

На правах рукописи



НИГМАТУЛЛИНА РЕГИНА АНАТОЛЬЕВНА

**ДЕЙСТВИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И АГРОХИМИЧЕСКИХ
ПРИЕМОМ РЕАБИЛИТАЦИИ НА ПОРАЖАЕМОСТЬ РАСТЕНИЙ
БОЛЕЗНЯМИ, УРОЖАЙНОСТЬ И СВОЙСТВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ
ПОЧВЫ**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Казань - 2024

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» в 2018-2021 гг.

- Научный руководитель:** **Гилязов Миннегали Юсупович**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет».
- Официальные оппоненты:** **Троц Наталья Михайловна**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, декан агрономического факультета, заведующая кафедрой агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет».
- Бочкарев Дмитрий Владимирович**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии и ландшафтной архитектуры, заместитель директора по научной работе аграрного института ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева».
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет».

Защита состоится «26» февраля 2025 года в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 35.2.017.01 при ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» по адресу: 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65, зал заседаний, тел. (факс) 8(843)567-45-00, 8(843) 236-66-51, e-mail: info@kazgau.com.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», адрес: 420011, г. Казань, ул. Р. Гареева, д. 62 и на сайте университета www.kazgau.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2025 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 420011, г. Казань, ул. Ферма-2, д. 53, Институт агробιοтехнологий и землепользования Казанского ГАУ, учёному секретарю диссертационного совета Амирову М.Ф., e-mail: dissovet_kazgau@mail.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор



Амиров Марат Фуатович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Эффективность АПК, особенно земледельческой отрасли, в огромной степени обуславливается уровнем плодородия почв. Сохранение и повышение плодородия почв – стратегическая государственная задача, которая напрямую связана с обеспечением продовольственной безопасности страны.

Природные и антропогенные факторы оказывают сильное влияние на эти процессы, меняя свойства почвы как в положительную, так и отрицательную сторону. Серьезным фактором, оказывающим сильное негативное влияние на многие свойства почвы, остается нефтедобывающая отрасль. Несмотря на предпринимаемые меры по экологизации добычи, транспортировки, переработки и использования нефти и нефтепродуктов, случаи загрязнения окружающей среды, в том числе почвенного покрова, встречаются постоянно и повсеместно. Особенно загрязненными являются нефтедобывающие районы, а также те, через которые проходят нефтепроводы, и где развивается нефтеперерабатывающая промышленность. Загрязнение нефтью приводит к ухудшению всего комплекса показателей плодородия почв - морфологических, физических, физико-химических, агрохимических, микробиологических, биохимических и биологических на многие годы. Данное обстоятельство обуславливает необходимость разработки экологически безопасных и малозатратных методов очистки загрязненных почв от нефтепродуктов. На сегодняшний день известно немало реабилитационных приемов по восстановлению плодородия почв при нефтяном загрязнении, среди которых слабоизученными остаются агрохимические приемы рекультивации. Особенно мало исследований о влиянии нефтяного загрязнения и приемов реабилитации на поражаемость сельскохозяйственных культур болезнями.

Изучение вопросов восстановления плодородия почв очень актуально для Республики Татарстан (РТ). В Татарстане добыто более 3,3 миллиарда тонн нефти. Долгое время добыча нефти велась в зоне распространения черноземных почв и поэтому предыдущие региональные исследования были посвящены восстановлению плодородия нефтезагрязненных черноземных почв. Данная работа направлена на изучение последствий нефтяного загрязнения и приемов реабилитации серых лесных почв на заболеваемость растений и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Степень разработанности темы. Вопросы влияния нефти и нефтепродуктов на почвенный покров, продуктивность агроценозов и реабилитации нефтезагрязненных почв широко освещаются в зарубежных (Vithanage M., Rajapaksha A.U., Oze Ch., Rajakaruna N., Dissanayake S.B., 2019; Eludoyin A., 2020; Mambwe M., Kalebaila K.K., Johnson T., 2021) и в отечественных публикациях (Глазовская М.И., 1988; Гилязов М.Ю., 2001; Габбасова И.М., 2002; Киреева Н.А. и др., 2006; Леднев А.В., 2008; Мажайский Ю.А., 2008; Огорельцева В.В., 2016; Середина В.П. и др., 2017; Заболотских В.В. и др., 2018; Исакова Е.А., 2019; Троц Н.М., Горшкова О.В., 2019; Мерзлякова Д.А., 2021; Пиковский, Ю.И. и др., 2022). В РТ проблема реабилитации

нефтезагрязненных почв освещается в работах М.Ю. Гилязова (2001), И.З. Фараховой (2009), И.А. Дегтяревой, А.Я. Давлетшиной (2015), О.В. Лавриненко (2016), Т.В. Кузнецовой (2017), А.Р. Равзутдинов (2019), А.А. Борониной (2021) и др., в которых описаны типы нарушенных земель в нефтедобывающих районах и методы реабилитации нефтезагрязненных почв. Наиболее слабоизученными остаются вопросы действия нефтяного загрязнения на поражаемость сельскохозяйственных культур болезнями, оценки темпов возможного самоочищения нефтезагрязненных почв и эффективности агрохимических приемов их реабилитации в условиях длительных полевых экспериментов

Цель и задачи исследования. Цель - установить влияния нефтяного загрязнения на поражаемость растений болезнями и урожайность сельскохозяйственных культур, сравнительная оценка изменения агрохимических свойств свежее- и старозагрязненной серой лесной почвы, действия агрохимических приемов реабилитации на урожайность и экономическую эффективность возделывания сельскохозяйственных культур.

Основные задачи исследования:

- 1) Оценить действие и последствие различных уровней нефтяного загрязнения на агрохимические свойства серой лесной почвы;
- 2) Установить влияние трёх уровней старого нефтяного загрязнения серой лесной почвы на поражаемость растений болезнями;
- 3) Оценить характер воздействия загрязнения различной степени на урожайность культур полевого севооборота;
- 4) Определить изменчивость базовых нормативных агрохимических показателей питания сельскохозяйственных культур на серой лесной почве различной степени загрязнения в зависимости от временного фактора;
- 5) Установить влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на поражаемость растений болезнями и продуктивность культур полевого севооборота;
- 6) Определить влияние агрохимических приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на экономическую эффективность возделывания культур полевого севооборота.

Научная новизна. Впервые доказано, что загрязнение почвы нефтью приводит к резкому росту заболеваемости растений. Показано, что основные агрохимические параметры почвы спустя 17 лет после загрязнения существенно приближаются к значениям незагрязненной почвы. Впервые оценено негативное влияние старого нефтяного загрязнения 14-17 летней давности на продуктивность полевых культур в зависимости от уровня исходной загрязненности. Установлен характер изменения величины вклада отдельных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы в продуктивность культур севооборота во времени. Получены новые данные о действии испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на поражаемость растений болезнями. Выявлено главенствующее значение оптимизации минерального питания растений и аэрации нефтезагрязненной почвы в снижении распространенности, развития болезней

сельскохозяйственных культур и получении экономически окупаемого урожая испытанных полевых культур.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты диссертационной работы расширяют представление о влиянии нефтяного загрязнения на серые лесные почвы. В качестве дополнительных показателей оценки плодородия почв, загрязненных нефтью, предлагается использовать распространенность и развитие болезней сельскохозяйственных культур. Установлены особенности распределения бенз(а)пирена по профилю нефтезагрязненной почвы пятилетней давности и содержания тяжелых металлов в зависимости от степени загрязнения. Разработаны способы снижения заболеваемости сельскохозяйственных культур на нефтезагрязненных серых лесных почвах. Дана оценка агрономической и экономической эффективности комплексного применения агрохимических приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы в течение четырёх ротации севооборота.

Методология и методы исследования. Цель и задачи исследования формулированы на основе аналитического обзора литературы отечественных и зарубежных ученых по воспроизводству плодородия нефтезагрязненных почв. Для достижения поставленной цели были проведены полевые эксперименты, наблюдения за состоянием растений, отбор и лабораторные анализы почвенных и растительных проб с последующим дисперсионным, корреляционно-регрессионным анализом данных по учету болезней, продуктивности растений и элементов почвенного плодородия.

Достоверность экспериментальных данных и корректность их обобщений подтверждается большим объемом наблюдений и измерений, проведенных с соблюдением существующих регламентов в течение четырёх ротаций севооборота, и широким привлечением статистических методов для обработки большого массива цифрового материала.

Основные защищаемые положения:

1. Зависимость агрохимических параметров свежее- и старозагрязненной почв от уровня нефтяного загрязнения;
2. Уровень нефтяного загрязнения почвы и поражаемость сельскохозяйственных культур полевого севооборота болезнями;
3. Зависимость продуктивности культур полевого севооборота от степени нефтяного загрязнения почвы и временного фактора;
4. Химический состав урожая и базовые нормативные агрохимические показатели в зависимости от степени и срока загрязнения почвы поллютантом;
5. Поражаемость растений болезнями и продуктивность культур полевого севооборота в зависимости от испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы;
6. Приемы реабилитации нефтезагрязненной почвы и рентабельность возделывания испытанных культур полевого севооборота.

Апробация работы. Материалы исследований докладывались на международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы современного земледелия и роль аграрной науки в его развитии» (г. Казань,

2018); на международных научно-практических конференциях «Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры» (г. Казань, 2019); «Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, человеческие ресурсы» (г. Казань, 2019; 2020), «Воспроизводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях» (г. Казань, 2021); на всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Современные достижения аграрной науки» (г. Казань, 2021); на расширенных заседаниях кафедры агрохимии и почвоведения, ученого совета Института агробиотехнологий и землепользования Казанского ГАУ (2018-2022 гг.).

Публикации. По результатам эксперимента опубликовано 12 печатных научных работ, в том числе 6 работ были опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, 5 из них рекомендованных ВАК РФ и 1 статья входящих Web of Science. Получено два патента РФ: № 2797005 «Способ снижения заболеваемости растений ярового рапса ложной мучнистой росой на нефтезагрязненных серых лесных почвах» и № 2827107 «Способ снижения заболеваемости растений ярового рапса альтернариозом на нефтезагрязненных серых лесных почвах».

Личный вклад автора. В диссертации обобщены результаты полевого стационарного опыта кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, заложенного в 2004 г. Автор самостоятельно разрабатывала программу и методологию исследований, проводила полевые эксперименты во время обучения в магистратуре (2016-2018 гг.) и аспирантуре (2018-2021 гг.), а также лабораторные анализы лично и в сотрудничестве со студентами Института агробиотехнологий и землепользования Казанского ГАУ. Автор лично обобщила, проанализировала экспериментальные материалы по воздействию нефти и приемов реабилитации на поражаемость растений болезнями и дала экономическую оценку эффективности возделывания полевых культур на нефтезагрязненной почве.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 269 страницах машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, методики и результатов исследования, заключения, списка использованной литературы и приложений. Она содержит 30 таблиц, 40 рисунков, 54 приложения. В список использованной литературы включены 328 источников, в том числе на иностранном языке – 42 публикации.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Гилязову Миннегали Юсуповичу за консультации и помощь при планировании исследований и обобщении их результатов. Автор признательна сотрудникам, аспирантам и дипломникам кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ за помощь в проведении полевых исследований, особенно Фараховой И.З., Равзутдинову А.Р., Галаветдинову С.М., Ахметзянову А.И., некоторые экспериментальные данные которых за предыдущие года (2004-2016 гг.) были мной использованы для сопоставительного анализа.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ. Показана актуальность изыскания экологически безопасных и экономически эффективных приемов реабилитации нефтезагрязненных почв.

Глава 1. **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.** Рассмотрены вопросы влияния нефти и нефтепродуктов на плодородие почв, продуктивность агроценозов и возможные приемы реабилитации нефтезагрязненных почв.

Глава 2. **УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Приводятся почвенно-климатические условия Предкамья РТ, программа и методика проведения исследования, метеорологические условия в годы проведения исследования.

Полевой эксперимент заложен в 2004 г. на серой лесной среднесуглинистой почве, которая характеризовалась низким содержанием гумуса, повышенным – подвижного фосфора и средним – подвижного калия. Эксперимент состоит из трёх блоков. В *первом блоке* опыта, где изучается влияние различных уровней загрязнения на продуктивность культур (яровая пшеница, ячмень, яровой рапс, просо) и характер самоочищения почвы, почву искусственно загрязнили товарной нефтью из расчета 10, 20 и 40 л/м².

Во *втором блоке* эксперимента изучили эффективность агрохимических приемов восстановления плодородия серой лесной почвы, загрязненной средней дозой нефти (20 л/м²) - известкование, послойное рыхление почвы, внесение минеральных удобрений, биогумуса и биопрепарата Байкал ЭМ-1. Дозу известки рассчитывали по величине гидролитической кислотности, она составила 6 т/га (0,6 кг/м²). Биогумус использовали в дозе 3 т/га (0,3 кг/м²). За весь период эксперимента известняковую муку вносили 4 раза (2004, 2009, 2014, 2019), биогумус - 6 раз (через каждые два года), минеральные удобрения применяли ежегодно. В течение первых двух лет после загрязнения (2004-2005 гг.) минеральные удобрения, предназначенные для стимуляции активности углеводородокисляющих микроорганизмов, вносили из расчета 80 кг д.в./га с соотношением азота, фосфора и калия 1:0,4:0,2. В последующие годы их дозу определяли расчетно-балансовым методом для формирования запланированной урожайности. В течение двух лет (2004–2005 гг.) в соответствующих вариантах опыта почву рыхлили на разную глубину (от 5 до 25 см) через каждые 2 недели, то есть почва содержалась по системе чистого пара. В общей сложности в течение первого вегетационного периода рыхление почвы проводили 9 раз, а во второй – 10 раз. Годовую норму (300 л/га) биопрепарата Байкал ЭМ-1 вносили в три приема равными дозами: перед посевом, в начале июня и июля.

Для сравнительной оценки влияния свежего и старого нефтяного загрязнения на свойства почвы и продуктивность растений в мае 2014 г. были дополнительно заложены делянки с нефтяным загрязнением 12,5; 25 и 50 л/м² (*третий блок* эксперимента).

Растительные и почвенные пробы анализированы в ФГБУ ЦАС «Татарский», ЦАИ Казанского ГАУ и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан» общепринятыми методами (ГОСТ 13496.4-93, ГОСТ 26657-97, ГОСТ 30504-97, ГОСТ 26213-91, ГОСТ 17.4.4.01-84, ГОСТ 26212-91,

ГОСТ 26484-85, ГОСТ 26107-84, 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). Массовая доля нефтяных веществ в почве определена в вытяжке толуола фотоколориметрическим методом, бенз(а)пирен методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02» по М 03-04-2002.

Для учета степени заболеваемости растений использовали общепринятые показатели: распространенность болезни, интенсивность поражения и развитие болезни.

В годы проведения экспериментов (2018-2021 гг.) метеоусловия выдались различными: если вегетационные периоды 2018 и 2021 гг. оказались засушливыми, то 2019 г. – относительно влажным, а 2020 г. – близким к норме.

Статистическая обработка результатов учета урожайности, болезней и агрохимических анализов 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.

Глава 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Агрохимические свойства нефтезагрязненной серой лесной почвы

Кислотно-основные и поглотительные свойства почвы. В старозагрязненной почве (давность загрязнения 17 лет) достоверное влияние возрастающих доз нефти на кислотно-основные и поглотительные свойства ($pH_{\text{сол}}$, Нг, ЕКО), обнаруженное в свежезагрязненной почве (давность загрязнения 16 дней), исчезло, лишь зависимость общего содержания углерода от различных доз нефти сохранилась и оказалась статистически значимой.

Обеспеченность почвы подвижными формами макро- и микроэлементов. Содержание подвижных форм фосфора, калия и нитрификационная способность почвы на свежезагрязненной почве снижалось с увеличением количества товарной нефти. Однако спустя 17 лет содержание подвижных форм основных макроэлементов и значения щелочно-гидролизуемого азота существенно приближались к значениям незагрязненной почвы. По истечении пяти лет после нефтяного загрязнения (25 л/м^2) серой лесной почвы содержание подвижных форм Мо, Си, Zn, Со не изменилось, Mn – увеличилось, а В достоверно снизилось, хотя при этом группы обеспеченности почвы данными микроэлементами не изменились.

Содержание тяжелых металлов и бенз(а)пирена в нефтезагрязненной почве. Во все сроки наблюдения (давность загрязнения 16 дней, 4 года и 7 лет), независимо от уровня нефтяного загрязнения ($12,5\text{-}50 \text{ л/м}^2$) валовое содержание меди, цинка, свинца, ртути и кадмия существенно не изменилось ($F_{\phi} < F_{05}$). Нефтяное загрязнение дозой 25 л/м^2 , происшедшее 5 лет назад, увеличило содержание бенз(а)пирена (БП) в горизонтах почвы (0-15; 15-30 и 30-45 см) соответственно до 53, 68 и 174 мкг/кг, что выше ПДК в 2,7-8,7 раза.

Обнаружилась тесная положительная линейная зависимость ($R^2=0,892$) содержания БП от количества нефтяных веществ в серой лесной почве.

3.2 Влияние нефтяного загрязнения на поражаемость растений болезнями

Нефтяное загрязнение усилило поражаемость растений всеми изученными болезнями, однако сила воздействия загрязнения на них оказалась различной (рис. 1).

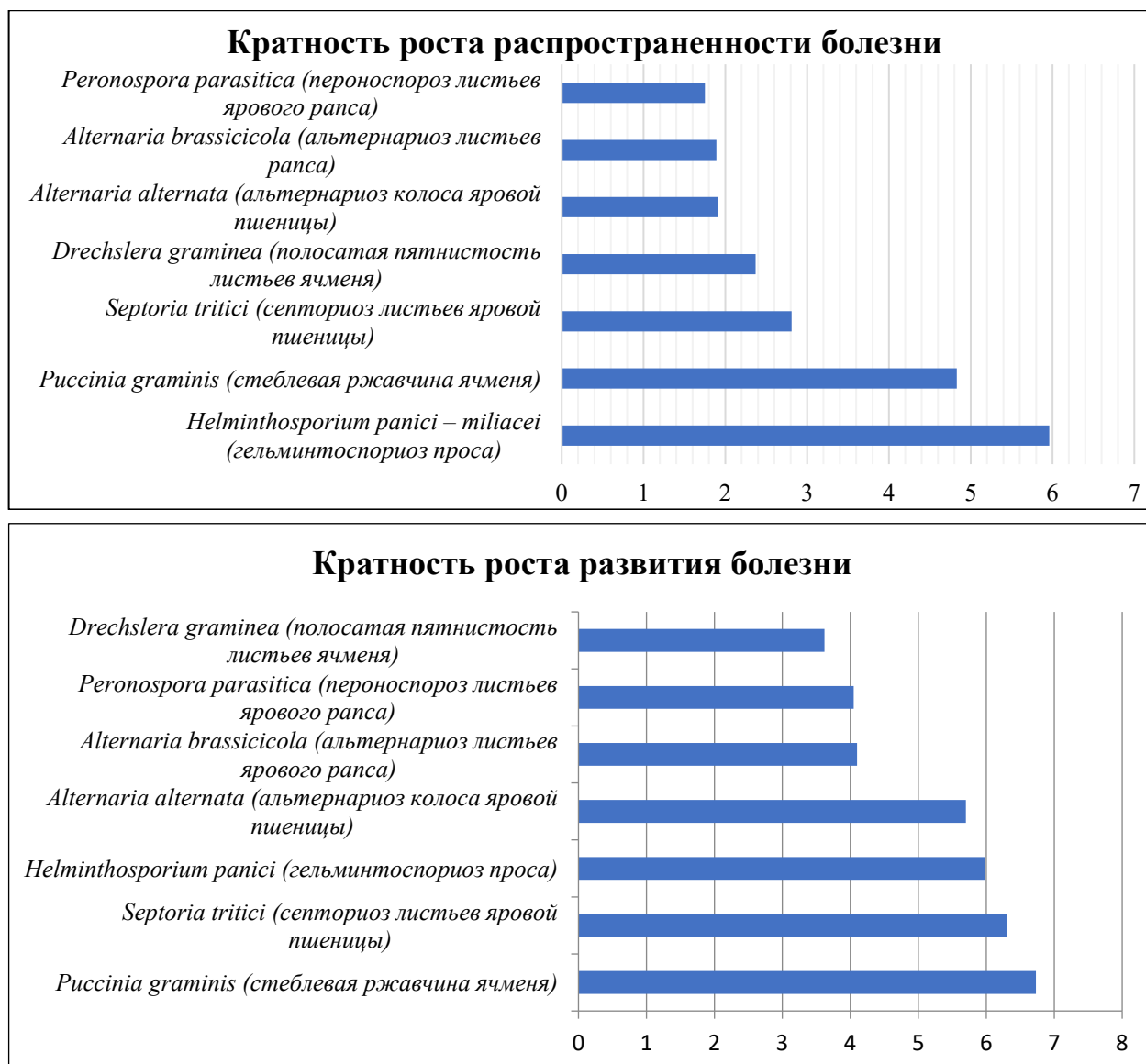


Рис. 1. Кратность роста заболеваемости сельскохозяйственных культур под влиянием нефтяного загрязнения серой лесной почвы

В качестве критерия для оценки силы воздействия нефтяного загрязнения почвы на болезни использовали так называемые «кратность роста распространенности болезни» и «кратность роста развития болезни», которые показывают, во сколько раз увеличились распространенность или развитие болезни на нефтезагрязненной почве по отношению к аналогичному показателю на незагрязненной почве. При расчете этих показателей использовали

усредненные значения из трех доз (10, 20, 40 л/м²) нефти. На незагрязненной почве поражаемость растений различными болезнями варьировала в значительных пределах как по распространенности, так и по развитию болезни, что, возможно, обуславливалось многими факторами и, прежде всего, погодными условиями. Среди изученных болезней наибольшую распространенность (14,9-19,4 %) имели альтернариоз и пероноспороз на рапсе, альтернариоз на яровой пшенице и полосатая пятнистость на ячмене. Распространённость гельминтоспориоза на просе и стеблевой ржавчины на ячмене оказалась существенно меньше (4,8-5,6 %). Что касается развития болезней на фоновой почве, то оно также колебалось в значительных границах: если минимальные значения не превышали 0,97-1,26 % (пероноспороз и альтернариоз на рапсе, стеблевая ржавчина на ячмене), то максимальные доходили до 3,1-6,3 % (гельминтоспориоз на просе, полосатая пятнистость на ячмене).

Судя по кратности роста распространенности болезней, нефтяное загрязнение в наибольшей степени усилило гельминтоспориоз проса, вызываемый грибом *Helminthosporium panici-miliacei* (почти в 6 раз). Другие возбудители болезней сельскохозяйственных культур расположились в следующий убывающий ряд: *Puccinia graminis* (стеблевая ржавчина ячменя) > *Septoria tritici* (септориоз листьев яровой пшеницы) > *Drechslera graminea* (полосатая пятнистость листьев ячменя) > *Alternaria alternata* (альтернариоз колоса яровой пшеницы) > *Alternaria brassicicola* (альтернариоз листьев рапса) > *Peronospora parasitica* (пероноспороз листьев ярового рапса).

Кратность роста развития болезней под влиянием нефтяного загрязнения оказалась ещё более существенной: обнаружилось 3,62-6,73 кратное усиление развития заболеваний. Убывающий ряд кратности роста развития болезни от нефтяного загрязнения выглядит следующим образом: *Puccinia graminis* (стеблевая ржавчина ячменя) > *Septoria tritici* (септориоз листьев яровой пшеницы) > *Helminthosporium panici-miliacei* (гельминтоспориоз на просе) > *Alternaria alternata* (альтернариоз колоса яровой пшеницы) > *Alternaria brassicicola* (альтернариоз листьев рапса) > *Peronospora parasitica* (пероноспороз листьев ярового рапса) > *Drechslera graminea* (полосатая пятнистость листьев ячменя). Если попытаться оценить негативное влияние нефти одновременно по двум показателям (кратность роста распространенности и развития болезни), то, на наш взгляд, от нефтяного загрязнения особенно сильно усилилась поражаемость ячменя стеблевой ржавчиной и проса гельминтоспориозом. Таким образом, во все сроки наблюдения (2018-2021 гг.) нефтяное загрязнение способствовало усилению распространения и развития болезней сельскохозяйственных культур.

3.3 Влияние болезней и нефтяного загрязнения на урожайность и структура урожая сельскохозяйственных культур

Парная линейная корреляция между распространенностью болезней и урожайностью всех культур была отрицательной (табл. 1).

Таблица 1. Характер и теснота корреляции урожайности от распространенности болезней на нефтезагрязненной почве

Болезнь	Часть урожая	Уравнение регрессии*	Коэффициент детерминации (R ²)
Ячмень, 2018 г.			
Полосатая пятнистость листьев ячменя	зерно	$y = -3,8347x + 258,10$	0,7991
	солома	$y = -2,6983x + 265,69$	0,7348
Стеблевая ржавчина злаковых культур	зерно	$y = -3,9687x + 215,72$	0,9214
	солома	$y = -2,7485x + 235,05$	0,8208
Яровой рапс, 2019 г.			
Пероноспороз	маслосемена	$y = -3,548x + 198,16$	0,8759
	солома	$y = -5,2193x + 406,50$	0,8192
Альтернариоз	маслосемена	$y = -2,8289x + 186,51$	0,7960
	солома	$y = -4,1367x + 388,57$	0,7356
Просо, 2020 г.			
Гельминтоспориоз	зерно	$y = -2,0052x + 236,84$	0,9231
	солома	$y = -2,3026x + 562,21$	0,8515
Яровая пшеница, 2021 г.			
Септориоз	зерно	$y = -2,087x + 144,61$	0,5002
	солома	$y = -1,6047x + 154,15$	0,3697
Альтернариоз колоса	зерно	$y = -2,215x + 169,26$	0,9154
	солома	$y = -1,8842x + 178,38$	0,8283

Прим.: * - y – урожайность, г/м²; x – распространенность болезни, %.

Величины коэффициентов детерминации (R²) свидетельствуют о наличии тесной корреляционной связи между урожайностью как зерна, так и соломы от распространенности полосатой пятнистости листьев и стеблевой ржавчины злаковых культур на посевах ярового ячменя (0,734÷0,921); пероноспороза и альтернариоза на посевах ярового рапса (0,735÷0,875); гельминтоспороза на посевах проса (0,851÷0,923); септориоза и альтернариоза колоса на посевах яровой пшеницы (0,369÷0,915).

Распространенность болезней сильнее отразилась на урожайности основной продукции (зерно, маслосемена), о чем свидетельствуют более высокие значения коэффициентов детерминации между урожайностью зерна (маслосемян) и распространенностью болезни (0,500÷0,923), чем между урожайностью соломы и распространенностью болезни (0,369÷0,851). Наиболее сильное отрицательное влияние на урожайность зерна проса, яровой пшеницы и ячменя оказала распространенность соответственно гельминтоспороза (R²=0,923), стеблевой ржавчины злаковых культур (R²=0,921) и альтернариоза колоса (R²=0,915).

В общих чертах корреляция урожайности от развития болезней аналогична таковой от распространенности болезней. Обнаружилась тесная отрицательная зависимость урожайности зерна и соломы от развития болезней, о чем свидетельствуют величины коэффициентов детерминации (R²=0,552÷0,987). Распространенность полосатой пятнистости листьев (ячмень), пероноспороза, альтернариоза (яровой рапс), гельминтоспороза (просо) на урожайность

основной и побочной части урожая оказали более сильное влияние ($R^2=0,734\div 0,923$), чем развитие этих болезней ($R^2=0,650\div 0,865$). Иная картина обнаружилась в случае сравнения тесноты связи урожайности яровой пшеницы (септориоз, альтернариоз колоса) и ячменя (стеблевая ржавчина злаков) от вышеназванных двух показателей заболеваемости: более заметное вредное влияние на урожайность оказало развитие этих болезней ($R^2=0,552\div 0,987$), чем их распространенность ($R^2=0,369\div 0,921$).

Обнаруживалась тесная положительная корреляция урожайности подопытных культур (яровая пшеница, яровой ячмень, яровой рапс, просо) от давности загрязнения ($R^2=0,763\div 0,968$). Для иллюстрации отмеченного приведем характер влияния нефтяного загрязнения почвы на урожайность яровой пшеницы по ротациям севооборота (рис. 2).

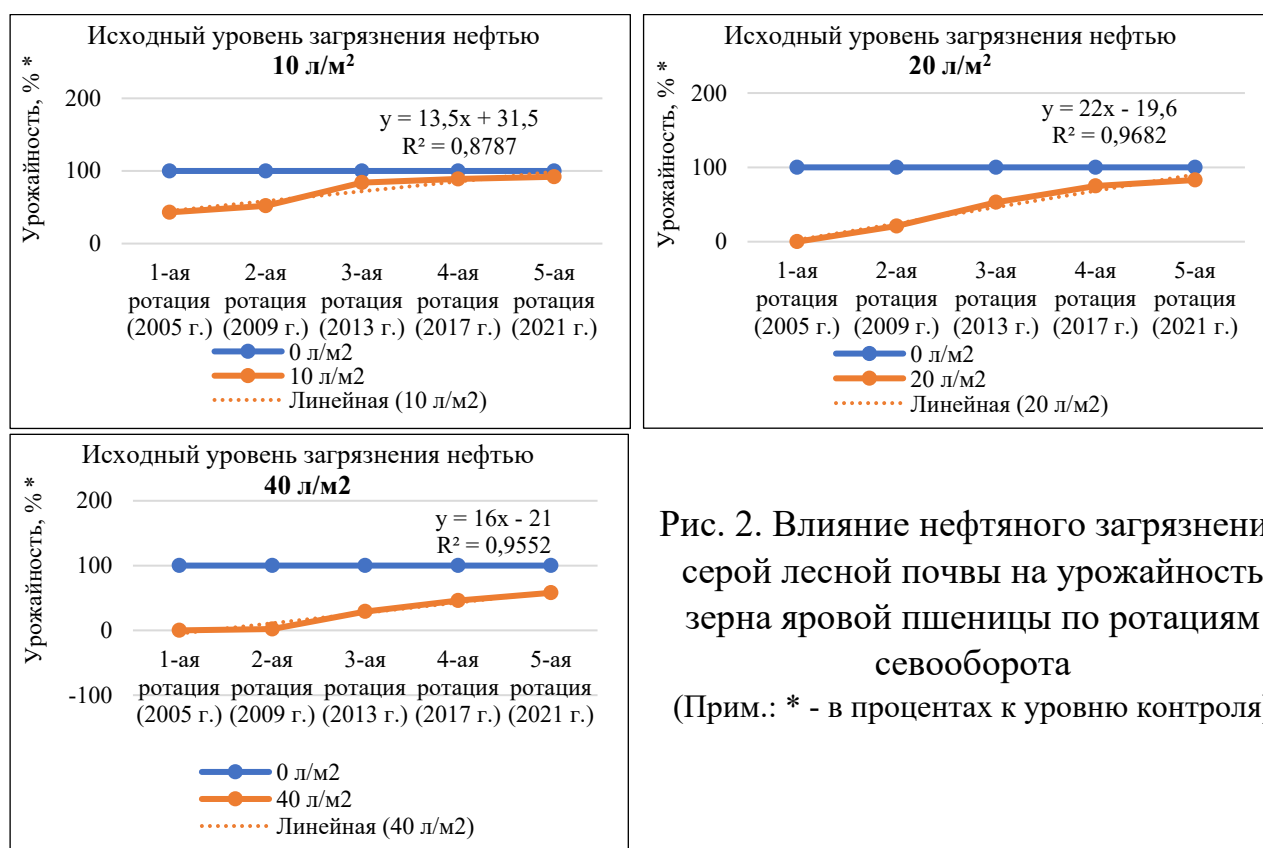


Рис. 2. Влияние нефтяного загрязнения серой лесной почвы на урожайность зерна яровой пшеницы по ротациям севооборота
(Прим.: * - в процентах к уровню контроля)

«По мере старения загрязнения происходило постепенное приближение урожаев на загрязненной почве к уровню урожая контрольной (незагрязненной) почвы. Однако процесс достижения исходного незагрязненного уровня урожайности оказался весьма длительным» (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019).

3.4 Действие нефтяного загрязнения на химический состав растений и базовые нормативные агрохимические показатели

Содержание основных макроэлементов в надземной массе растений, выращенных на нефтезагрязненной почве. Под действием нефтяного

загрязнения различной давности (1-17 лет) и исходного уровня (10, 20 и 40 л/м²) содержание основных макроэлементов (NPK) в надземной части растений изменилось неоднозначно и разнонаправленно. В зависимости от культуры, уровня и давности загрязнения происходило как снижение до 15 % по отношению к контролю (азот в соломе ярового рапса в 2019 г.), так и повышение указанных макроэлементов в пределах до 36 % по отношению к контролю (калий в соломе ярового ячменя в 2006 г.). Эти изменения, возможно обусловлены различной интенсивностью сформирования надземной массы растений и скоростью поступления в них тех или иных элементов питания.

Хозяйственный и нормативный вынос, коэффициенты использования растениями основных макроэлементов на нефтешагрязненной почве. Под действием старого нефтяного загрязнения хозяйственные выносы питательных элементов (NPK) снизились. Так, на сильнозагрязненной почве (40 л/м²) хозяйственные выносы NPK яровой пшеницей (2021 г. - давность загрязнения 17 лет.) по отношению к контролю снизились соответственно в 1,57; 1,60 и 1,45 раза. Под влиянием нефтяного загрязнения размеры нормативного выноса NPK яровой пшеницы заметно возросли, причем в достаточно тесной положительной зависимости от возрастающих доз нефти (табл. 2).

Таблица 2. Действие старого нефтяного загрязнения* на нормативный вынос и коэффициенты использования из почвы основных питательных элементов яровой пшеницей

Уровень загрязнения почвы нефтью, л/м ²	Нормативный вынос, кг/т			Коэффициенты использования из почвы		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-контроль	28,8	10,3	16,4	0,558	0,036	0,055
10	29,1	10,7	17,0	0,520	0,034	0,053
20	31,1	10,9	18,5	0,497	0,031	0,051
40	31,6	11,1	19,6	0,355	0,022	0,038

Прим.: * - давность загрязнения 17 лет.

Нефтяное загрязнение привело также к снижению коэффициентов использования из почвы минерального азота, подвижных форм фосфора и калия и размеры этих снижений коррелировались с уровнем и давностью загрязнения (по мере старения загрязнения данное снижение несколько ослабло).

3.5 Агрономическая и экономическая эффективность испытанных приемов реабилитации нефтешагрязненной почвы

Влияние реабилитационных приемов на поражаемость растений болезнями. Испытанные реабилитационные приемы нефтешагрязненной почвы снизили распространенность и развитие болезней растений, но самой действенной комбинацией приемов оказалось сочетание внесения минеральных удобрений с интенсивным рыхлением почвы и известкованием (рис. 3).

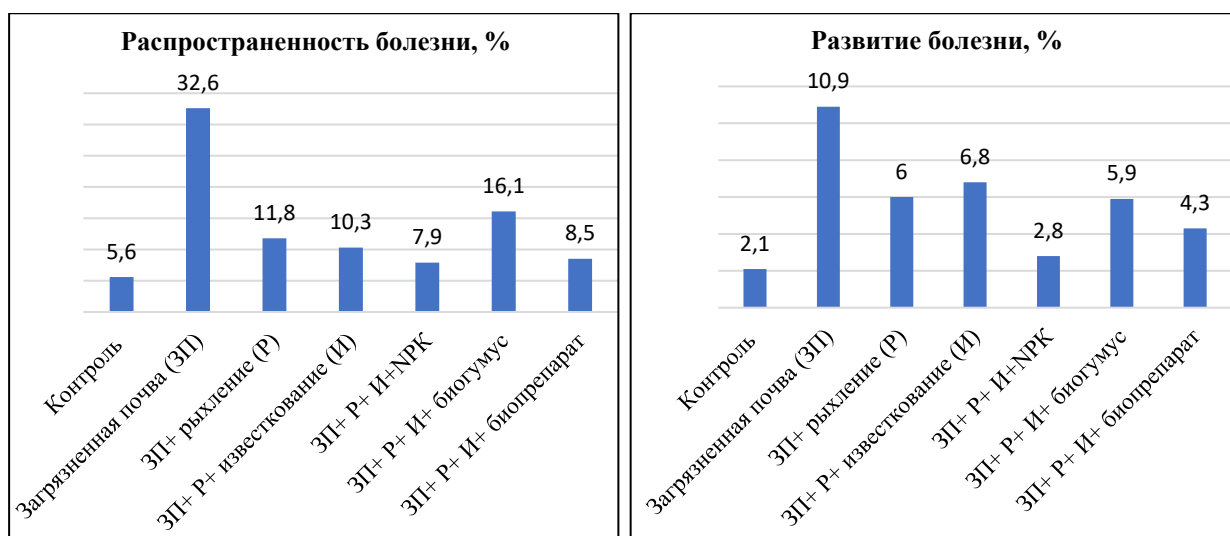


Рис. 3. Влияние приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на поражаемость растений проса гельминтоспориозом (2020 г.)

В целом, по всем болезням отдельные приемы реабилитации по силе воздействия на снижение заболеваний расположились в следующий убывающий ряд: рыхление > минеральные удобрения > биогумус > биопрепарат (по распространенности болезней); минеральные удобрения > рыхление > биогумус > биопрепарат (по развитию болезней) (табл. 3).

Таблица 3. Снижение или повышение* заболеваемости растений под влиянием отдельных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы

Болезнь (с/х культура, год)	Рыхление	Известкование	NPK	Биогумус	Биопрепарат
Полосатая пятнистость листьев (яровой ячмень, 2018 г.)	<u>-1**</u> <u>-3,9</u>	<u>-1,2</u> <u>-0,9</u>	<u>-10,6</u> <u>-4,8</u>	<u>-6,1</u> <u>-0,7</u>	<u>-3,8</u> <u>-0,2</u>
Стеблевая ржавчина злаковых (яровой ячмень, 2018 г.)	<u>-11,2</u> <u>-2,8</u>	<u>-0,7</u> <u>-0,6</u>	<u>-7,1</u> <u>-1,6</u>	<u>-2,2</u> <u>-0,9</u>	<u>-1,4</u> <u>-0,8</u>
Пероноспороз на листьях (яровой рапс, 2019 г.)	<u>-4,5</u> <u>-2,30</u>	<u>-2,1</u> <u>+0,11</u>	<u>-12,7</u> <u>-1,34</u>	<u>-4,9</u> <u>-0,04</u>	<u>-5,2</u> <u>+0,64</u>
Альтернариоз на листьях (яровой рапс, 2019 г.)	<u>-5,4</u> <u>-2,05</u>	<u>+0,7</u> <u>-0,77</u>	<u>-14,5</u> <u>-1,78</u>	<u>-7,4</u> <u>+0,23</u>	<u>-6,3</u> <u>-0,24</u>
Гельминтоспориоз на листьях (просо, 2020 г.)	<u>-20,8</u> <u>-4,9</u>	<u>-1,5</u> <u>+0,8</u>	<u>-2,4</u> <u>-4,0</u>	<u>+5,8</u> <u>-0,9</u>	<u>-1,8</u> <u>-2,5</u>
Септориоз на листьях (яровая пшеница, 2021 г.)	<u>-16,4</u> <u>-2,8</u>	<u>+5</u> <u>+0,5</u>	<u>-7,6</u> <u>-1,8</u>	<u>-6,2</u> <u>-1,0</u>	<u>-6</u> <u>-0,7</u>
Альтернариоз колоса (яровая пшеница, 2021 г.)	<u>-11,9</u> <u>-1,7</u>	<u>+1,1</u> <u>+0,5</u>	<u>-10,3</u> <u>-5,6</u>	<u>-6,3</u> <u>-4,2</u>	<u>-1,7</u> <u>-3,4</u>
Средние по всем болезням (2018-2021 гг.)	<u>-10,2</u> <u>-2,9</u>	<u>+0,2</u> <u>+0,1</u>	<u>-9,3</u> <u>-3,0</u>	<u>-3,9</u> <u>-1,1</u>	<u>-3,7</u> <u>-1,0</u>

Прим.: * - по отношению к уровню заболеваемости растений на нефтезагрязненной почве без приемов реабилитации; ** - числитель – распространение болезни, %; знаменатель - развитие болезни, %.

Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на урожайность сельскохозяйственных культур. Среди испытанных комбинаций

приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы максимальные урожаи всех культур, превышающие уровень урожайности на загрязненной почве в 1,8-3,8 раза, были получены в случае внесения полного минерального удобрения (NPK) на фоне рыхления и известкования. Внесение биогумуса или инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на фоне рыхления и известкования так же повысили урожайность, однако уступали варианту с применением минеральных удобрений. Биогумус оказался более эффективным, нежели препарата Байкал ЭМ-1.

Что касается отдельных приемов рекультивации, то значимость их заметно менялось в зависимости от давности загрязнения. Линейные уравнения парной корреляции и коэффициенты детерминации прибавок урожая от временного фактора (давность загрязнения) показывают постепенное повышение значимости минеральных удобрений, биогумуса и биопрепарата Байкал ЭМ-1 при синхронном уменьшении значимости рыхления и известкования нефтезагрязненной почвы (рис. 4).

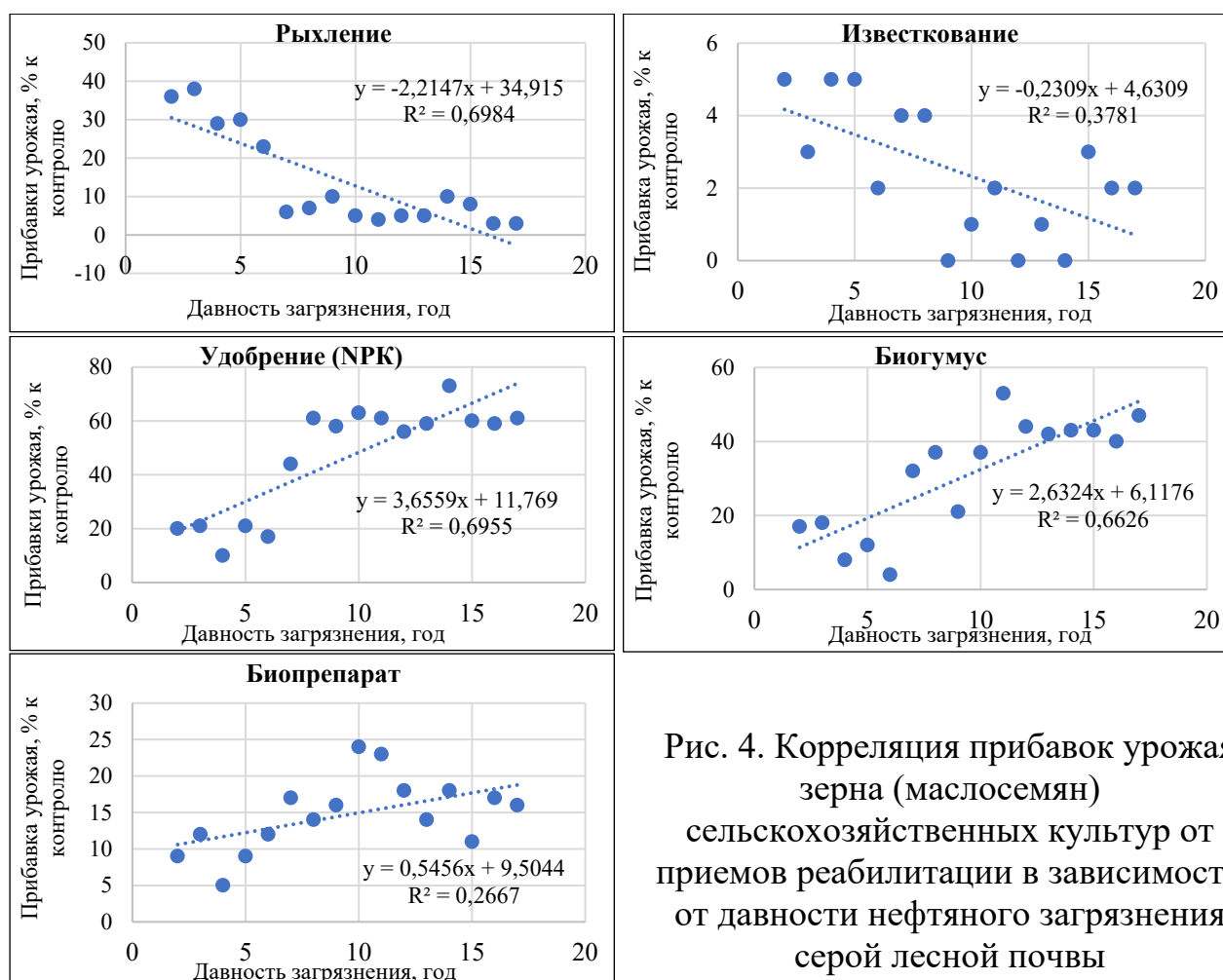


Рис. 4. Корреляция прибавок урожая зерна (маслосемян) сельскохозяйственных культур от приемов реабилитации в зависимости от давности нефтяного загрязнения серой лесной почвы

Экономическая эффективность испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы. Для некоторого упрощения расчетов экономической эффективности испытанных приемов реабилитации за весь период экспериментов основную продукцию всех культур перевели в зерновые

единицы используя соответствующие коэффициенты (1,00 для яровой пшеницы и ячменя, 1,36 – рапса, 0,81 – проса), а для определения затраты на возделывание культур использовали технологические карты возделывания условной яровой пшеницы. Изученные реабилитационные приемы загрязненной нефтью серой лесной почвы, за исключением рыхления, увеличили величину условного чистого дохода (табл. 4).

Таблица 4. Экономическая эффективность приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы (2006-2021 гг.)

Варианты опыта	Стоимость* продукции, руб./га	Затраты**, руб./га	Условный чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %
Контроль (незагрязненная почва)	19635	12765	6870	54
Загрязненная почва (ЗП)	10605	12408	-1803	-15
ЗП+ рыхление (Р)	13020	13086	-66	-1
ЗП+ Р+ известкование (И)	13860	13654	206	2
ЗП+ Р+ И+НРК	23100	21495	1605	7
ЗП+ Р+ И+ биогумус	20055	19824	231	1
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	16800	16589	211	1

Прим.: * - цена реализации зерновой единицы 10500 руб./т; ** - рассчитаны по технологическим картам возделывания условной яровой пшеницы.

По величине условной прибыли (1605 руб./га) лучшим вариантом реабилитации оказалось сочетание внесения минеральных удобрений с рыхлением и известкованием нефтезагрязненной почвы. Использование вместо минеральных удобрений биопрепарата или биогумуса резко снизило показатели экономической эффективности.

3.6 Внедрение результатов исследования в производство

Разработанные приемы реабилитации нефтезагрязненной почвы прошли испытание и внедрены на территории ООО «Ярыш» Альметьевского муниципального района Республики Татарстан (акты внедрения имеются).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Спустя 17 лет после загрязнения основные агрохимические показатели нефтезагрязненной серой лесной почвы существенно приблизились к значениям незагрязненной почвы. Загрязненная нефтью почва существенно не отличалась от фоновой почвы по емкости катионного обмена, кислотности (рН_{сол.}, Нг), подвижных форм азота, фосфора и калия, сохранилось лишь некоторое завышение содержания общего углерода (С) и подавление нитрификационной способности.

2. По истечении пяти лет после нефтяного загрязнения (25 л/м²) серой лесной почвы содержание подвижных форм Мо, Сu, Zn, Со не изменилось, Мп – увеличилось, а В достоверно снизилось, хотя при этом группы обеспеченности

почвы данными микроэлементами не изменились. В пахотном горизонте нефтезагрязненной серой лесной почвы содержание тяжелых металлов не превышало норм ПДК. Зависимость содержания БП от концентрации нефти в почве была положительной и тесной ($R^2=0,892$).

3. С ростом концентрации нефти в почве наблюдалось увеличение поражения сельскохозяйственных культур следующими болезнями: полосатой пятнистостью листьев ячменя, стеблевой ржавчиной злаковых культур, пероноспорозом, альтернариозом, гельминтоспориозом, септориозом, альтернариозом колоса. Под действием нефтяного загрязнения особенно заметно усилилась поражаемость растений проса грибом *Helminthosporium panici – miliacei*.

4. В условиях нефтезагрязненной почвы все изученные болезни - полосатая пятнистость листьев, стеблевая ржавчина злаковых культур на ячмене; пероноспороз, альтернариоз на яровом рапсе; гельминтоспориоз на просе; септориоз, альтернариоз колоса на яровой пшенице, оказали сильное негативное влияние на урожайность зерна (маслосемян) и соломы. Наиболее тесными оказались корреляции урожайности основной продукции ячменя от развития стеблевой ржавчины злаковых ($R^2=0,987$), яровой пшеницы от развития альтернариоза колоса ($R^2=0,983$), проса от распространенности гельминтоспориоза ($R^2=0,923$) и ярового рапса от распространенности пероноспороза ($R^2=0,875$).

5. Обнаруживалась тесная положительная корреляция урожайности (яровая пшеница, яровой ячмень, яровой рапс, просо) от давности загрязнения ($R^2=0,763 \div 0,968$). «По мере старения загрязнения происходило постепенное приближение урожаев на загрязненной почве к уровню урожая контрольной (незагрязненной) почвы. Во все годы наблюдения снижение урожая зерна от нефтяного загрязнения почвы было более значимым, чем снижение урожая соломы» (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019). Однако процесс полного достижения исходного незагрязненного уровня урожайности оказался весьма длительным.

6. Под действием нефтяного загрязнения различной давности (1-17 лет) и исходного уровня (10, 20 и 40 л/м²) содержание основных макроэлементов (азот, фосфор, калий) в надземной части изученных растений изменилось неоднозначно и разнонаправленно. В зависимости от культуры, уровня и давности загрязнения происходило как снижение до 15 % по отношению к контролю (азот в соломе ярового рапса в 2019 г.), так и повышение указанных макроэлементов в пределах до 36 % по отношению к контролю (калий в соломе ярового ячменя в 2006 г). Эти изменения, возможно обусловлены различной интенсивностью формирования надземной массы растений и скоростью поступления в них тех или иных элементов питания.

7. Под влиянием нефтяного загрязнения размеры нормативного выноса азота, фосфора и калия яровой пшеницей заметно возросли. Нефтяное загрязнение привело к снижению коэффициентов использования из почвы минерального азота, подвижных форм фосфора и калия и размеры этих

снижений коррелировались с уровнем и давностью загрязнения (по мере старения загрязнения данное снижение несколько ослабло).

8. Испытанные реабилитационные приемы нефтезагрязненной почвы снизили распространенность и развитие болезней сельскохозяйственных культур, но самой действенной комбинацией приемов оказалось сочетание внесения минеральных удобрений с интенсивным рыхлением почвы и известкованием. В целом, по всем болезням отдельные приемы реабилитации по силе воздействия на снижение заболеваний расположились в следующий убывающий ряд: рыхление > минеральные удобрения > биогумус > биопрепарат (по распространенности болезней); минеральные удобрения > рыхление > биогумус > биопрепарат (по развитию болезней).

9. Значимость испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы в росте урожайности существенным образом изменилась во времени: «если в первой ротации севооборота (2005-2008 гг.) на продуктивность культур наибольшее положительное влияние проявило интенсивное рыхление почвы, то в последующие ротации севооборота на прибавку урожая зерна (маслосемян) наибольшее действие оказало внесение минеральных удобрений и биогумуса. Прибавки урожая от минеральных удобрений превышали таковые от биогумуса в 1,2-1,6 раза, от биопрепарата - в 1,8-4,3 раза, причем по мере старения загрязнения преимущество минеральных удобрений возрастало» (Нигматуллина, Гилязов, 2021).

10. Все испытанные приемы реабилитации нефтезагрязненной почвы увеличили величину условного чистого дохода (или уменьшили убыточность). Судя по величине условной прибыли (1605 руб./га), лучшим вариантом реабилитации оказалось сочетание внесения минеральных удобрений с рыхлением и известкованием нефтезагрязненной почвы. Использование вместо минеральных удобрений биопрепарата Байкал ЭМ-1 или биогумуса снизило экономическую эффективность реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Интенсивность поражения растений (яровая пшеница, ячмень, яровой рапс, просо) болезнями (полосатая пятнистость листьев ячменя, стеблевая ржавчина злаковых культур, пероноспороз, альтернариоз, гельминтоспориоз, септориоз, альтернариоз колоса) предлагается рассматривать в качестве дополнительного диагностического показателя нефтезагрязненности серой лесной почвы.

2. Для снижения поражаемости растений (яровая пшеница, ячмень, яровой рапс, просо) болезнями (полосатая пятнистость листьев ячменя, стеблевая ржавчина злаковых культур, пероноспороз, альтернариоз, гельминтоспориоз, септориоз, альтернариоз колоса) на нефтезагрязненных серых лесных почвах необходимо устранение избыточной кислотности почвы известкованием, внесение полного минерального удобрения или биогумуса и интенсивное рыхление нефтезагрязненного слоя в течение двух вегетационных периодов на разную глубину (от 5 до 25 см) через каждые две недели.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

1. **Осипова, Р.А.** Действие загрязнения серой лесной почвы нефтью на урожайность ярового ячменя и коэффициенты использования питательных веществ из почвы / Р.А. Осипова, М.Ю. Гилязов, С.М. Галаветдинов // Вестник Казанского государственного аграрного университета том 14. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. - С.85-91.

2. **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 // Достижение науки и техники АПК. 2019. Т. 33.№. - С. 6-9.

3. **Осипова, Р.А.** Трансформация агрохимических свойств серой лесной почвы под действием нефти в зависимости от уровня и давности загрязнения / Р.А. Осипова, А.Р. Равзутдинов, М.Ю. Гилязов, С.Ж. Кужамбердиева // Плодородие. 2020. - С. 55-60.

4. **Осипова, Р.А.** Действие нефтяного загрязнения серой лесной почвы на урожайность ярового рапса и поражаемость его ложной мучнистой росой (пероноспорозом) / Р.А. Осипова, М.Ю. Гилязов // Вестник Казанского государственного аграрного университета № 1(61) – Казань: Казанский ГАУ, 2021. - С. 45-50.

5. **Нигматуллина, Р.А.** Влияние нефтяного загрязнения серой лесной почвы на урожайность ярового рапса / Нигматуллина Р.А., Гилязов М.Ю. // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии Вып. 2 – Самара, 2021. - С. 9-17.

Статьи, опубликованные в журналах, входящих в Web of Science

6. **Osipova, Regina A.** Impact of oil contamination of grey forest soil on its nutrient status and plant safety / Osipova Regina A., Gilyazov Minnegali Yu., Kuzhamberdieva Svetlana Zh. and Abzhalelov Bahytbek B. // BIO Web Conf. Volume 27, 2020 International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020) // BIO Web of Conferences 27, 00046 (2020) eISSN: 2117-4458

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

7. **Осипова, Р.А.** Влияние старого нефтяного загрязнения и агроприемов 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-технической конференции Казанского ГАУ. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ. - 2018. - С 107-112.

8. Гилязов, М.Ю. Действие нефтяного загрязнения на продуктивность и химический состав урожая яровой пшеницы / М.Ю. Гилязов, **Р.А. Осипова**, А.Р. Равзутдинов, С.Ж. Кужамбердиева // Сельское хозяйство и продовольственная

безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры / Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. - С 84-90.

9. Gilyazov, Minnegali Yield and Chemical Composition of Spring Wheat Harvest on Oil-contaminated Grey Forest Soil / Minnegali Gilyazov, **Regina Osipova**, Amir Ravzutdinov, Svetlana Kuzhamberdieva // International scientific and practical conference «AgroSMART -Smart solutions for agriculture», KnE Life Sciences, 2019. p. 338-346.

10. **Осипова, Р.А.** Влияние загрязнения серой лесной почвы нефтью на поражаемость ярового рапса альтернариозом / Р.А. Осипова, М.Ю. Гилязов // В сборнике: Воспроизводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях. Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ. Казань, 2021. - С. 273-277.

11. Гилязов, М.Ю. Влияние старого нефтяного загрязнения на поражаемость растений ярового рапса пероноспорозом в условиях серой лесной почвы / М.Ю. Гилязов, **Р.А. Осипова** // В сборнике: Современные достижения аграрной науки. Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, лауреата госпремии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича. - Казань, 2021. - С. 275-282.

12. **Нигматуллина, Р.А.** Биопрепараты в технологиях реабилитации нефтезагрязненных почв / Р. А. Нигматуллина, М. Ю. Гилязов, М. А. Осипова // Биологические препараты и приемы биологизации в современном земледелии: Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2023. – С. 154-163.