}$	$\frac{0,46}{65}$	0,06	$\frac{0,62}{100}$	$\frac{0,48}{77}$	0,06
Mo	$\frac{0,17}{100}$	$\frac{0,14}{82}$	0,02	$\frac{0,16}{100}$	$\frac{0,14}{88}$	$F_{\phi} < F_{05}$
Mn	$\frac{49}{100}$	$\frac{58}{118}$	6,0	$\frac{51}{100}$	$\frac{57}{112}$	3,0
Cu	$\frac{3,1}{100}$	$\frac{3,0}{97}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$\frac{3,1}{100}$	$\frac{3,1}{100}$	$F_{\phi} < F_{05}$
Zn	$\frac{4,1}{100}$	$\frac{3,4}{83}$	0,7	$\frac{4,2}{100}$	$\frac{3,6}{86}$	0,3
Co	$\frac{1,5}{100}$	$\frac{1,5}{100}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$\frac{1,6}{100}$	$\frac{1,6}{100}$	$F_{\phi} < F_{05}$

Прим.: * - доза нефти 25 л/м²; ** - время, прошедшее с момента загрязнения до отбора почвенных проб; *** - в числителе в мг/кг почвы, в знаменателе - в процентах по отношению к уровню в незагрязненной почве.

Влияние нефти на обеспеченность микроэлементами в почве одногодичной давности загрязнения проявилось менее рельефно. Данное обстоятельство, на наш взгляд, обусловлено деградацией нефтяных веществ за истекший год и уменьшением блокирующего эффекта нефтяной пленки переходу ионов микроэлементов из почвенных частиц в экстракт.

Среди множества токсичных веществ, вызывающих большую озабоченность специалистов и населения, особое место занимает бенз(а)пирен, являющийся наиболее распространенным канцерогеном. Под влиянием товарной нефти, внесенной год назад дозой 25 л/м², содержание бенз(а)пирена в

нефтезагрязненных горизонтах почвы возросло до 210-390 мкг/кг, что выше ПДК в 10,5-19,5 раза (таблица 3).

Таблица 3 - Содержание бенз(а)пирена в нефтезагрязненной серой лесной почве (МпО № 2, отбор проб 13.05.2015)

Почва	Слой, см	Содержание бенз(а)пирена, мкг/кг	Кратность повышения бенз(а)пирена от нефтяного загрязнения	Содержание нефтяных веществ, мг/кг
Незагрязненная почва (контроль)	0-15	0,70±0,25	-	0
	15-30	1,50±0,53	-	0
	30-45	5,30±1,90	-	120
Нефтезагрязненная почва (НЗП)*	0-15	390±97	557	23800
	15-30	210±50	140	12500
	30-45	360±90	68	10900
ПДК	-	20	-	-

Прим.: * - загрязнение нефтью из расчета 25 л/м² проведено 14 мая 2014 года.

Установлена тесная положительная линейная зависимость ($R^2=0,845$) содержания бенз(а)пирена от количества нефтяных веществ в серой лесной почве. Следовательно, для объективной оценки плодородия нефтезагрязненных лесных почв необходимо учесть не только основные агрохимические показатели почв и продуктивность произрастающих растений, но и содержание бенз(а)пирена.

3.3 Действие нефтяного загрязнения на продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях серой лесной почвы

Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы нефтью. Однократное загрязнение серой лесной почвы испытанными дозами товарной нефти оказало сильное токсичное влияние на сельскохозяйственные культуры в течение трех лет с момента загрязнения, в связи с чем подопытные растения или не дали всходов, или урожайность основной продукции снизилась в 2,70-5,15 раза (таблица 4). В зависимости от доз нефти всходы испытанных культур не появились в течение одного года (12,5 л/м²), двух лет (25 л/м²) и трех (50 л/м²) лет. Размеры снижения урожайности соломы ярового рапса и проса от нефтяного загрязнения были меньшими, чем таковые зерна. Так, если урожайность зерна проса от доз нефти 12,5 и 25 л/м² снизилась по отношению к контролю в 2,70 и 5,17 раза, то снижение урожайности соломы составило соответственно в 2,09 и 3,65 раза. Обнаружилась тесная отрицательная зависимость урожайности зерна ($R^2=0,466\div 0,793$) и соломы ($R^2=0,467\div 0,886$) сельскохозяйственных культур от доз однократно внесенной товарной нефти.

Помимо дозы нефти на урожайность всех испытанных культур сильное влияние оказала давность загрязнения (рис. 1). Установлена тесная положительная зависимость урожайности подопытных культур (яровая пшеница, яровой ячмень,

Таблица 4 – Влияние однократного нефтяного загрязнения на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях серой лесной почвы (МпО № 2)

Доза нефти, л/м ²	Яровой ячмень		Яровой рапс		Просо	
	Давность загрязнения*					
	3 дня		1 год		2 года	
	зерно	солома	маслосемена	солома	зерно	солома
0 (контроль)	$\frac{178^{**}}{100}$	$\frac{201}{100}$	$\frac{114}{100}$	$\frac{145}{100}$	$\frac{186}{100}$	$\frac{485}{100}$
12,5	0	0	$\frac{32}{28}$	$\frac{46}{32}$	$\frac{69}{37}$	$\frac{232}{48}$
25	0	0	0	0	$\frac{36}{19}$	$\frac{133}{27}$
50	0	0	0	0	0	0
НСР ₀₅ (г/м ²)	7	6	5	6	26	50

Прим.: * - время, прошедшее с момента загрязнения до посева сельскохозяйственной культуры; ** - в числителе в г/м², в знаменателе – в процентах к уровню контроля (незагрязненной почвы).

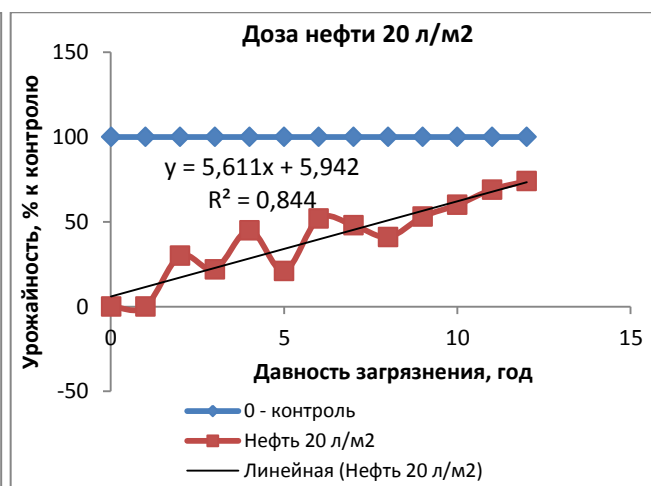
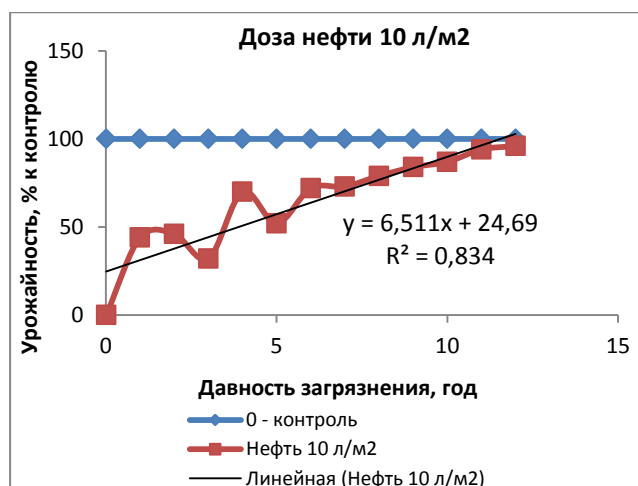
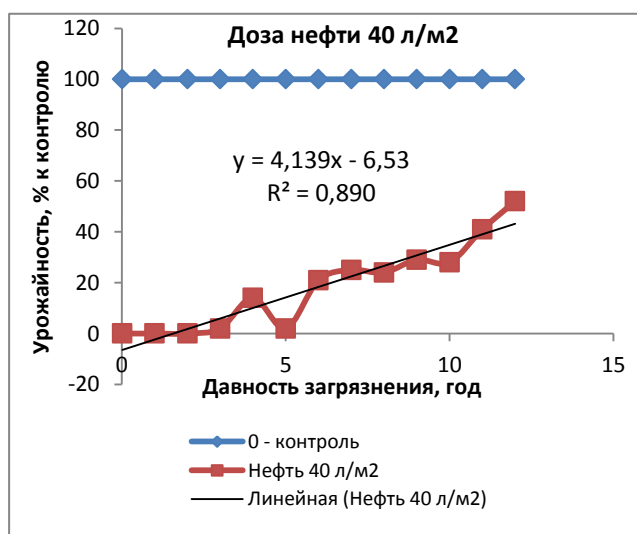


Рис. 1 Зависимость урожаев основной продукции сельскохозяйственных культур от давности однократного нефтяного загрязнения различного уровня (МпО № 1)

яровой рапс, просо) от давности нефтяного загрязнения серой лесной почвы товарной нефтью ($R^2=0,834\div 0,890$). Благодаря этому в течение всего срока наблюдения (12 лет) происходило медленное и скачкообразное приближение её к уровню урожайности на незагрязненной почве, что свидетельствует о возможности постепенного элиминирования фитотоксичности загрязненной почвы без приемов рекультивации.

Изменение структуры урожая сельскохозяйственных культур под влиянием нефтяного загрязнения. Обнаружилось тесная отрицательная зависимость элементов структуры урожая от степени загрязнения серой лесной почвы нефтью. Снижение урожайности от нефтяного загрязнения обуславливалось ухудшением всех элементов структуры урожая, однако размеры их изменения были неодинаковыми в зависимости от уровня и давности загрязнения. Нефтяное загрязнение в наибольшей степени уменьшало число зерен в колосе (стручке, соцветии) или число продуктивных стеблей (соцветий, стручков) на единицу площади. В наименьшей степени от старого нефтяного загрязнения снизилась масса 1000 зерен (семян). Так, от максимальной дозы нефти число продуктивных соцветий проса на единицу площади и зерен в соцветии, по сравнению с контролем, уменьшилась на 23 и 29 %, в то время как число растений проса на единицу площади и масса 1000 зерен – соответственно на 17 и 9 %.



3.4 Химический состав растений на нефтезагрязненной серой лесной почве

Изучено содержание общего азота, фосфора и калия в растениях ярового рапса и проса, выращенных через один и два года после загрязнения нефтью дозами 12,5 и 25 л/м². Под действием нефтяного загрязнения содержания азота и фосфора с одной стороны, и калия с другой, изменились в противоположных направлениях. Если содержание азота и

фосфора в растениях под влиянием нефти снижалось (по отношению к контролю), то калия – повышалось. Причем, эти изменения были более значимыми при более

высокой дозе нефти и затухали по мере старения нефтяного загрязнения. Загрязнение почвы нефтью заметнее отразилось в химическом составе вегетативной, нежели генеративной части урожая обеих испытанных культур. Из трех макроэлементов, изученных нами, под действием нефти более заметно изменилась концентрация азота. На наш взгляд, обнаруженные изменения содержания азота, фосфора и калия в урожае испытанных культур под влиянием нефтяного загрязнения объясняются неодинаковым влиянием последнего на процессы накопления сухого вещества и поглощения отдельных химических элементов, в результате чего обнаруживаются разнонаправленные изменения (повышение или снижение) в концентрации химических элементов репродуктивных и вегетативных органах растений.

3.5 Восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы агроэкологическими приемами

Действие агрохимических и агротехнических приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы на урожайность сельскохозяйственных культур. В таблице 5 приведены прибавки урожая основной продукций сельскохозяйственных культур по вариантам первого опыта

Таблица 5 – Прибавки урожая основной продукции (зерно, маслосемена) сельскохозяйственных культур от приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы (МпО № 1)

Год, культура	Приемы рекультивации						НСР ₀₅ (г/м ²)
	Рыхление	Известь + Рыхление	Известь + Рыхление + NPK	Известь + Рыхление + Биогумус	Известь + Рыхление + Байкал	Известь + Рыхление + Байкал + NPK	
2005, яровая пшеница	- *	-	-	-	-	-	-
2006, ячмень	<u>58</u> ** 116	<u>66</u> 132	<u>99</u> 198	<u>95</u> 190	<u>82</u> 164	<u>121</u> 242	12
2007, яровой рапс	<u>58</u> 171	<u>62</u> 182	<u>95</u> 279	<u>90</u> 265	<u>81</u> 238	<u>102</u> 300	10
2008, просо	<u>63</u> 64	<u>73</u> 73	<u>96</u> 97	<u>91</u> 92	<u>86</u> 87	<u>103</u> 104	13
2009, яровая пшеница	<u>86</u> 141	<u>101</u> 166	<u>162</u> 266	<u>136</u> 223	<u>127</u> 208	<u>173</u> 284	16
2010, ячмень	<u>19</u> 45	<u>20</u> 48	<u>34</u> 81	<u>24</u> 57	<u>30</u> 71	<u>40</u> 95	9

2011, яровой рапс	$\frac{9}{11}$	$\frac{16}{20}$	$\frac{88}{111}$	$\frac{69}{87}$	$\frac{44}{56}$	$\frac{95}{120}$	11
2012, просо	$\frac{18}{18}$	$\frac{29}{29}$	$\frac{180}{178}$	$\frac{121}{120}$	$\frac{64}{63}$	$\frac{191}{189}$	12
2013, яровая пшеница	$\frac{19}{18}$	$\frac{19}{18}$	$\frac{131}{127}$	$\frac{59}{57}$	$\frac{49}{48}$	$\frac{148}{144}$	13
2014, ячмень	$\frac{10}{8}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{141}{114}$	$\frac{88}{71}$	$\frac{61}{49}$	$\frac{161}{130}$	15
2015, яровой рапс	$\frac{5}{5}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{91}{96}$	$\frac{80}{84}$	$\frac{39}{41}$	$\frac{106}{112}$	13
2016, просо	$\frac{9}{6}$	$\frac{10}{7}$	$\frac{114}{83}$	$\frac{97}{70}$	$\frac{43}{31}$	$\frac{133}{96}$	13

Прим.: * - выполнение приемов рекультивации без посева сельскохозяйственной культуры; ** - в числителе в г/м², в знаменателе – в процентах к уровню урожая на нефтезагрязненной почве.

(МпО №1), где в качестве восстановительных плодородие нефтезагрязненной почвы приемов изучены: послойное рыхление почвы, внесение органических и минеральных удобрений, известкование и инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1. Эффективность приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы оценивали по урожайности сельхозкультур звена севооборота «яровая пшеница – ячмень – яровой рапс – просо», и она оказалась высокой. С момента закладки опыта прошла три ротации севооборота, то есть каждая культура в 2005-2016 гг. возделывалась три раза при различной давности загрязнения.

Прибавки урожая основной продукции от приемов рекультивации сильно варьировали по вариантам опыта и годам: относительные размеры прибавок урожая (в процентах к уровню урожая на нефтезагрязненной почве) зерна (маслосемян) испытанных культур по мере старения нефтяного загрязнения постепенно снижались. Так, если в первой ротации севооборота (2005-2008 гг.) прибавки урожая зерна ячменя, рапса и проса от приемов рекультивации колебались в пределах от 64 до 300 % к уровню урожая на нефтезагрязненной почве, то во второй (2009-2012 гг.) и третьей ротациях (2013-2016 гг.) севооборота прибавки урожая от приемов рекультивации уменьшились и составили соответственно 11-284 и 5-144 %. Однако при этом абсолютные величины прибавок урожая не снижались, а наоборот, имели тенденцию некоторого роста. Например, если в первой ротации севооборота прибавки урожая основной продукции ячменя, ярового рапса и проса равнялись 120; 102 и 103 г/м², то в третьей ротации они составили соответственно 161; 106 и 133 г/м².

Максимальные прибавки урожая как основной, так и побочной продукции всех подопытных культур были получены по варианту опыта «Известь+Рыхление+НРК+Байкал», то есть при комплексном применении интенсивной механической обработки почвы, химической мелиорации, полного минерального удобрения и биопрепарата Байкал ЭМ-1. Этой комбинации несколько уступал вариант рекультивации «Известь+Рыхление+НРК». Третью позицию по величине прибавок урожая основной продукции занял вариант рекультивации

«Известь+Рыхление+Биогумус», то есть влияние минерального удобрения на урожайность сельскохозяйственных культур было более существенным, чем биогумуса. Ранжирование сочетаний приемов рекультивации по величине среднегодовой прибавки урожая основной продукции наглядно иллюстрируется линейчатой диаграммой (рис. 2).

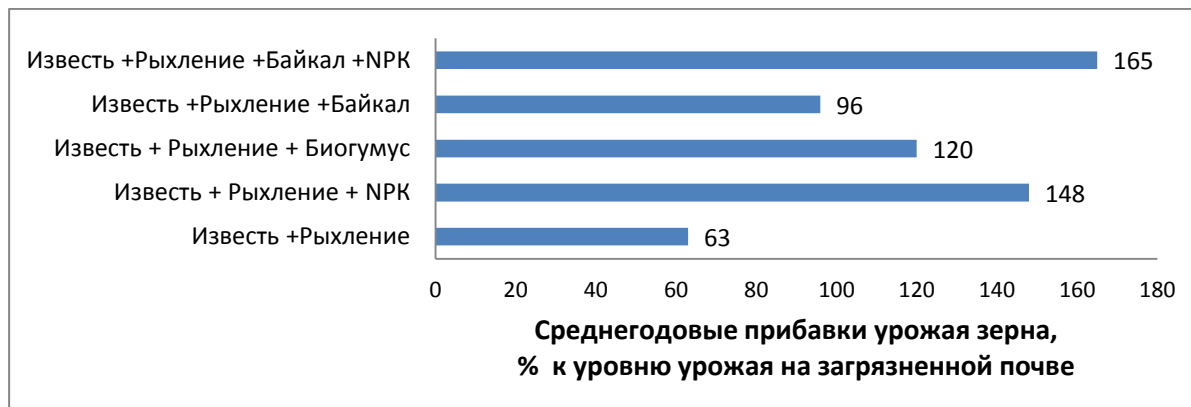


Рис. 2 Среднегодовые прибавки урожая основной продукции (зерно, маслосемена) от сочетания приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы (МпО № 1, 2006-2016 гг.)

Прибавки урожая основной продукции от отдельных приемов рекультивации, рассчитанные вычленением из комбинации приемов, показали значимость каждого приема в повышении урожайности. Они по их вкладу в повышение среднегодовых прибавок урожая основной продукции в 2006-2016 гг. расположились в следующий убывающий ряд: внесение полного минерального удобрения > внесение биогумуса > рыхление почвы > инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 > известкование (рис. 3).

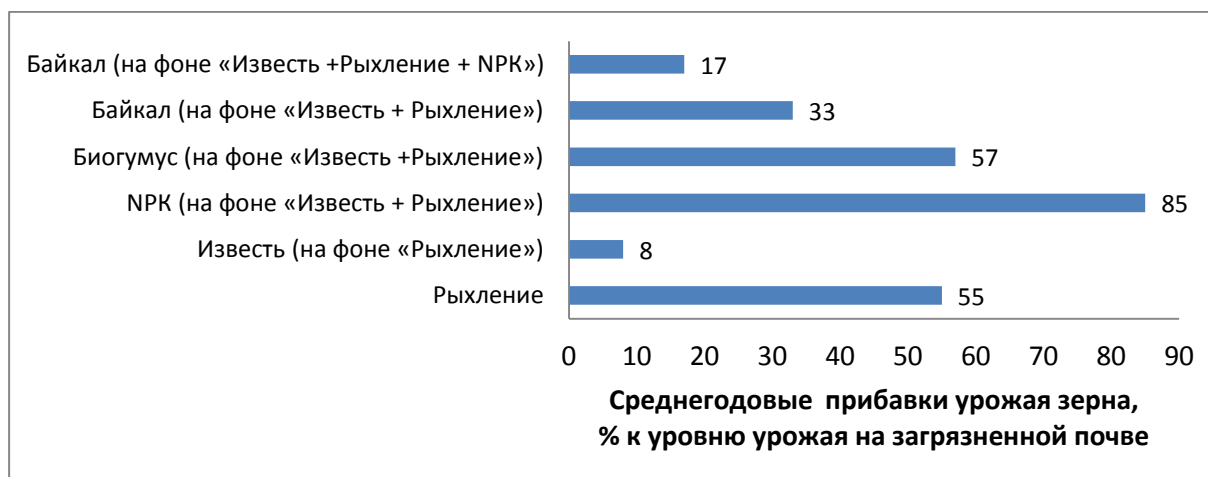


Рис. 3 Среднегодовые прибавки урожая основной продукции (зерно, маслосемена) от отдельных приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы (МпО № 1, 2006-2016 гг.)

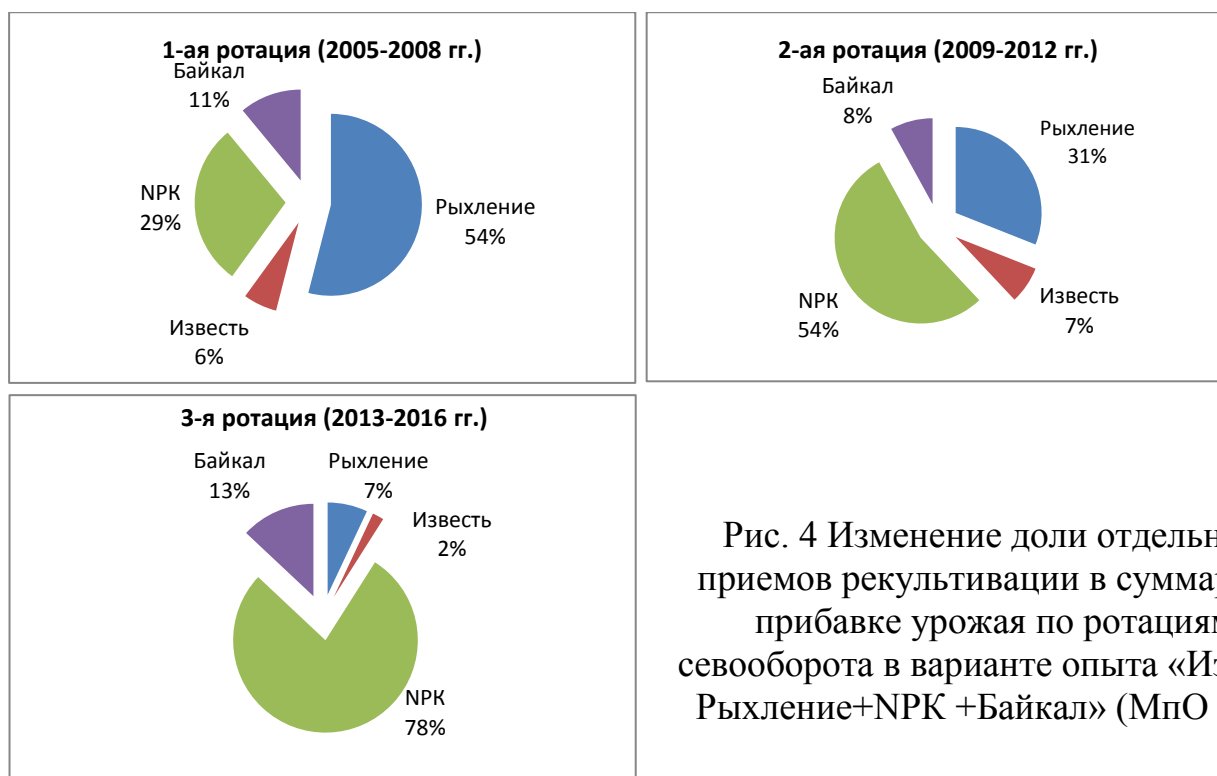


Рис. 4 Изменение доли отдельных приемов рекультивации в суммарной прибавке урожая по ротациям севооборота в варианте опыта «Известь Рыхление+NPK +Байкал» (МпО № 1)

Значимость испытанных приемов рекультивации существенным образом изменилась во времени: если в первое время (до середины второй ротации севооборота) на продуктивность сельскохозяйственных культур наибольшее положительное влияние оказало интенсивное рыхление почвы, то в дальнейшем на урожайность наибольшее действие оказывало внесение минеральных удобрений (рис. 4).

Действие биопрепарата Микрозим (tm) Петро Трит на урожайность сельскохозяйственных культур. Инокуляция почвы биопрепаратом Микрозим (tm) «ПЕТРО ТРИТ» достоверно увеличила урожайность проса только на слабозагрязненной почве и прибавка урожая зерна (16 г/м^2) оказалась более чем в 3 раза ниже прибавки, полученной от совместного применения рыхления и минеральных удобрений (таблица 6).

Таблица 6 – Действие биопрепарата «ПЕТРО ТРИТ» на урожайность основной продукции сельскохозяйственных культур в нефтезагрязненной серой лесной почве (МпО № 2), г/м^2

Доза нефти, л/м^2	Приемы рекультивации	2014 г., ячмень на зерно	2015 г., яровой рапс на маслосемена	2016 г., просо на зерно
0*	нет (контроль)	178	114	186
	NPK	282	168	283
	NPK+«ПЕТРО ТРИТ»	280	169	285
12,5	нет	0**	32	69
	Рыхление (P)+ NPK	-***	-	123

	P+NPK+ «ПЕТРО ТРИТ»	-	-	139
25	нет	0	0	36
	рыхление (P)	-	-	65
	P + «ПЕТРО ТРИТ»	-	-	76
	P + «ПЕТРО ТРИТ» +NPK	-	-	95
50	нет	0	0	0
	P+ NPK+ «ПЕТРО ТРИТ»	-	-	0
НСР ₀₅		9	7	15

Прим.: * - незагрязненная (фоновая) почва; ** - гибель растений; *** - выполнение приемов рекультивации без посева сельскохозяйственной культуры.

3.6 Прямые экономические потери от нефтяного загрязнения почв и экономическая эффективность испытанных приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы

Размеры экономических потерь (с учетом недополученного чистого дохода) от однократного нефтяного загрязнения серой лесной почвы дозами 10-50 л/м² в зависимости от давности загрязнения составили от 374 до 8763 руб./га в год.

Для расчета стоимости товарной продукции урожая всех испытанных культур были пересчитаны в условные зерновые единицы, используя следующие коэффициенты перевода: для яровой пшеницы и ячменя 1,00; для ярового рапса и проса соответственно 1,36 и 0,81. Затраты на производство рассчитаны по технологическим картам, где в качестве условной культуры была взята яровая пшеница.

Экономически наиболее эффективным оказалось восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы сочетанием внесения полного минерального удобрения с рыхлением почвы и известкованием, что обеспечило получение максимального условного чистого дохода и достижение наибольшей рентабельности (таблица 7).

Таблица 7 - Экономическая эффективность приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы (МпО № 1, 2006-2016 гг.)

Приемы рекультивации	Стоимость* продукции, руб./га	Затраты**, руб./га	Условный чистый доход, руб./га	УР***, %	Себестоимость продукции, руб./т
Без приемов рекультивации	8500	10985	-2485	-23	12924
Рыхление	11800	11566	234	2	9802
Известь +Рыхление	12400	12033	367	3	9704

Известь + Рыхление + NPK	19900	18534	1366	7	9314
Известь + Рыхление + Биогумус	17400	17002	398	2	9771
Известь +Рыхление +Байкал	15100	15046	54	0,4	9964
Известь +Рыхление +Байкал +NPK	21200	21054	146	0,7	9931

Прим.: * - цена реализации зерновой единицы 10000 руб./т; ** - рассчитаны по технологическим картам возделывания условной яровой пшеницы; *** - уровень рентабельности.

В случае замены полного минерального удобрения биогумусом или биопрепаратом Байкал ЭМ-1 показатели экономической эффективности существенно ухудшились.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Глубина проникновения нефтяных веществ в толщу серой лесной почвы обуславливалась дозой нефти и при испытанных её дозах 12,5; 25 и 50 л/м² составила соответственно 30, 45 и 60 см. В течение первого года после загрязнения из слоев 0-15 и 15-30 см серой лесной почвы элиминировалась соответственно 42-48 и 22-36 % исходного количества нефтяных веществ, в то время как в нижележащих слоях происходило возрастание их концентрации на 7-12 %.

2. Под действием нефтяного загрязнения в серой лесной почве резко увеличилось содержание общего углерода, снизилась емкость катионного обмена, гидролитическая кислотность, содержание подвижных форм азота, фосфора и калия. Среди изученных агрохимических показателей действие нефтяного загрязнения особенно рельефно проявилось в увеличении углерода и расширении соотношения между азотом и углеродом. Глубина трансформации и темпы восстановления агрохимических свойств (приближение к значениям незагрязненной почвы) обуславливались уровнем и давностью загрязнения. Слабозагрязненная (10 л/м²) серая лесная почва десятилетней давности загрязнения существенно не отличалась от незагрязненного аналога ни по одному агрохимическому показателю.

3. Под действием нефтяного загрязнения содержание подвижных форм меди и кобальта не изменилось, марганца – увеличилось, а бора, молибдена и цинка достоверно снизилось, однако обеспеченность серой лесной почвы подвижными

формами ни одного микроэлемента под действием нефтяного загрязнения не перешла в другую группу обеспеченности.

4. Установлена тесная положительная линейная зависимость ($R^2=0,845$) содержания бенз(а)пирена от количества нефтяных веществ в серой лесной почве. Под влиянием товарной нефти, внесенной год назад дозой 25 л/м^2 , содержание бенз(а)пирена в нефтезагрязненных горизонтах почвы возросло до 210-390 мкг/кг, что выше ПДК в 10,5-19,5 раза.

5. В зависимости от доз нефти всходы испытанных сельскохозяйственных культур не появились в течение одного года ($12,5 \text{ л/м}^2$), двух лет (25 л/м^2) и трех (50 л/м^2) лет. Обнаружилась тесная отрицательная зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от доз однократно внесенной товарной нефти ($R^2=0,466 \div 0,886$).

6. Установлена тесная положительная зависимость урожайности подопытных культур (яровая пшеница, яровой ячмень, яровой рапс, просо) от давности загрязнения серой лесной почвы товарной нефтью ($R^2=0,834 \div 0,890$), благодаря чему в течение всего срока наблюдения (12 лет) происходило медленное и скачкообразное приближение её к уровню урожайности на незагрязненной почве.

7. Снижение урожайности от старого нефтяного загрязнения 9-12-летней давности обуславливалось ухудшением всех элементов структуры урожая, однако размеры их изменения были неодинаковыми в зависимости от уровня и давности загрязнения. Нефтяное загрязнение в наибольшей степени уменьшало число зерен в колосе (стручке, соцветии) или число продуктивных стеблей (соцветий, стручков) на единицу площади. В наименьшей степени от старого нефтяного загрязнения снизилась масса 1000 зерен.

8. Под действием нефтяного загрязнения содержание азота и фосфора в растениях снижалось (по отношению к контролю), а калия – повышалось. Изменения были более значимыми при более высокой дозе нефти и затухали по мере старения нефтяного загрязнения. Загрязнение почвы нефтью заметнее отразилось в химическом составе вегетативной, нежели генеративной части урожая обеих испытанных культур (яровой рапс, просо).

9. Отдельные приемы рекультивации по их вкладу в повышение среднегодовых прибавок урожая основной продукции в 2006-2016 гг. расположились в следующий убывающий ряд: внесение полного минерального удобрения > внесение биогумуса > рыхление почвы > инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 > известкование. Значимость испытанных приемов рекультивации существенным образом изменилась во времени: если в первое время (до середины второй ротации севооборота) на продуктивность сельскохозяйственных культур наибольшее положительное влияние оказало интенсивное рыхление почвы, то в дальнейшем на урожайность наибольшее действие оказывало внесение минеральных удобрений и биогумуса.

10. Инокуляция почвы биопрепаратом Микрозим (tm) «ПЕТРО ТРИТ» достоверно увеличила урожайность проса только на слабозагрязненной почве и

прибавка урожая зерна (16 г/м²) оказалась более чем в 3 раза ниже прибавки, полученной от совместного применения рыхления и минеральных удобрений.

11. Размеры экономических потерь (с учетом недополученного чистого дохода) от однократного нефтяного загрязнения серой лесной почвы дозами 10-50 л/м² в зависимости от давности загрязнения составили от 374 до 8763 руб./га в год. Экономически наиболее эффективным оказалось восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы сочетанием внесения полного минерального удобрения с рыхлением почвы и известкованием, что обеспечило получение максимального условного чистого дохода. В случае замены полного минерального удобрения биогумусом или биопрепаратом Байкал ЭМ-1 показатели экономической эффективности существенно ухудшились.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для объективной оценки плодородия нефтезагрязненных серых лесных почв необходимо учесть не только основные агрохимические показатели почв и продуктивность произрастающих растений, но и содержание бенз(а)пирена. Особенно важным представляется определение содержания бенз(а)пирена при оценке эффективности приемов восстановления плодородия нефтезагрязненных почв.

2. В качестве экономически и агрономически наиболее эффективного агрохимического приема восстановления плодородия нефтезагрязненных серых лесных почв рекомендуется внесение полного минерального удобрения на фоне интенсивного послойного рыхления почвы по системе чистого пара и оптимизации реакции почвенной среды известкованием.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации:

1. Гилязов М.Ю. Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня и давности нефтяного загрязнения серой лесной почвы /М.Ю. Гилязов, **А.Р. Равзутдинов** // *Зерновое хозяйство России*. – 2014. - № 2 (32). – С. 8-11.

2. Гилязов М.Ю. Инновационные технологии восстановления плодородия нарушенных земель нефтедобывающих районов /М.Ю. Гилязов, **А.Р. Равзутдинов** // *Научное обозрение*. – 2015. - № 19. – С.22-25.

3. **Равзутдинов А.Р.** Действие агрохимических и агротехнических приемов рекультивации нефтезагрязненной почвы на урожайность ярового рапса / А.Р. Равзутдинов, М.Ю. Гилязов, С.Ж. Кужамбердиева // *Зерновое хозяйство России*. – 2017. - № 2 (50). – С. 22-26.

4. Осипова Р.А. Влияние нефтяного загрязнения и приемов рекультивации серой лесной почвы на урожайность яровой пшеницы / Р.А. Осипова, **А.Р. Равзутдинов**, М.Ю. Гилязов, С.Ж. Кужамбердиева // *Достижения науки и техники АПК*. - 2019. - Т. 33. -№5. - С. 6–9.

Статьи, опубликованные в других научных изданиях и сборниках материалов международных и всероссийских конференций:

5. Гилязов, М.Ю. Самоочищение и агрохимические свойства нефтезагрязненной серой лесной почвы / М.Ю. Гилязов, И.З. Фарахова, **А.Р. Равзутдинов** // Совершенствование адаптивной системы земледелия: Материалы всероссийской научно-практической конференции. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2013. - С. 35-38.

6. Гилязов, М.Ю. Химический состав сельскохозяйственных культур на нефтезагрязненной серой лесной почве / М.Ю. Гилязов, И.З. Фарахова, **А.Р. Равзутдинов** // Энтузиасты аграрной науки: Труды Куб ГАУ. - Краснодар, 2013. - Выпуск 15. – С. 223-225.

7. Гилязов, М.Ю. Изменение роли отдельных приемов рекультивации в зависимости от давности нефтяного загрязнения / М.Ю. Гилязов, **А.Р. Равзутдинов**, Б.Г. Хантимиров // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2014. - С. 35-39.

8. **Равзутдинов А.Р.** Действие старого нефтяного загрязнения и приемов рекультивации на урожайность яровой пшеницы в условиях серой лесной почвы / **А.Р. Равзутдинов**, М.Ю. Гилязов // Биологические и экологические проблемы современного земледелия и роль аграрной науки в его развитии: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.А. Зиганшина. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2015. - С. 61-64.

9. Гилязов, М.Ю. Влияние уровня и давности загрязнения серой лесной почвы нефтью на урожайность ярового ячменя / М.Ю. Гилязов, И.З. Фарахова, **А.Р. Равзутдинов** // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2016. – С. 37-41.

10. **Равзутдинов, А.Р.** Влияние уровня старого нефтяного загрязнения на агрохимические свойств серой лесной почвы / **А.Р. Равзутдинов**, М.Ю. Гилязов, С.М. Галаветдинов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2016. – С. 67-71.

11. **Равзутдинов, А.Р.** Эффективность некоторых агрохимические приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы в условиях Предкамья Республики Татарстан / **А.Р. Равзутдинов**, М.Ю. Гилязов, А.А. Иванова // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2016. – С. 78-83.

12. **Равзутдинов, А.Р.** Влияние однократного нефтяного загрязнения серой лесной почвы на продуктивность ярового рапса / **А.Р. Равзутдинов**, М.Ю. Гилязов // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков:

Материалы научно-практической конференции. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2016. – С.70-75.

13. **Равзутдинов, А.Р.** Влияние удобрений, извести и механической обработки нефтезагрязненной серой лесной почвы на урожайность яровой пшеницы / А.Р. Равзутдинов, М.Ю. Гилязов // *Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения: Материалы международной научно-практической конференции / под общ. ред. В. И. Титовой* — Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. – С. 266-269.

14. Осипова, Р.А. Действие старого нефтяного загрязнения и агрохимикатов на продуктивность яровой пшеницы в условиях серой лесной почвы / Р.А. Осипова, М.Ю. Гилязов, **А.Р. Равзутдинов**, С.М. Галаветдинов // *Актуальные вопросы современного земледелия и роль аграрной науки в его развитии: Материалы международной научно-практической конференции.* – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2018. – С.106-111.

