

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*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. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель -  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор  
Гилязов Миннегали Юсупович

Казань - 2024

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b>	<b>11</b>
1.1 Загрязнение почвенного покрова нефтью и нефтепродуктами: источники и причины	11
1.2 Свойства нефтезагрязненных почв и продуктивность растений	21
1.3 Возможные способы рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами	30
<b>ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>	<b>40</b>
2.1 Краткая характеристика зоны проведения исследования	40
2.2 Программа и методика исследования	41
2.3 Метеорологические условия в годы проведения исследования	54
<b>ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>	<b>61</b>
<b>3.1 Агрохимические свойства нефтезагрязненной серой лесной почвы</b>	<b>61</b>
3.1.1 Кислотно-основные и поглотительные свойства почвы	61
3.1.2 Обеспеченность почвы подвижными формами макро- и микроэлементов	65
3.1.3 Содержание тяжелых металлов и бенз(а)пирена в нефтезагрязненной почве	73
<b>3.2 Влияние нефтяного загрязнения на поражаемость растений болезнями</b>	<b>78</b>
3.2.1 Заболевания растений ярового ячменя	
3.2.2 Заболевания растений ярового рапса	
3.2.3 Заболевания растений проса	
3.2.4 Заболевания растений яровой пшеницы	
<b>3.3 Влияние болезней и нефтяного загрязнения на урожайность и структура урожая сельскохозяйственных культур</b>	<b>94</b>
<b>3.4 Действие нефтяного загрязнения на химический состав</b>	<b>114</b>

<b>растений и базовые нормативные агрохимические показатели</b>	
3.4.1 Содержание основных макроэлементов в надземной массе растений, выращенных на нефтезагрязненной почве	114
3.4.2 Хозяйственный и нормативный вынос, коэффициенты использования растениями основных макроэлементов на нефтезагрязненной почве	121
<b>3.5 Агрономическая и экономическая эффективность испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы</b>	<b>128</b>
3.5.1 Влияние реабилитационных приемов на поражаемость растений болезнями	128
3.5.2 Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на урожайность сельскохозяйственных культур	142
3.5.3 Экономическая эффективность испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы	154
<b>3.6 Внедрение результатов исследования в производство</b>	<b>158</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>160</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>	<b>164</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	<b>206</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Сохранение и повышение плодородия почв – стратегическая государственная задача, которая напрямую связана с обеспечением продовольственной безопасности страны.

Особая роль земельных ресурсов в сельском и лесном хозяйстве общеизвестна: земля одновременно является главным средством производства, предметом и орудием труда, поэтому эффективность сельскохозяйственного производства, особенно земледельческой отрасли, в огромной степени обуславливается уровнем плодородия почв. Почва – это живой сложный организм, где протекают биологические, химические и физические процессы, направленность и интенсивность которых определяют её плодородие. 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 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. 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 (Berkadu A.A., Chen Q., 2018; Saraeian Z., Haghighi M., Etemadi N. etc., 2018; Achakulwisut P., Brauer M., Hystad P., Anenberg S.C., 2019; Vithanage M., Rajapaksha A.U., Oze Ch., Rajakaruna N., Dissanayake C.B., 2019; Eludoyin A., 2020; Mambwe M., Kalebaila K.K., Johnson T., 2021) и отечественных публикациях (Глазовская М.И., 1988; Гилязов М.Ю., 2001; Габбасова И.М., 2002; Зволинский В.П. и др., 2005; Киреева Н.А. и др., 2006; Назаров А.В., 2007; Леднев А.В., 2008; Мажайский Ю.А., 2008; Ступин Д.Ю., 2009; Воеводина Т.С. и др., 2015; Лавриненко О.В., 2016; Огорельцева В.В., 2016; Середина В.П. и др., 2017; Заболотских В.В. и др., 2018; Кулиев А.Г., Бахшиева Ч.Т., 2018; Искакова Е.А., 2019; Троц Н.М., Горшкова О.В., 2019; Изилиянов А.Ю., Минина Н.Н., 2021; Мерзлякова Д.А., 2021; Пиковский, Ю.И. и др., 2022. В Республике Татарстан проблема реабилитации нефтезагрязненных почв освещается в работах М.З. Гайнутдинова (1979), М.Ю. Гилязова (2001), И.З. Фараховой (2009), И.А. Дегтяревой, А.Я. Давлетшиной (2015), О.В. Лавриненко (2016), В.Н. Заикиной (2017), 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 испытанных 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.

**ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ****1.1 Загрязнение почвенного покрова нефтью и нефтепродуктами:  
источники и причины**

Почвенный покров является важнейшим природным образованием. Самая главная роль почвы в жизни общества - обеспечение человечества продовольствием (Суханов, Якушев, 2011; Лукманов и др., 2013). «Посредством почвы человечеству поставляется до 95-97 % продовольствия и значительная часть сырья для промышленности. Особое свойство почвенного покрова – это его плодородие, по которому обуславливаются свойства почвы, обеспечивающие урожай сельскохозяйственных культур» (Гасанов, 2020).

«Плодородие почвы влияет на многие природные ресурсы, экологическое состояние почв, уровень экономического и социального развития государства, а также на здоровье населения. Не решив проблемы по сохранению и воспроизводства плодородия почв, невозможно реально обеспечить безопасность государства и здоровья нынешнего и будущего поколения людей» (Довгополая, 2012; Бортник и др., 2022).

По некоторым подсчетам, человечество за свою историю уже потеряло 2,0 миллиардов гектаров продуктивных земель. «Только из-за эрозии из сельскохозяйственного оборота ежегодно выпадает от шести до семи миллионов гектаров земли. Около половины орошаемых земель в мире подвергаются засолению и заболачиванию, что приводит к ежегодной потере 200-300 тысяч гектаров земли» (Гагарин, 2009).

Загрязнение почв сельскохозяйственного назначения влечет за собой необратимые последствия. Нарушается структура почвы, снижается продуктивность растений, водный режим почв, выводятся земли из

сельскохозяйственного оборота. Все это приводит к нарушению экологического равновесия в почвенной биоте (ГОСТ Р 57447-2017).

Почва является малоподвижной системой, что в свою очередь означает очень медленное перемещение в ней загрязняющих веществ. По этой причине в почве в большом количестве накапливаются различные загрязняющие вещества (Середина и др., 2017; Арсланов, Абдурахманов, 2021). Тем самым почва является самым трудновосстанавливаемым объектом, на которое оказывают негативное влияние нефть и нефтепродукты (Козловская, 2001; Тюленева и др., 2006; Шамраев, Шорина, 2009; Сангаджиева, Самтанова, 2013).

«Земля, на которой в результате хозяйственной деятельности человека была уничтожена растительность, изменены гидрологический режим, рельеф, разрушен и загрязнен почвенный покров, таких земель принято считать нарушенными. Обычно такие нарушенные земли образуются при добыче полезных ископаемых, в том числе и нефти» (Голованов и др., 2015)

С каждым годом растет антропогенная нагрузка на почвенный покров. По этой причине защита почвы от техногенного воздействия является важнейшей задачей в современном мире. Несмотря на то, что в последние десятилетия активно применяются меры по охране окружающей среды, ситуация не меняется в лучшую сторону (Осипов и др., 2021).

В современных условиях распространенным антропогенным воздействием на почвы является нефтяное загрязнение почв (Лапа, 2016).

«Известно, что поверхностные воды, реки, озера и суши в большой или меньшей степени загрязнены нефтью и нефтепродуктами. Нефть и нефтепродукты обнаруживаются почти в каждом водоеме, в том числе и в озере Байкал. Существует различные виды проникновения загрязнителя на окружающую среду, как, например, при ее добыче, транспортировке и перегрузке, или же вследствие утечек из нефтепроводов. Загрязнение нефтью с каждым годом только увеличивается, предпосылками к этому являются изношенность оборудования, несоблюдение технологической дисциплины, а

также высокая коррозионная активность техногенных потоков нефтепромыслов» (Тучкова, 2017, Осипова, 2018).

В мире ежегодно спрос на нефтепродукты увеличивается на 8 %, добыча на 5 % в год (Ваграмова, 2021).

«По данным электронных ресурсов ([ru.wikipedia.org](https://ru.wikipedia.org)) в 2022 г. в мире было добыто 4407,2 млн. тонн нефти, в том числе в РФ 548,5 млн. тонн или 12,4 % общемировой добычи» ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Список\\_стран\\_по\\_добыче\\_нефти](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_добыче_нефти)). По данным Всероссийского научно-исследовательского института геологии зарубежных стран, «суммарный объем потребления нефти в мире за 2020-2050 годы составит 163,7 млрд. тонн» (<https://ru.investing.com/news/commodities-news/article-2111484>).

В Республике Татарстан нефтедобыча ведется с 1943 года. В Республике нефть добывается в 21 районе, общая площадь территорий, где ведется нефтедобыча, составляет 3492,8 тысяч гектаров, другими словами, 51,5 % общей территории Республики. Длина нефтепроводов в Республике Татарстан составляет около 35 тысяч км. Нефтяникам республики для пользования отведено около 30 тысяч гектаров земель (Фарахова и др., 2008; Гилязов, Яппаров, Гайсин, 2009).

В 2023 году в Республике Татарстан добыли почти 37 млн. тонн нефти (<https://iqtisad.online/ru/news/объем-добычи-нефти-в-2023-году-прогнозы-и-перспективы>). Несмотря на то, что наши нефтяники и переработчики нефти проводят большую работу по охране окружающей среды, в республике нефть и нефтепродукты остаются приоритетными загрязняющими веществами, особенно в районах нефтедобычи и на территориях размещения нефтепродуктопроводов. По этой причине ежегодно выводится из оборота 200 гектаров продуктивных земель (Петров и др., 2011).

Земли сельскохозяйственного назначения занимают важное место в обороте земель на территории Российской Федерации, в том числе и в Республике Татарстан. Земли для сельскохозяйственного назначения в республике составляют 4 620,50 тыс. га (68,10 %) (Чупина и др., 2023).

В Республике Татарстан большая часть почвенного покрова приходится черноземам и серым лесным почвам. Известно, что серые лесные почвы занимают 37,1 % площади Республики, и они охватывают Предкамье, северные районы Предволжья, северо-восток и центр Закамья (Валеева и др., 2011).

«В Предкамье Республики Татарстан площадь серых лесных почв 911,3 тысяч гектаров, что составляет 61,1 % сельскохозяйственных угодий этого региона. В Лаишевском муниципальном районе площадь серых лесных почв составляет 62,7 тысяч гектаров или 72 % сельскохозяйственных угодий» (Давлятшин и др., 2013).

Серые лесные почвы считаются достаточно плодородными, ибо в темно-серых подтипах указанных почв содержание гумуса доходит до 8 % и уменьшается с глубиной. Почва серых лесных почв имеет слабокислую реакцию среды. В гумусовом горизонте преобладают гуминовые кислоты. Нужно также отметить, серые лесные почвы считаются наиболее уязвимыми к антропогенному воздействию (Соловова, Пронько, 2005).

По Республике Татарстан почвы, загрязненные нефтепродуктами и тяжелыми металлами выше максимального допустимого уровня (МДУ), преимущественно находятся на территориях нефтедобывающих предприятий, нефтехимии, энергетики, машиностроения. В частности, в городе Казани, в районах: Зеленодольск, Нижнекамск, Заинск, Менделеевск, Альметьевск, Набережные Челны (Переведенцев и др., 2007).

Значительная часть нарушенных земель республики находятся в районах нефтедобычи. Наибольшие площади нарушенных земель приходятся Азнакаевскому (284 га), Альметьевскому (796 га), Бавлинскому (182 га), Бугульминскому (352 га), Лениногорскому (564 га), Мензелинскому (201 га), Сармановскому (691 га) муниципальным районам РТ (Васильева, 2007).

В результате проведения исследований Ивановым А.В. и Тафеевой Е.А. было установлено, что «почвы в нефтедобывающих районах Республики Татарстан характеризуются низким содержанием и неблагоприятным

соотношением важных микроэлементов, таких как медь, цинк и хром» (Иванов, Тафеева, 2009).

В исследованиях Д.В. Иванова подчеркивается, что «тяжелые металлы, как - кадмий, свинец, медь, цинк и марганец должны быть в приоритете при контроле содержания их в почвах Республики Татарстан, ибо они обладают высокой мигрирующей способностью в сопредельные среды» (Иванов, 2015).

Прогрессирующая нефтегазовая отрасль сильно осложнила экологическую обстановку нефтедобывающих регионов, загрязняя почву, атмосферный воздух, грунтовые и поверхностные воды различными химическими веществами. По этой причине устранение негативного влияния поллютанта на почвенный покров имеет немалую актуальность (Фаизов и др., 2003; Кормак, 2020).

«По химическому составу нефть в основном состоит из углерода (83 – 87 %) и водорода (11-14 %). Вместе с углеродом и водородом в составе нефти входят сера, кислород и азот. Содержание азота в нефти мало - 0,001-0,3 %, содержание кислорода варьирует от 0,1 до 1 %, серы - от 0,1 до 3 %. При содержании серы меньше 0,5 % нефти называются – малосернистыми, 0,5-2 % - сернистыми и более 2 % - высокосернистыми. Так же известно, что в составе нефти входят и другие элементы, такие как - Ca, Mg, Fe, Al, Si, V, Ni, Na и др., содержание которых колеблется незначительными долями процента» (Каштанов, Жуков, 1985).

Широкое распространение загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами обусловлено тем, что они используются повсеместно. Загрязнения нефтепродуктами начинаются с аварийных разливов и технологических утечек и продолжаются при использовании готовых нефтепродуктов потребителем. Нефтепродукты причиняют огромный вред гумусовому горизонту почв. За счет увеличения нефтяного углерода меняется состав гумуса, теряется свойства почвы как питательного субстрата. Нефтепродукты увеличивают гидрофобность почвы, тем самым препятствуя тем самым поступлению воды к корням растений. Изменяется у растений

фотосинтетическая активность, ухудшается продуктивность растений, что во многих случаях приводит к полной гибели растений (Шувалов, 2008; Вукова, 2018; Berkadu, 2018; Троц, 2020).

Изучение поведения поллютанта в почве осложняется тем, что почва является пористой субстанцией. При нефтяном загрязнении почва пропускает отдельные компоненты загрязнения и задерживает другие (Петров, 1984; Левшин, Салецкий, 1989; Горбатенко, Ревиной, 2006; Другов, Родин, 2007).

Почву можно считать загрязненной нефтью, «если концентрация поллютанта достигает уровня, когда происходят следующие изменения в почве: от загрязнения подавляется рост и развитие растений; уменьшается продуктивность растений; нарушается баланс почвенного биоценоза; замедляется деятельность микроорганизмов; изменяется видовой состав растительности» (Полонский и др., 2010).

Нефть и нефтепродукты наибольший вред наносят землям сельскохозяйственного назначения в тех районах, где ведется добыча, переработка, а также в местах аварий на трубопроводах (Гакаев, 2011; Гаджиев, Гакаев, 2014; Убаева и др., 2015; Khamidullina, Nayanov, 2022).

Источники загрязнения почв нефтепродуктами обычно разделяют на локальные и комплексные. Локальному типу загрязнения характерно единовременная нагрузка на почву. Комплексные могут объединять в себе локальные загрязнения, но они характеризуются высокой продолжительностью и наносят масштабное воздействие на почву (Мерициди и др., 2008).

«На сегодняшний день по территории России проходит свыше 200 тыс. км. трубопроводов, большая часть которых имеет диаметр до 1220 мм для нефтепроводов и до 1420 мм для газопроводов. Сегодня в эксплуатации находится более 1 млн. километра промысловых, магистральных и распределительных продуктопроводов. Вся эта система покрывает 35 % территории страны, на которой проживает более 60 % всего населения» (Уланов В.В., Гибадуллин П.В., 2022).

В большинстве случаев аварии на нефтепроводах бывают в результате отказа механизмов, нарушения требований к эксплуатации оборудования, а также несанкционированных врезок. Низкая квалификация, нехватка персонала также является причиной аварий на нефтяных и нефтехимических производствах (Шпербер, 2016; Околелова и др., 2019; Кутлина, 2022). Нельзя забывать и о внутренних и внешних коррозиях труб (Гребенюк и др., 2011).

Наиболее распространенный источник загрязнения почв - трубопроводы. Они предназначены для перекачки товарной и сырой нефти. По своему назначению выделяют 3 группы трубопроводов: промысловые, магистральные, технологические. Аварии в большинстве случаев бывают вблизи рек, по которым нефть распространяется на большие территории (Уваева и др., 2015; Кудрявцева, Попова, 2017; Горшкова, Троц, 2023).

«К импактным загрязнениям нефти можно отнести наземные транспортные средства, нефтеперерабатывающие предприятия, заводы и нефтехранилища. Однократное воздействие загрязняющих веществ на почву может быть относительно небольшим, но их постоянное воздействие может привести к стойкому загрязнению почвы» (Вукова, 2018).

В нефтедобывающих районах основными причинами загрязнения являются эксплуатационные и разделочные скважины. Скважины являются источниками аварийных выбросов. «На некоторых нефтепромыслах скважин может быть много, несколько сотен. Не следует забывать, что на нефтепромыслах присутствуют и другие источники загрязняющих веществ, такие как трубопроводы, сборные пункты, хранилища и пункты для подготовки нефти» (Жолдакова, Беляева, 2015).

Нельзя забывать также про нефтяные отходы, которые вносят значительный вклад в загрязнение окружающей среды. Отходы нефтепродуктов образуются на всех этапах нефтедобычи, например, при чистке резервуаров или другого оборудования. Тут присутствует несовершенство техники и антропогенный фактор. По подсчетам некоторых

экспертов, потери нефти, содержащихся в отходах, составляет приблизительно 3 % от годовой добычи нефти (Боковикова и др., 2011; Achakulwisut, 2019).

«В Российской Федерации каждый год образуется более 3 млн. тонн нефтеотходов. В частности, в Республике Татарстан нефтеотходов скопилось около 2,5 млн. т., Башкортостане – 2 млн. т., Западной Сибири – 3 млн. т. Количество нефтесодержащих отходов растет. Известно, что на 1 тысячу тонны сырой нефти приходится 1-5 тонн нефтешламов. Основное количество нефтеотходов скапливается на нефтедобывающих предприятиях, нефтебазах, железных дорогах, аэропортах» (Соколов, 2017).

По степени влияния на окружающую среду продукты переработки нефти, в том числе и некондиционный мазут, согласно Федеральному классификационному каталогу отходов (Приказ Росприроднадзора № 445 от 18.07.2014 г.), относят к третьему или четвертому классу опасности в зависимости от количества содержания нефтепродуктов средней степени воздействия (Роздяловская, Чудинов, 2020).

«Нефтеотходы и оседание части выбросов ПАУ (полициклические ароматические углеводороды) на поверхность земли является источником загрязнения почвы бенз(а)пиреном. Содержание бенз(а)пирена в почве является информативным показателем загрязнения почвы тяжелыми металлами и полициклическими ароматическими углеводородами» (Сучков и др., 2017).

Последствия загрязнения почв тяжелыми металлами, нефтью и ПАУ являются чрезвычайно опасными для всей окружающей среды, а экономический ущерб от химического загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции огромен (Минкина и др., 2015).

В виду масштабности и разнообразия способов негативного воздействия нефти и нефтепродуктов на почву, именно это считают одной из главных проблем в современном мире (Mambwe, 2021; Рудых, Богданов, 2022; Муравьева, Кащенко, 2023). Другой причиной, относящейся

нефтепродукты к особо опасным загрязнителям, является их высокая миграционная способность (Khalilova, 2013; Заикина, Околелова, 2017).

К тому же «нефть и ее органические соединения могут находиться в почве в парообразном, жидком, свободном и неподвижном состоянии. А также могут быть в виде плотной массы на поверхности» (Подалалов, 2010).

В Российской Федерации год за годом уменьшаются легкодобываемые месторождения нефти и с каждым годом в общей добыче будет возрастать доля трудноизвлекаемой нефти. В «Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2018 года № 2914-р, указывалось, что «в период с 2018 по 2021 гг. будет наблюдаться прирост добычи нефти с 549 до 562 млн. т., а с 2022 по 2024 гг. будет наблюдаться отрицательная статистика (спад до 557 млн. т.). Прогнозируется, что рост добычи труднодоступной нефти приведет к усилению социально-экологических проблем» (Бозров, 2020).

Состав тяжелой нефти отличается высоким содержанием ароматических углеводородов и смолисто-асфальтеновых веществ. Относительно много в ней металлов и сернистых соединений, она отличается высокими показателями плотности и вязкости (Жумаев, Туракулова, Бурхонов, 2019).

Состав тяжелой нефти выражен наиболее токсичными свойствами, в большинстве случаев они обогащены металлами-примесями (наиболее распространенные – ванадий и никель), которые в основном находятся в смолисто-асфальтовых фракциях тяжелой нефти, и практически не растворяются. Известно, что в высоковязкой нефти также содержатся такие вещества, как нефтеновые кислоты, сульфокислоты, простые и сложные эфиры.

Огромные запасы тяжелой нефти и битумов расположены в Республике Татарстан, по разным источникам они составляют от 1,5 до 7 млрд. т. Тяжелая нефть отличается высокой сернистостью (80 %) и высокой

вязкостью (67 % остаточных извлекаемых запасов). По плотности она характеризуется как средняя и тяжелая (68 % остаточных извлекаемых запасов) (Полетаева, Леонтьев, 2019).

В работах Пиковского Ю.И. и др. указывается «три стадии трансформации нефти в почвах:

1. Физико-химическая и частично микробиологическая деструкция алифатических углеводородов – длится от нескольких месяцев до 1,5 лет. Скорость процесса, в частности, зависит от температуры почв.

2. Микробиологическое разрушение низкомолекулярных структур – длится около 4-5 лет.

3. Трансформация высокомолекулярных соединений – зависит от снижений содержания полициклических структур» (Пиковский и др., 2022). По их мнению, продолжительность процесса трансформации нефти в почве зависит от почвы и климатической зоны и может варьировать от нескольких месяцев до нескольких десятилетий.

Как известно, опасность того или иного вещества оценивается путем сравнения фактического содержания поллютанта с величиной предельно-допустимой концентрации (ПДК) (Yunker, 2002; Рубин и др., 2013).

В настоящее время нет общепринятого (единого) значения ПДК для валового содержания в почве нефти и нефтепродуктов. Степень загрязнения почвы нефтепродуктами оценивается, сравнивая по превышению содержания поллютанта в почве, над фоновым значением почвы в конкретном районе (территории). По некоторым данным, в районах, где не добывается нефть, фоновое содержание загрязняющих веществ в почве составляет 40 мг/кг, а в нефтедобывающих районах - 100 мг/кг (Боронина, 2021).

«Установленные ПДК только для некоторых видов нефтепродуктов: бензол – 0,3 мг/кг, толуол – 0,3 мг/кг, ксилол - 0,3, мг/кг» (Саксонов и др., 2005).

Чаще всего используют пороговые уровни концентраций нефтепродуктов, которые рекомендованы документом от 27 декабря 1993

года N 04-25 «О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами». Согласно документу, «выделяется пять уровней загрязнения почв нефтепродуктами:

1. допустимый: менее 1000 мг/кг (менее 0,1 %);
2. низкий: 1001–2000 мг/кг (0,11–0,2 %);
3. средний: 2001–3000 мг/кг (0,21–0,3 %);
4. высокий: 3001–5000 мг/кг (0,31–0,5 %);
5. очень высокий: более 5000 мг/кг (более 0,5 %)» (Околелова и др., 2019).

## **1.2 Свойства нефтезагрязненных почв и продуктивность растений**

Нефтяное загрязнение – наиболее распространенный тип химического загрязнения почвенного покрова (Kotova, 2019; Petrovic, 2019; Eludoyin, 2020; Горшкова, Троц, 2023).

Нефть и нефтепродукты загрязняя почву не только оказывают огромное негативное влияние на продуктивность сельского и лесного хозяйства, но и резко снижают устойчивость экосистем в целом (Kicinska, Wikar, 2021).

Загрязнение почвы нефтью считается одной из основных проблем в настоящее время, так как способы влияния нефти на почву разнообразны и обретают масштабный характер (Mambwe, 2021).

К вопросам о влиянии нефти и нефтепродуктов на свойства почвы и на продуктивность растений посвятили свои работы многие зарубежные и отечественные исследователи (Солнцева, 1988, 1998; Габбасова, 2001, 2002; Гилязов, Гайсин, 2003; Bramley-Alves, 2014; Вершинин и др., 2014; Rusin, 2015; Барабанщиков, Сердюкова, 2016; Nwankwegu, 2017; Пиковский и др., 2017; Polyak, 2017; Середина и др., 2017; Леднёв, 2018; Троц, Горшкова, 2018; Ebadi, 2018; Арсланов, Абдурахманов, 2021).

Под действием нефтяного загрязнения меняются морфологические, микробиологические, физические и физико-химические *свойства почвы*

(Заикин, 2005; Исмаилов, Гасымова, 2016; Жидков, Коженков, 2019; Васильев, Гущина, 2020; Alia, 2020). Подвергается к изменениям общая численность и видовое разнообразие почвенных микроорганизмов. Все это связано с тем, что меняется реакция почвенного раствора в щелочную сторону. Нарушается функционирование микроорганизмов почвы, меняется численность и биоразнообразие микроорганизмов (Исмаилов, Пиковский, 1998; Мессинева и др., 2012; Усачева, 2013; Мерзлякова, 2017; Кузнецова и др., 2017).

Действие нефти и её производных на живые организмы проявляется организменном, популяционном и биоценоотическом уровнях (Добринский, Плотников, 1997).

Сложность изучения и реабилитации нефтезагрязненных земель обуславливается тремя группами экологических факторов: «многокомпонентный состав нефти, который специфичен для каждого месторождения и является постоянно меняющимся процессом; разнородность природной среды и экосистемы в целом, которая постоянно развивается; многообразие и изменчивость внешних факторов» (Мессинева и др., 2012).

Интересные наблюдения за нефтезагрязненными почвами проведены Огородниковым А.В. и Серединой В.П. Они, основываясь на материалах полевых исследований, расшифровке аэрофотоснимков и спутниковых снимков, выделили 3 степени загрязнения почв нефтью: слабая, средняя и сильная степень загрязнения.

«Слабая степень загрязнения. Поллютант прямо не попадает на почву, а через поводковые воды. На поверхности почвы остается нефтяная пленка. Окраска гумусового горизонта может стать темнее, по причине увеличения углеводов.

Средняя степень загрязнения. Нефть попадает непосредственно на почву при разливах, при прохождении полых вод с поллютантом, транспортировке нефти. На почве наблюдается нефтяные пятна. По

сравнению со слабым загрязнением, ощущается присутствия запаха нефти. Почвенные горизонты богаты углеводородами. Процесс восстановления таких почв занимает где-то два или 3 года.

Высокая степень загрязнения. Загрязнение наблюдается при большой концентрации попадания нефти в почву. При таком загрязнении поллютант покрывает всю поверхность почвы. Наблюдается местами образование нефтяной корки. Такое загрязнение образуется при аварийных разливах в процессе нефтедобычи и транспортировке» (Огородников, Середина, 1999; Троц, 2020).

В результате загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами в почве происходит ряд изменений, часто бывает и необратимого характера. Меняются морфологические, биологические, физические, физико-химические свойства почвы. Наблюдались и изменения всего почвенного профиля.

При загрязнении нефтепродуктами в почве увеличивается содержание органического вещества. В серых лесных почвах установлено, что общее содержание углерода увеличивается от 5,6 % до 8,0-9,1 % (Хазиев, 2012; Боронина, 2021). Кроме того, при нефтяном загрязнении в почве нарушается соотношение между фракциями органического вещества (Пиковский, 1988; Шамраев, Шорина, 2009).

В нефтезагрязненных почвах изменяется качественный состав гумуса: нарушается соотношение гуминовых и фульвокислот, почти в три раза повышается количество негидролизуемого азота, который очень медленно разлагается (Рашид, Глазин, 2016).

Негативное воздействие нефти на почву в значительной мере определяется соотношением легких и тяжелых фракций нефти. «Легкие фракции нефти являются токсичными для обитателей почвы, но они действуют кратковременно. А тяжелые фракции нефти, отличающиеся малоподвижностью, образуют устойчивый очаг загрязнения. Они связывают

почвенные частицы и тем самым препятствуют влагообменному процессу в почве» (Мотузова, Безуглова, 2007).

Нефтяное загрязнение влияет на агрохимические характеристики почв. В исследованиях Шарковой С.Ю. и Надежкиной Е.В. отмечается, что с повышением уровня загрязнения до 20 л/м<sup>2</sup> в почве наблюдалось уменьшение гидролитической кислотности и увеличение суммы поглощенных оснований. Другими словами, наблюдалось подщелачивание почвы (Шаркова, Надежкина, 2008).

В своих работах Ф.Х. Хазиев и Ф.Ф. Фатхиев (1981) объясняют подщелачивание нефтезагрязненных почв тем, что в загрязненных почвах в почвенно-поглощающем комплексе (ППК) ионы водорода меняются на ионы натрия, и по этой причине в ППК резко возрастает содержание ионов натрия. На наш взгляд, в этом случае, вероятнее всего, произошло загрязнение почвы не только нефтью, но и так называемыми нефтепромысловыми сточными водами, которые отличаются чрезвычайно высокой минерализацией, причем среди катионов преобладает натрий.

Как известно, основными макроэлементами минерального питания растений и микроорганизмов являются азот, фосфор и калий (Полевой, 1989).

Информация о характере действия нефти и нефтепродуктов на содержание подвижных форм питательных элементов, почв противоречивая: если некоторые исследователи сообщают об отсутствии существенного уменьшения или даже слабого повышения содержания подвижных форм азота, фосфора и калия в загрязненных почвах, то другие утверждают обратное (Гайнутдинов и др., 1979; Гилязов, 1980; Фатеев и др., 2004; Назарюк и др., 2007; UzoijeandAgunwamba, 2011; YingWang, 2013; Воеводина и др., 2015; Леднёв, Ложкин, 2019).

По данным Леднёва А.В. (2008), по мере разложения нефти содержание в почве подвижных форм фосфора и калия сначала увеличивается, а затем резко уменьшается. Он полагает, что такие изменения напрямую связаны с показателями кислотности почвенного раствора. Многими исследованиями

доказано, что нефтяное загрязнение снижает содержание в почве подвижных форм элементов минерального питания растений. Все это приводит к негативному влиянию на питание растений (Середина, Пушкина, 1986; Леднев, 2008; Троц, 2021).

По данным ряда исследователей (Бочарникова, 1990; Сулейманов и др., 2007; Шаркова, 2011), нефтяное загрязнение ухудшает азотный режим почв. В частности, под влиянием нефти произошло двукратное снижение количества обменно-поглощенного аммония и ослабление нитрификации (Шаркова, 2011).

Ещё одна причина угнетения растений на нефтезагрязненных почвах - нарушение водно-воздушного режима почвы. Из-за гидрофобности нефти и нефтепродуктов, в загрязненных почвах затрудняется поступление влаги в клетки корня растений. Как известно, показателем доступности влаги растениям является влажность завядания (ВЗ). Так, в почвах, загрязненных нефтью, этот показатель увеличился до 22,7 %, в то время как в незагрязненной почве он был равен 12,0 %. Следовательно, на нефтезагрязненных почвах растения увядают даже при высоком содержании почвенной влаги (Горшкова, Саакян, 1985; Заикин, 2005; Гилязов, Яппаров, Гайсин, 2009).

При попадании загрязнителя на почву структурные агрегаты почвы обволакиваются нефтяной пленкой, что, в свою очередь, препятствует попаданию питательных веществ в корни растений (Зволинский и др., 2005).

Важным агрофизическим показателем почв является коэффициент структурности почвы, определяемый отношением массы агрегатов 10,0...0,25 мм к сумме агрегатов  $> 10$  мм и  $< 0,25$  мм. По многим исследованиям ученых, поллютант по-разному действует на этот показатель. «С одной стороны, мелкие фракции почвы слипаются между собой, увеличивая агрегатированность почвы. С другой стороны, при высокой концентрации загрязнителя слипаются более крупные агрегаты почвы, увеличивается глыбистая фракция, которая совсем не благоприятна для роста и развития

растений» (Габбасова и др., 2002; Гилязов, Гайсин, 2003; Сулейманов и др., 2005; Леднёв, 2018).

Важнейший биологический критерий, по которому оценивают степень нефтяного загрязнения – это ферментативная активность почвы. Именно почвенные ферменты отвечают за интенсивность и направленность процессов синтеза и разложения органических веществ, образования гумусового горизонта (Лапа и др., 2016).

Влияние нефти на активность почвенных ферментов неоднозначно. «Активность почвенных ферментов зависит от многих факторов, включая от вида и концентрации поллютанта, типа почвы, природных факторы, групп почвенных ферментов и возраста загрязнения почвы. Активность ферментов может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от факторов» (Колесникови др., 2007).

Пагубное влияние загрязнения почв нефтью напрямую относится к растениям, распространяясь на все характеристики *роста и развития растений* (Olubodun, 2013; Emengini, 2013; Ionescu (Тора), 2020).

В настоящее время мнения исследователей по влиянию нефтяного загрязнения на растения различны (Gaskin, 2008; Гилязов, Равзутдинов, 2014).

У некоторых исследователей наблюдалось и стимулирующее влияние нефти на растения. Выявлено, что имеет значение степень загрязнения поллютантом и агрохимический фон (Кузнецова и др., 2016; Дмитриева, Петухова, 2017).

По мнению многих, нефтезагрязненные почвы отрицательно влияют на рост и развития растений, особенно на начальном этапе развития (Смирнова, Пономаренко, 2010; Вержбицкий, 2014; ГОСТ Р 57447-2017).

Рассмотрим токсичное влияние нефтезагрязненной почвы на растительность. При нефтяном загрязнении у растений формируются мелкие листья, сокращается длина и ширина листовой пластинки, уменьшается количество листьев на растение и общая площадь ассимиляционного

аппарата. Сокращается толщина мезофилла, тем самым разрастается аэренхима у большинства растений (Огорельцева, 2016).

Другие исследователи в своих работах описывают пожелтение и гибель смазанных поллютантом листьев (Rogozina, 2006).

При загрязнении почвы нефтью и ее продуктами в клетках растений уменьшается содержания хлорофилла, появляются некрозы листьев, замедляется прохождение вегетационных фаз (Adam, 2002; Gaskin, 2008; Осипова, Петухова, 2014).

По результатам исследований многих исследователей (Раменский, 1956; Шилова, 1978; Глазовская, Пиковский, 1980; Демиденко, Демурджан, 1988; Алиев, Мунгиев., 1999; Абазов, Кетенчиев, 2014; Иванова и др., 2015), нефтяное загрязнение сокращает объем корневой системы, тем самым уменьшается общая адсорбирующая поверхность корней.

По данным исследования В.Г. Алехина и др. (1998), ухудшение состояния растений на нефтезагрязненных почвах наблюдается тогда, когда содержание в почве поллютанта больше 1 мг/г.

По данным других авторов (Кузнецова и др., 2016; Дмитриева, Петухова, 2017), отрицательное влияние нефти на рост и развитие растений проявляется при дозе 50 мг/кг. Токсичное действие проявляется в повреждении и отмирании тканей у растений. Отмирают молодые проростки у растений, уменьшается рост подземных и надземных частей растений. В начальном периоде развития задерживается цветение, а уже загрязненные цветки очень редко образуют семена.

«В условиях серой лесной почвы полная гибель сельскохозяйственных культур (яровой рапс, викоовсяная смесь, яровая пшеница и ячмень) от малой дозы товарной нефти (10 л/м<sup>2</sup>) наблюдалась в течение первого года, от дозы 20 л/м<sup>2</sup>, которая соответствует среднему уровню загрязнения - в течение двух лет, а от наибольшей дозы (40 л/м<sup>2</sup>) – в течение трех лет» (Фарахова и др., 2008).

Вследствие изменения под влиянием нефтяного загрязнения структур биоценозов и фитоценозов сельскохозяйственные угодья изымаются из использования на длительный срок (Солнцева, 1988; Барабанщиков, Сердюкова, 2016).

Особенностью воздействия нефтяного загрязнения на растения является продолжительность воздействия на растения. «По причине того, что самоочищение почвы происходит очень медленно. Согласно литературным данным, период восстановления растительного покрова при высокой степени загрязнения может занимать до 10-20 лет и более» (Чупахина, Масленников, 2004).

Неоднозначны результаты исследований различных авторов относительно влияния нефтяного загрязнения на всхожесть семян. Некоторые исследователи отмечают, что на всхожесть растений загрязнение не повлияло, а наоборот даже действовало стимулирующее. Такой эффект обнаружили для кукурузы (*Zea mays* L.), овса (*Avena sativa* L.); солянки сизой (*Salsola glauca* M.B); ржи (*Secale cereale* L.) сорта Саратовская-55; пшеницы (*Triticum aestivum* L.), ели, сосны; лиственницы (*Larix* Mill.). Согласно Е.Е. Шабановой с соавторами, содержащиеся в нефти органические вещества и растворенные в ней микроэлементы оказывают положительное влияние на всхожесть (Седых, Игнатъев, 2002; Бондаренко, 2008; Донец, Григорьев, 2008; Шабанова, 2008; Полонский и др., 2010; Salanitro, 2011; Wang, 2011).

По данным О.М. Грищенко, нефтяное загрязнение оказало на растения стимулирующее влияние. Опыты проводились на пустынях и полупустынях, почвы которых богаты битумами. «У растений, произрастающих на этих загрязненных почвах, листья имели ярко-зеленую окраску в течение всего вегетационного периода, по сравнению с незагрязненными почвами, где растения выгорают уже к началу июня. На загрязненных почвах такой показатель как высота растений, также увеличивался в два-три раза, увеличивалась и продуктивность растений» (Грищенко, 1982).

Нефтяное загрязнение при низких дозах положительно влияло на рост микроорганизмов и на биологическую активность почвы. Все это объясняется тем, что нефть выступает в роли доступного органического субстрата (Киреева и др., 2001).

Вместе с тем, большинство исследователей указывает, что сырая и товарная нефть способствует снижению всхожести семян, густоты травостоя. Уменьшается продуктивность культур за счет изреживания травостоя. Изреживанию в большей степени влияет сырая нефть (Глазовская, Пиковский, 1980; Демиденко, Демурджан, 1988; Алиев, Мунгиев., 1999; Смирнова, Пономаренко, 2010; Абазов, Кетенчиев, 2014; Вержбицкий, 2014; Утомбаева и др., 2019).

Действие загрязнителя на биохимическом уровне характеризуется окислительными процессами. Под действием нефтяного загрязнения у растений увеличивается активность перекисного окисления липидов (ПОЛ), это означает увеличение синтеза антиоксидантов (Anbar, 1967).

«У растений, произрастающих на загрязненной почве, имеются крупные семена, которые были менее чувствительны к поллютанту, по сравнению с мелкими семенами. Если сравнить массу семян и биомассу растений, то можно наблюдать, что у растений с массой семян 1,0-9,9 мг поллютант приводит к уменьшению биомассы растений на двадцать пять процентов, а если масса семян равна приблизительно 0,1 мг, то уменьшение биомассы составляет на девяносто пять процентов» (Назаров, 2007).

Очень скудна информация о влиянии нефтяного загрязнения почв на заболеваемость растений. Известно, что у растений, которые произрастают на нефтезагрязненных почвах, увеличивается заболеваемость различными болезнями. Все это объясняется накоплением большого количества в почве патогенных и условно-патогенных микроорганизмов (Марфенина, 2005).

В работах Звягинцева Д.Г. и Зачиняева А.В. и их соавторов было установлено, что в загрязненных почвах увеличивается индекс микологической опасности. Чувствительными на нефтяное загрязнение в

серых лесных почвах оказались *Macrosporium bifurcum*, *Penicillium brevicompactum*, а устойчивыми - виды *Aspergillus candidus*, *A. flavus* var. *oryzae*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Penicillium canescens*, *P. glabrum*, *P. purpurogenum*, *P. restrictum*, *P. variable*, *P. varians*, *Trichoderma viride*. Одинаковые результаты дали и другие загрязнители почвы, тяжелые металлы (Звягинцев и др., 1989; Зачиняева и др., 2002).

В работе других исследователей также описано, что нефтяное загрязнение приводит к увеличению количества почвенных грибов в почве, которые в свою очередь, угнетают и приводят к гибели растений (Лебедева и др., 1988; Киреева и др., 2000; Назаров, 2000; Назаров и др., 2000; Киреева и др., 2001; Иларионов и др., 2003).

В общем, нефтезагрязненные почвы многообразно воздействуют на растения. Изменения у растений начинаются с корневой системы, заканчиваются органами репродукции. Многообразие представляет собой замедление развития, нарушениями процессов фотосинтеза, повреждениями различных частей растений (Мерзлякова, 2021).

В целом при нефтяном загрязнении у растений могут происходить следующие изменения и отклонения от нормы: а) образование больших (гигантских) и маленьких (карликовых) форм; б) нарушение внешнего облика растений – изменений обычных пропорций; в) образование наростов, утолщений и т.д., все это придает уродливый вид растениям; г) нарушение развития, например, цветение в 1 сезон два раза, когда по норме положено только один раз; д) увеличение вредоносности вредителей (Грищенко, 1982).

### **1.3 Возможные способы реабилитации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами**

Реабилитация в переводе с английского (*rehabilitation*) означает восстановление, то есть возвращение в прежнее состояние, тех или иных способностей. Когда речь идет о реабилитации загрязненных почв, то это

предполагает восстановление плодородия, утраченного в результате загрязнения.

На наш взгляд, в отношении загрязненных почв термины «рекультивация» и «реабилитация», можно использовать как синонимы.

В нормативных документах нет толкования термина «реабилитация», в то время как толкование термина рекультивация дается в ряде нормативных документах (ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения», «Земельный кодекс Российской Федерации» от 25.10.2001 № 136-ФЗ, Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия», Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель»).

Так, в Постановлении Правительства РФ от 10.07.2018 № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель» записано «Рекультивация земель - мероприятия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почвы, восстановления плодородного слоя почвы и создания защитных лесных насаждений». Другими словами, рекультивация земель – это совокупность работ, направленных на восстановление исходного состояния нарушенных и загрязненных почв. В рамках работ по рекультивации должны учитываться почвенно-климатические условия, степень нарушения, загрязнения, а также ландшафтно-геохимические характеристики почв конкретного рекультивируемого участка (Голованов, Зимин, 2003; Мухортов, 2013; Трещевская, 2014; Сорокин, 2016; Коробкин, 2017; Полушина, Овсянникова, 2017; Горшкова, 2017).

«Сроки проведения рекультивационных работ зависят от климатических условий и от степени загрязнения почв нефтью и

нефтепродуктами. На длительность восстановления земель влияют свойства нефтепродуктов, то есть их количества и качества. Чем выше содержание нефтепродукта, тем легче ему мигрировать в почве» (Пермяков и др., 2012).

Восстановление земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, является сложной задачей, при решении которой всегда нужно придерживаться принципа «не нанести вреда ещё больше, чем тот, который уже нанесен».

Как уже отмечалось, нефть и ее продукты наносят колоссальный вред на флору и фауну. Решения этой проблемы усугубляет тот факт, что долгое время все откладывалась на будущее, и накопилось немало «старозагрязненных» земель. По этой причине к восстановлению загрязненных земель необходимо приступить немедленно после загрязнений нефтью и нефтепродуктами, с тем чтобы минимизировать глубокое их проникновение по профилю почвы (Чекмарев, Обущенко, 2016; Кулиев, Бахшиева, 2018; Троц, Горшкова, 2018, 2019; Исакова, 2019; Панкова и др., 2019; Арсланов, Абдурахмонов, 2021).

По оценкам экспертов год за годом увеличиваются потери нефти, в Российской Федерации эта цифра достигает 5 % от объема добычи. Потери от потребления жидкого углеводородного топлива колеблется от 0,1-0,5 % (Лаврова и др., 2011).

Нужно отметить, что в первую очередь от нефтяного загрязнения страдает сельское хозяйство. По причине того, что при загрязнении почв поллютантом теряется плодородие почв. Напрямую это связано с уменьшением урожая и качества производимой сельхозпродукции (Булуқтаев и др., 2013; Alekseeva, 2017; Цомбуева и др., 2017).

Мониторинг нефтезагрязненных земель усложняется тем, что каждый нефтепродукт имеет свой собственный химический состав. Химический состав загрязнителя характеризуется индивидуальной растворимостью, например, для нефти показатель растворимости колеблется от десяти до

пятидесяти мг/л, а для бензина от девяти до пятьсот пять мг/л (Антонец, 2021).

Параметрами, по которым нужно подбирать способы очистки почвы от углеводородного загрязнителя, являются: концентрация поллютанта; площадь загрязнителя и глубина проникновения его в почву; состав поллютанта, хотя бы на уровне масел, смол и асфальтенов; природно-климатические условия территория, где будут проводиться восстановительные работы; рельеф местности; расположение водоемов вокруг территории; год загрязнения территория (Рогозина и др., 2004).

Основной задачей любых приемов рекультивации является уменьшение в почве содержания нефти и нефтепродуктов до безопасного уровня, и в целом восстановление плодородия почв (Сейтменбетова, Досбергенов, 2019; Троц, 2019).

Рекультивационные работы по восстановлению плодородия нефтезагрязненных земель делятся на два основных этапа: технический и биологический. Технический этап представляет собой корректировку ландшафта и, прежде всего, оптимизацию рельефа местности (засыпка рвов, ям, провалов грунта, выравнивание поверхности и т. д.), захоронение токсичных отходов, постройка гидротехнических и мелиоративных сооружений, нанесение плодородного или потенциально плодородного слоя почвы. Во втором (биологическом) этапе проводятся агротехнические, агрохимические и агромелиоративные работы для улучшения свойств почв (Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 57446-2017).

В настоящее время разработан ряд методов ликвидации нефтяных загрязнений почвы, включающих механические, физико-химические, биологические, агротехнические методы (Абросимов, 2002; Пиковский и др., 2003; Колесниченко, 2004; Саксонов и др., 2005; Бобренко, Югов, 2018; Троц, Горшкова, 2019).

Механические методы очистки почв от нефти представляют собой сбор загрязнителя вручную, либо с использованием специальных машин.

Механические методы используются в основном на территориях с пролитой нефтью в начальной стадии ликвидации нефтяного загрязнения с применением тяжелой техники (бульдозеры, трактора) и специальных насосов. При механическом сборе разлитой нефти нередко удаляется часть верхнего плодородного слоя почвы. Следует отметить самый главный момент данного метода: механический способ не решает проблемы очистки и утилизации поллютанта (Кутонова, Кузина, 2022).

Механический сбор разлитой нефти предшествует и физико-химическим методам очистки почв от нефтяного загрязнения. Среди физико-химических методов очистки нефтезагрязненной территории преобладают сорбционные методы с использованием природных и синтетических адсорбционных материалов. В качестве сорбентов чаще всего используются торф, бурый уголь, солома, песок, перлит, вермикулит, цеолит и другие материалы.

В определенных условиях экономически оправданным считается метод сжигания. Но сжигание неэффективно и вредно, в частности из-за того, что приводит к резкому загрязнению окружающей среды канцерогенными веществами и большим потерям гумуса.

К сожалению, до сегодняшнего дня нет универсального и экономически обоснованного метода рекультивации нефтезагрязненных земель. По этой причине в большинстве случаев очистку нефтезагрязненных земель проводят устаревшими методами: выжиганием, землеванием песком, что в конечном счете приводит к вторичному загрязнению экосистем (Хачатрян, 2020).

Биологический метод в настоящее время считается самым экологически безопасным и малозатратным, хотя при его использовании также могут возникать определенные трудности. По экономическим расчетам, биологический метод считается более экономичным по сравнению с физико-химическими методами ликвидации загрязнителя. Этот метод применяется, когда в почве углеводородов слишком мало, чтобы

использовать механические средства, или же наоборот содержание углеводов слишком много и нельзя использовать грунт в хозяйственных целях. Многие исследователи рекомендуют проводить биологические методы очистки почвы при содержании углеводов пять процентов от массы почвы (Хазиев, Фатхиев, 1981; Глазовская, 1988; Солнцева, 1988; Андерсон, 1994; Коронелли, 1996; Киреева и др., 1998; Harmsen, 2001; Мурзаков, 2005; Кураков и др., 2006; Королева и др., 2011).

Для биологической деструкции нефти и нефтепродуктов используют два подхода. Один направлен на стимулирование естественной микробиологической активности почв агротехническими и агробиологическими методами. Второй основан на использовании специальных биопрепаратов, которые содержат активные штаммы углеводородокисляющих микроорганизмов. Многими учеными доказана эффективность обоих подходов. Но нужно отметить, есть ограничения, связанные с почвенно-климатическими условиями и уникальностью состава нефти (Гилязов и др., 2009; Чугунова, 2019).

Среди биологических методов можно выделить биоремедиацию и фитомелиорацию (Лавриненко, 2016).

Само понятие слова «ремедиация» означает извлечение, реабилитация. Когда речь заходит о почве, это означает восстановление плодородия загрязненной нефтью почвы безопасным методом для человека и природы (Пономарева и др., 1998).

Биоремедиация включает в себя разложение загрязняющих веществ при помощи микроорганизмов, микробных штаммов, которые используют углеводороды нефти в своей жизнедеятельности. Конечным результатом при биоремедиации должно быть микробное разложение поллютанта до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (Коннова, Иоппа, 2016; Изиянов, Минина, 2021).

Фитомелиоративный метод по-другому называют завершающим этапом рекультивации нефтезагрязненных земель. В основу метода лежит посев на загрязненной территории нефтетолерантных видов растений,

которые своими корнями способны разрыхлять почву и тем самым обогащать почву кислородом, необходимым, как для химического, так и биологического окисления углеводородов нефти. Кроме того, при посеве бобовых культур почва обогащается не только кислородом, но и азотом, который необходим для нефтеокисляющих микроорганизмов. Известно также, что у большинства растений корневые выделения способны разлагать различные группы углеводородов нефти (Орлов и др., 2002; Хабусиев, Банкурова, 2018).

Некоторые растения способны не только деградировать загрязнителей, но и накапливать их в своем теле. Содержание поллютанта в растениях может намного превышать их содержание в окружающей среде. С целью фитостимулирования микробов-деконструкторов, рекомендуется использовать растения с обширной корневой системой, к примеру, овсяницу, плевел, люцерну (Вальков, 1986; Киреева и др., 1997; Башмаков, Лукаткин, 2002; Киреева и др., 2004; Белоусов, Швец, 2007; Ступин, 2009).

Нужно учитывать, что для эффективной фиторемедиации почв необходимо использовать те растения, которые имеют высокую адаптивную устойчивость к почвам, где ведутся восстановительные работы после загрязнения (Горшкова, 2020; Сотникова и др., 2021).

Фиторемедиация способствует не только устранению нефтяного загрязнения, но и наряду с другими методами дает синергетический эффект, тем самым почва может полностью очиститься от нефтяного загрязнения (Белоусов, Швец, 2009).

Агротехнические методы включают в себе вспашку, рыхление, внесение минеральных и органических удобрений, мелиоративные работы, посев сидеральных культур (Хаустов, Редина, 2006; Троц, 2021).

«Обеспеченность почв азотом, фосфором и калием является важным фактором при реабилитации загрязненных земель нефтью. Во многих случаях эти биогенные элементы определяют интенсивность разложения нефти и ее продуктов производства. Недостаток этих элементов в почве

нужно восполнить внесением минеральных удобрений» (Бобренко, Югов, 2018).

В работах Архипова Н.С. и Елагина Д.С. говорится, что «быстрее разлагаются углеводороды при внесении в почву полного минерального удобрения (NPK) в сочетании с навозом, а также при внесении в почву биогумуса» (Архипова, Елагина, 2016). Напомним, что биогумус относится к органическим удобрениям. Его получают в результате переработки навоза, опилок, соломы и других органических отходов специальной группой дождевых червей. В составе биогумуса в почву поступают не только необходимые питательные элементы (азот, фосфор, калий и т. д.), но и энергетический материал для почвенной микрофлоры (Логинов и др., 2000).

Способы реабилитации загрязненных почв в значительной мере зависят от степени загрязнения почвы поллютантом. Так, например, в своих исследованиях Заболотских В.В., Танких С.Н., Васильев А.В. приводят рекомендации по технологии рекультивации нефтезагрязненных земель в зависимости от уровня загрязнения. По их мнению, «при низком уровне загрязнения (до 1 г/дм<sup>2</sup>) возможно полное самоочищение почвы от нефтяного загрязнения без каких-либо рекультивационных работ. При уровне загрязнения 1-5 г/дм<sup>2</sup> рекомендуется рыхление почвы, внесение минеральных и органических удобрений. Периодическое увлажнение почвы (от шестидесяти до семидесяти процентов от полной влагоемкости. Уровень загрязнения 5-30 г/дм<sup>2</sup> (средний уровень экологического ущерба) - использование механических, физических, термических и биологических методов. А также биовосстановление почвы, с применением биосорбирующих смесей с нефтеокисляющими микроорганизмами. Уровень загрязнения 30-60 г/дм<sup>2</sup> (высокий уровень экологического ущерба) - проведение биоремедиации почвы, основанное на внесении биосорбционных смесей. Уровень загрязнения выше 60-100 г/дм<sup>2</sup> (катастрофический уровень экологического ущерба) - использование механических, физических, термических, физико-химических, химических методов. И только после

уменьшения уровня загрязнения до 60-100 г/дм<sup>2</sup> целесообразно использовать методы биоремедиации и биовосстановления» (Заболотских и др., 2018).

Примерно аналогичных взглядов придерживаются и многие другие исследователи. В зависимости множества факторов и условий, рекультивационные работы должны выполняться приблизительно в следующей последовательности: а) нанесение сорбента на поверхность нефтезагрязненной почвы с последующим сбором и утилизацией сорбента вакуумным оборудованием; б) интенсивное разноглубинное рыхление почвы в течение первого года; в) внесение минеральных, органических удобрений, химических мелиорантов и других улучшителей почвы; г) инокуляция почвы биопрепаратами, содержащими активные штаммы углеводородокисляющих микроорганизмов; д) посев однолетних и многолетних культур, устойчивых к нефтяному загрязнению (Барахнина и др., 2011; Захарченко и др., 2011; Руденко, Бахарев, 2012; Сакович, 2012; Anchugova, 2016; Nwankwegu, 2017; Saraeian, 2018; Троц, Горшкова, 2018; Горшкова, 2019).

Таким образом, на основании обзора литературы, можно заключить, что нефть и нефтепродукты являются распространенными и опасным загрязнителями окружающей среды. Загрязнение земель этими поллютантами оказывает комплексное негативное воздействие как на почву, ухудшая её морфологические, микробиологические, физические и физико-химические свойства, так и непосредственно угнетая само растение. Правда, в некоторых случаях нефтяные вещества стимулировали рост растений. Установлена противоречивость информации и о характере действия нефти и нефтепродуктов на содержание подвижных форм питательных элементов: если некоторые исследователи сообщают об отсутствии существенного уменьшения или даже слабого повышения содержания подвижных форм азота, фосфора и калия в загрязненных почвах, то другие утверждают обратное. Особенно слабоизученными остаются вопросы воздействия нефтяного загрязнения на заболеваемость растений.

Исследователями предложены разнообразные способы реабилитации нефтезагрязненных почв, включающие механические, физико-химические, биологические, агротехнические приемы, которые должны быть грамотно подобраны в зависимости от уровня загрязнения почвы теми или иными поллютантами; агрохимических, агрофизических, биологических свойств загрязненной почвы и климатических условий.

Противоречивость информации о влиянии нефтяного загрязнения на продуктивность растений и слабая освещенность его действия на распространенность различных болезней сельскохозяйственных культур и на их химический состав, послужили побудительным мотивом для нашего исследования.

## УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Краткая характеристика зоны проведения исследования

Исследование проводилось на опытном поле кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», расположенном на территории Лаишевского муниципального района, входящего в зону Предкамья Республики Татарстан.

«Республика Татарстан расположена по среднему течению р. Волги и нижнему течению р. Камы, в степной и лесостепной зонах на восточной части Русской равнины. Географическое положение республики определяется координатами 53°58' - 56°39' с. ш. и 47°15' - 54°18' в. д.» (Мустафин, Хузеев, 1994).

«Наибольшая протяженность территории с запада на восток составляет 460 км, с севера на юг – 270 км, общая площадь республики равна 67,8 тыс. км<sup>2</sup>» (Агроклиматические ресурсы ТАССР, 1974).

«Основными реками территория Татарстана делится на 5 природно-географических частей, получивших названия Предволжье (к западу и югу от долины Волги), Предкамье (севернее долин Камы и Волги), Закамье (к югу от долины Камы). Предкамье долиной Вятки делится в свою очередь на Западное Предкамье и Восточное Предкамье, а Закамье долиной Шешмы - на Западное Закамье и Восточное Закамье» (Аксенова и др., 1994).

«Предкамье РТ занимает северную часть республики: с юго-запада его территория ограничена р. Волгой, с юга – р. Камой. Площадь его составляет 21,8 тыс. км<sup>2</sup>, или 32,2 % от общей площади РТ. Основная часть (67 %) сельскохозяйственных земель Предкамской зоны расположена на различных подтипах серых лесных почв» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019). По содержанию гумуса серые лесные почвы подразделяются на подтипы: светло-серые лесные, серые и темно-серые

лесные почвы. В Предкамье Республики Татарстан преобладают в основном светло-серые лесные почвы, где они занимают 633,0 тысяч га. (Шакиров, Туктамышев, 1991; Ломако, Бакиров, 2007).

«По термическим ресурсам Предкамье относится к умеренно-прохладной зоне республики: среднегодовая температура воздуха – 2,5 °С, сумма температур выше 10 °С – 2150 °С. Годовое количество осадков 440 мм. Сумма осадков за вегетационный период варьирует в пределах 245...265 мм» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019). «Гидротермический коэффициент здесь выше единицы и колеблется в пределах от 1,01 до 1,09. Продолжительность безморозного периода меньше 130 дней. Заморозки в воздухе весной заканчиваются во второй-третьей декаде мая, а в редкие годы - в первой декаде июня. Первые осенние заморозки в основном бывают в третьей декаде сентября, но в отдельные годы возможны и в первой декаде этого месяца. Снежный покров устанавливается во второй декаде ноября. Средняя продолжительность залегания устойчивого снежного покрова 145-160 дней. За зимний период сумма температур воздуха ниже - 10°С колеблется от 1100 до 1200 °С» (Курочкин, 1968).

## **2.2 Программа и методика исследования**

Исследования проводили в предкамской зоне Республики Татарстан. Почва опытного участка серая лесная среднесуглинистая. Выбор объекта исследования обуславливался тем, что многие исследователи изучали особенности нефтезагрязненных почв в зоне Закамья Республики Татарстан (Гилязов, 1980; Гилязов, Гайсин, 2003; 2009 и др.), где преобладают черноземные почвы. Но в настоящее время нефтедобыча в Республике ведется и на нечерноземных почвах, что в свою очередь делает актуальным изучения нефтезагрязненных серых лесных почв.

Полевой эксперимент заложен в 2004 г. в 4-х кратном повторении, с систематическим размещением делянок в 4 яруса. Эксперимент состоит из трёх блоков.

В *первом блоке* эксперимента, где изучается влияние различных уровней загрязнения на продуктивность культур и характер самоочищения почвы, почву искусственно загрязнили товарной нефтью из расчета 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup>. «Как показали предыдущие исследования кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ (Гилязов, 2001; Гилязов, Гайсин, 2003), эти дозы примерно соответствуют слабому, среднему и сильному уровню загрязнения». «Делянки микрополевого опыта представляют собой ящики без дна, углубленные в почву на 30 см. Площадь делянок 0,50 м<sup>2</sup>, ширина защитных полос 1 м. Повторность опыта четырехкратная. Почва была однократно загрязнена товарной нефтью заливкой с поверхности. Нефть, подготовленная в нефтегазодобывающем управлении (НГДУ) «Джалильнефть» ОАО «Татнефть», характеризовалась следующими параметрами: плотность при температуре 20 °С – 0,885 г/см<sup>3</sup>, массовая доля воды – 0,06 %, массовая доля серы – 3,08 %, концентрация хлористых солей – 37 мг/дм<sup>3</sup>» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019).

«Почва была преднамеренно загрязнена в 5 мая 2004 года. В 2004 году, на 3-й день после загрязнения, посеяли викоовсяную смесь. В последующие годы объектами исследования были культуры полевого севооборота со следующим чередованием культур: яровая пшеница – ячмень – яровой рапс – просо. Такой выбор культур обусловлен малой площадью делянок, где возделывание пропашных культур, имеющих большую площадь питания, практически невозможно» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019). За прошедшее время прошли четыре ротации севооборота, с 2021 года идет пятая ротация севооборота (табл. 1).

Эффективность некоторых агротехнических и агрохимических приемов восстановления плодородия серой лесной почвы, загрязненной средней дозой нефти (20 л/м<sup>2</sup>), изучалась во *втором блоке* эксперимента.

Годы, сельскохозяйственные культуры и ротации севооборота

Годы	Культуры	Ротация севооборота
2004	Викоовсяная смесь на зерно	Предшественник
2005-2006-2007-2008	Яровая пшеница-ячмень-яровой рапс на зеленый корм-просо	I
2009-2010-2011-2012	Яровая пшеница-ячмень-яровой рапс на маслосемена-просо	II
2013-2014-2015-2016	Яровая пшеница-ячмень-яровой рапс на маслосемена-просо	III
2017-2018-2019-2020	Яровая пшеница-ячмень-яровой рапс на маслосемена-просо	IV
2021	Яровая пшеница	V

«В качестве приемов рекультивации испытывали интенсивную механическую обработку почвы (рыхление), внесение минеральных и известковых удобрений, биогумуса и биопрепарата Байкал ЭМ-1» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019). Схема опыта второго блока эксперимента дана в табл. 2.

Таблица 2

Схема второго блока полевого опыта

1. Контроль (незагрязненная почва)
2. Загрязненная почва (ЗП)*
3. ЗП + рыхление (Р)
4. ЗП+Р + известкование (И)**
5. ЗП + Р+ И + NPK
6. ЗП+ Р+И +биогумус***
7. ЗП+ Р+ И +биопрепарат (Байкал ЭМ-1)

Прим.: \* - доза нефти 20 л/м<sup>2</sup>; \*\* - доза извести 6 т/га; \*\*\* - доза биогумуса 3 т/га.

«Годовую норму (300 л/га) биопрепарата Байкал ЭМ-1 вносили в три приема равными дозами: перед посевом, в начале июня и июля. Рабочий раствор биопрепарата приготовили из концентрата с разбавлением дистиллированной водой в соотношении 1:100. Микробиологическое удобрение (биопрепарат) «Байкал ЭМ-1» представляет собой водный раствор, содержащий комплекс полезных микроорганизмов, обитающих в зональных незагрязненных почвах, и продуктов их жизнедеятельности. Эти микроорганизмы, взаимодействуя в почве с аборигенами, вырабатывают различные ферменты, аминокислоты и другие физиологически активные вещества, оказывающие как прямое, так и косвенное положительное влияние на рост и развитие растений» (Нигматуллина, Гилязов, Осипова, 2023).

«Байкал ЭМ-1 предназначен для осенней и весенней обработки почвы, корневой подкормки сельскохозяйственных культур. В его состав входят молочнокислые, фотосинтезирующие, азотфиксирующие бактерии, дрожжи, продукты жизнедеятельности микроорганизмов» (<http://senpolia.tskm.ru/preparats/baikal.shtml>).

«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. Разноглубинная обработка позволяла попеременно рыхлить сначала верхний, а потом нижний слои загрязненной почвы. В последующие годы рыхление почвы проводили два раза на глубину пахотного слоя до посева культуры» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019).

Дозы внесения удобрений и химического мелиоранта были установлены исходя из результатов предыдущих исследований сотрудников кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ (Гилязов, Гайсин, 2003). «Дозу извести рассчитывали по величине гидролитической кислотности, она составила 6 т/га. Биогумус использовали в дозе 3 т/га. 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» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019). «Такое соотношение N:P:K гипотетически предназначалось для стимуляции углеводородокисляющих бактериальных культур, и оно соответствует соотношению азота, фосфора и калия в питательной смеси, используемой для выращивания углеводородокисляющих бактериальных культур» (Литвиненко, 1977). В последующие годы их дозу определяли расчетно-балансовым методом для формирования запланированной урожайности возделываемой культуры. В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру (34:0:0 %), двойной аммонизированный суперфосфат (8:46:0 %) и хлористый калий (0:0:60 %).

В 2018 году на делянках, где запланировано рыхление почвы, до посева провели двукратную механическую обработку почвы. Посев ячменя провели 17 мая. «Семена ячменя (сорт «Раушан») заделали на глубину 4 см. Высев всхожих семян из расчета 5,5 млн. шт./га. Для защиты от патогенов семена заблаговременно (09.05.2018) обработали препаратом Доспех-3 из расчета 0,5 л на 1 т. семян, расход рабочей жидкости 10 л/т» (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019). Агротехника возделывания ячменя общепринятая для Республики Татарстан.

«Посев ярового рапса сорта Юмарт проводили 13 мая 2019 года с заделкой семян на глубину 2 см. Перед посевом семена обрабатывали протравителем Витарос из расчета 2,5 л/т. Норма высева – 3 млн всхожих семян/га, или 14,8 кг/га с учетом массы 1000 семян (4,45 г) и лабораторной всхожести (90 %)» (Осипова, Гилязов, 2021).

В 2020 году посев проса провели 30 мая. Семена проса (сорт «Татарское красное») заделали на глубину 4 см. Высев всхожих семян из расчета 4 млн. шт./га. Для защиты от патогенов семена обработали препаратом Скарлет из расчета 0,4 л/т, расход рабочей жидкости 15 л/т. До посева в соответствующих деланках почву два раза перекопали (4 мая и 10 мая). Масса 1000 семян проса равнялось 9,03 г. Всхожесть семян составила - 97,8 %.

В 2021 году посев яровой пшеницы провели 16 мая. «Семена яровой пшеницы (сорт «Йолдыз») заделали на глубину 5 см. Норма высева – из расчета 5,5 млн шт. всхожих семян на 1 га. Семена перед посевом обработали фунгицидом Доспех 3 из расчета 0,5 л/т при расходе рабочей жидкости 10 л/т» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019). До посева в соответствующих деланках почву два раза перекопали (8 мая и 10 мая).

По данным И.З. Фараховой (2009), до загрязнения нефтью основные агрохимические показатели верхнего 0-30 см горизонта почвы опытного участка характеризовались следующим образом (табл. 3).

Таблица 3

Агрохимическая характеристика почвы второго блока эксперимента  
(2004 г.)

Гумус, %	Валовой азот, %	Емкость катионного обмена	Гидролитическая кислотность	Подвижные формы*, мг/кг		pH <sub>сол.</sub>
		ммоль/100 г		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Серая лесная среднесуглинистая						
2,91	0,13	22,2	4,2	129	115	5,4

Прим.: \* - по методу Кирсанова.

Почва опытного участка – серая лесная среднесуглинистая, имеющая слабокислую реакцию (pH=5,4). До загрязнения нефтью (май 2004 г.) она характеризовалась низким содержанием гумуса (2,91 %), повышенным –

подвижного фосфора и средним – подвижного калия (129 мг/кг и 115 мг/кг соответственно, по Кирсанову). Для сравнительной оценки влияния свежего и старого нефтяного загрязнения на свойства почвы и продуктивность растений в мае 2014 г. были дополнительно заложены микроделанки с нефтяным загрязнением 12,5; 25 и 50 л/м<sup>2</sup> (третий блок эксперимента). Почва была загрязнена заливкой деланок с поверхности товарной нефтью.

Возделываемые в севообороте культуры и уровни загрязнения почвы нефтью в третьем блоке опыта даны в табл. 4.

Таблица 4

Дозы нефти и возделываемые в севообороте культуры в третьем блоке полевого эксперимента

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Годы	Сельскохозяйственные культуры
0 – контроль	2017, 2021	Яровая пшеница
12,5	2018	Ячмень
25	2019	Яровой рапс на маслосемена
50	2016, 2020	Просо

В течение двух лет (2014-2015 гг.) в соответствующих вариантах опыта рыхление почвы проводилось на разную глубину (от 5 до 25 см) через каждые 2 недели, то есть почва содержалась по системе чистого пара.

Рис. 1 демонстрирует общий вид экспериментального участка.



Рис. 1. Общий вид экспериментального участка

По данным А.Р. Равзутдинова (2019), незагрязненная почва третьего блока эксперимента по большинству показателей не отличается от параметров почвы предыдущего блока (табл. 5).

Таблица 5

Агрохимическая характеристика почвы третьего блока эксперимента (2014 г.)

Тип, подтип и разновидность почвы	Серая лесная среднесуглинистая
Агрохимические параметры	Значения
Мощность анализируемого слоя, см	30
Содержание гумуса, %	2,90
Емкость катионного обмена, ммоль/100 г	22,2
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	4,2
Подвижный $P_2O_5$ по методу Кирсанова, мг/кг	125
Подвижный $K_2O$ по методу Кирсанова, мг/кг	122
рН солевой вытяжки	5,4

Она также характеризуется низким содержанием гумуса, слабокислой реакцией среды, повышенным содержанием подвижного фосфора. Лишь обеспеченность почвы подвижными формами калия во втором опыте выше, чем в первом.

Агрохимические анализы почв выполнены в ФГБУ ЦАС «Татарский», на кафедре агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ и в Федеральном бюджетном учреждении здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан».

Методы анализа почвы следующие:

- содержание гумуса по Тюрину, в модификации Симакова (ГОСТ 26213-91);

- нефть фотокolorиметрическим методом в вытяжке толуола;

- бенз(а)пирен методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02» по М 03-04-2002;

- емкость катионного обмена по Бобко-Аскинази в модификации Алешина (ГОСТ 17.4.4.01-84);

- гидролитическая кислотность по ГОСТ 26212-91;

- величина рН солевой вытяжки потенциометрическим методом (ГОСТ 26484-85);

- общий азот по методу Кьельдаля (ГОСТ 26107-84);

- щелочногидролизующий азот по Корнфилду;

- подвижные формы фосфора и калия по Кирсанову (фосфор с использованием ФЭК, калий - с помощью пламенного фотометра) (ГОСТ 26207-91);

- подвижные формы марганца по Пейве и Ринькису (ГОСТ Р 50682-94);

- подвижные формы цинка по Крупскому и Александровой (ГОСТ Р 50686-94);

- подвижные формы меди по Пейве и Ринькису (ГОСТ Р 50684-94);

- подвижные формы кобальта по Пейве и Ринькису (ГОСТ Р 50687-94);

- подвижные формы молибдена по Григу (ГОСТ Р 50689-94);

- подвижные формы бора по Бергеру и Труогу (ГОСТ Р 50688-94);

- плотность и влажность почвы – общепринятыми методами.

В растительных пробах определяли общее содержание азота, фосфора, калия из одной навески после мокрого озоления:

- азот – по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4-93),

- фосфор – фотоэлектроколориметрически (ГОСТ 26657-97),

- калий – пламенно-фотометрически (ГОСТ 30504-97).

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

*Распространенность* или частота встречаемости болезни рассчитывали по уравнению (1):

$$P = \frac{n \cdot 100}{N}, \quad (1)$$

где, P – распространенность болезни, %;

n – число пораженных растений в пробе, шт.;

N – общее количество растений в пробе, шт.

*Интенсивность* или степень поражения оценивали визуально, используя соответствующие шкалы применительно к той или иной болезни растений в процентах. Эти шкалы представляют собой стандартные рисунки, где схематично (в виде точек или пятен) иллюстрируется интенсивность поражения того или иного органа растений. Используемые нами шкалы приведены в разделе 3.2.

*Развитие* болезни (интенсивность развития болезни, степень развития болезни, индекс болезни) вычисляли по уравнению (2):

$$R = \frac{\sum(a \cdot b) \cdot 100}{N}, \quad (2)$$

где, R - развитие болезни, %;

a – число больных растений, шт.;

b – интенсивность поражения, %.

N – общее количество растений (больных и здоровых) в пробе, шт.

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.

Выполнение некоторых полевых работ в опыте и состояние растений иллюстрируются рис. 2-6.



Рис. 2. Предпосевная обработка почвы



Рис. 3. Посев яровой пшеницы



Рис. 4. Опрыскивание посевов ярового рапса против вредителей препаратом  
Кинмикс



Рис. 5. Сбор урожая ярового рапса



Рис. 6. Состояние растений проса по некоторым вариантам опыта  
(24.07.2020)

### 2.3 Метеорологические условия в годы проведения исследования

В годы проведения наших экспериментов (2018-2021 гг.) климатические условия выдались различными.

Метеорологические условия вегетационного периода в годы нашего исследования приводятся по результатам наблюдений на метеорологическом посту Казанского ГАУ «Ферма 2», представленных профессором Сафиоллиным Ф.Н. и доцентом Сочневой С.В.

Наиболее важные показатели метеорологических условий вегетационных периодов 2018-2021гг. приведены в прил. 1 и на рис. 7-10.

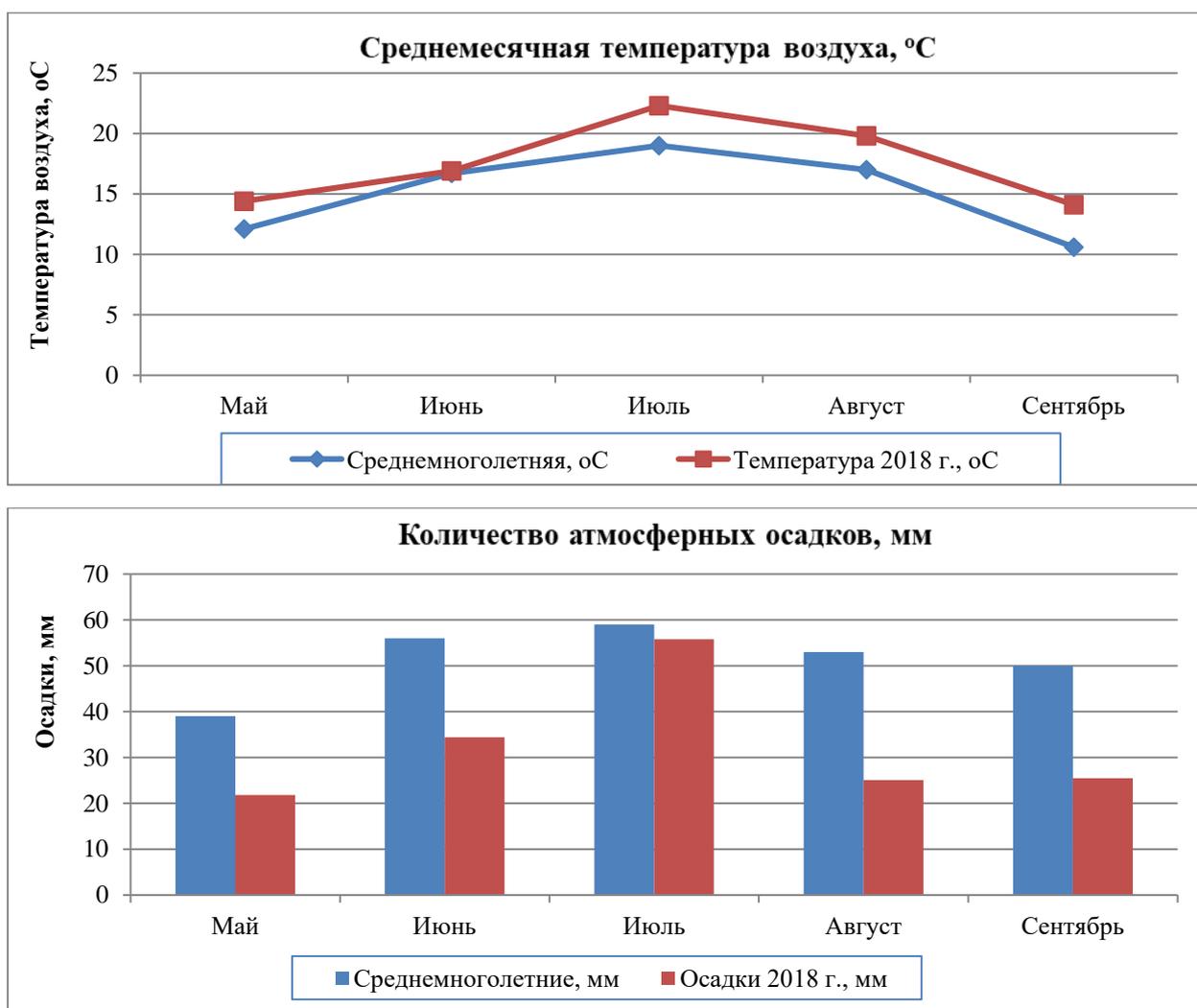


Рис. 7. Основные метеорологические показатели вегетационного периода 2018 года

Судя по средней температуре воздуха, вегетационный период 2018 г. оказался теплее обычного (рис. 7). Так, среднемесячная температура в июле и августе была выше среднемноголетнего уровня на 2,8-3,3 °С.

Высокая температура воздуха сопровождалась недостаточным количеством атмосферных осадков: за весь период «май-сентябрь» всего выпало около 163 мм осадков, что составило лишь 63 % от нормы.

Недостаток атмосферных осадков и повышенный температурный режим не могли не оказать негативного влияния на рост и развитие растений. Вместе с тем, урожайность сельскохозяйственных культур оказалась неплохой, это, возможно, связано с выпавшими осадками в 3 декаде мая и в 1 декаде июня (33 мм), что благоприятствовало высокому проценту всхожести семян.

Как показали исследования, проведенные в предкамской зоне РТ, «урожайность многих культур нашей зоны наиболее тесно коррелирует именно с количеством июньских осадков» (Гилязов, Лукманов, Муратов, 2016). Следует также отметить, что метеорологические условия августа и сентября благоприятствовали созреванию и уборке урожая.

Метеоусловия вегетационного периода 2019 г. иллюстрируются графиками рис. 8.

Температура воздуха в 2019 году в мае месяце превысила среднемноголетние данные на 4,5 °С. Осадки в течение мая месяца были близки к норме. Теплая погода и достаточная влагообеспеченность привели к дружному появлению всходов ярового рапса.

Июнь характеризовался превышением значений температурного воздуха по сравнению со среднемноголетними данными на 2,4 °С. Количество осадков составило всего лишь 59 % от среднемноголетних данных, что в свою очередь означает недостаточную влагообеспеченность при высоких температурах. Такая ситуация ускорила развитие растений, но в то же время несколько задержала накопление вегетативной массы рапса, что в конечном итоге сказалось на урожайности.

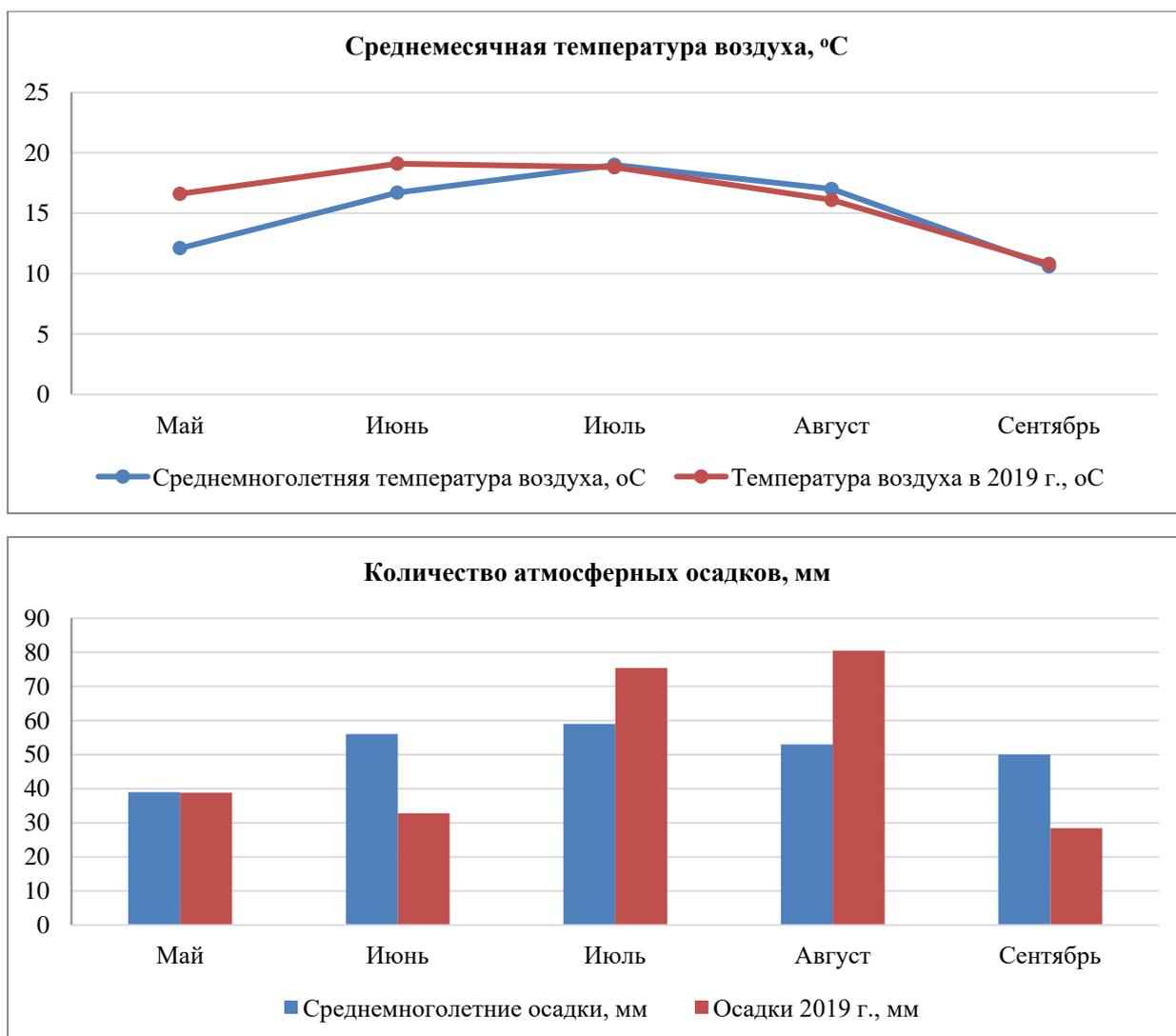


Рис. 8. Основные метеорологические показатели вегетационного периода 2019 года

Последующие два месяца (июль и август) показания температурного воздуха были в пределах нормы. Однако количества атмосферных осадков превышали значения среднемесячных данных, соответственно на 16,4 мм и 27,5 мм.

Температурный воздух в сентябре был близок к среднемесячным данным и составил 10,8 °С. Несмотря на это, сентябрь оказался сухим. Суммарное количество атмосферных осадков в сентябре составило 28,4 мм, что ниже по сравнению со среднемесячными данными на 31,6 мм. Все это

ускорило созревание ярового рапса, позволило вовремя собрать урожай, но в то же время привело к определенному недобору урожая.

Основные агрометеорологические условия вегетационного периода 2020 г. демонстрируются графиками рис. 9.

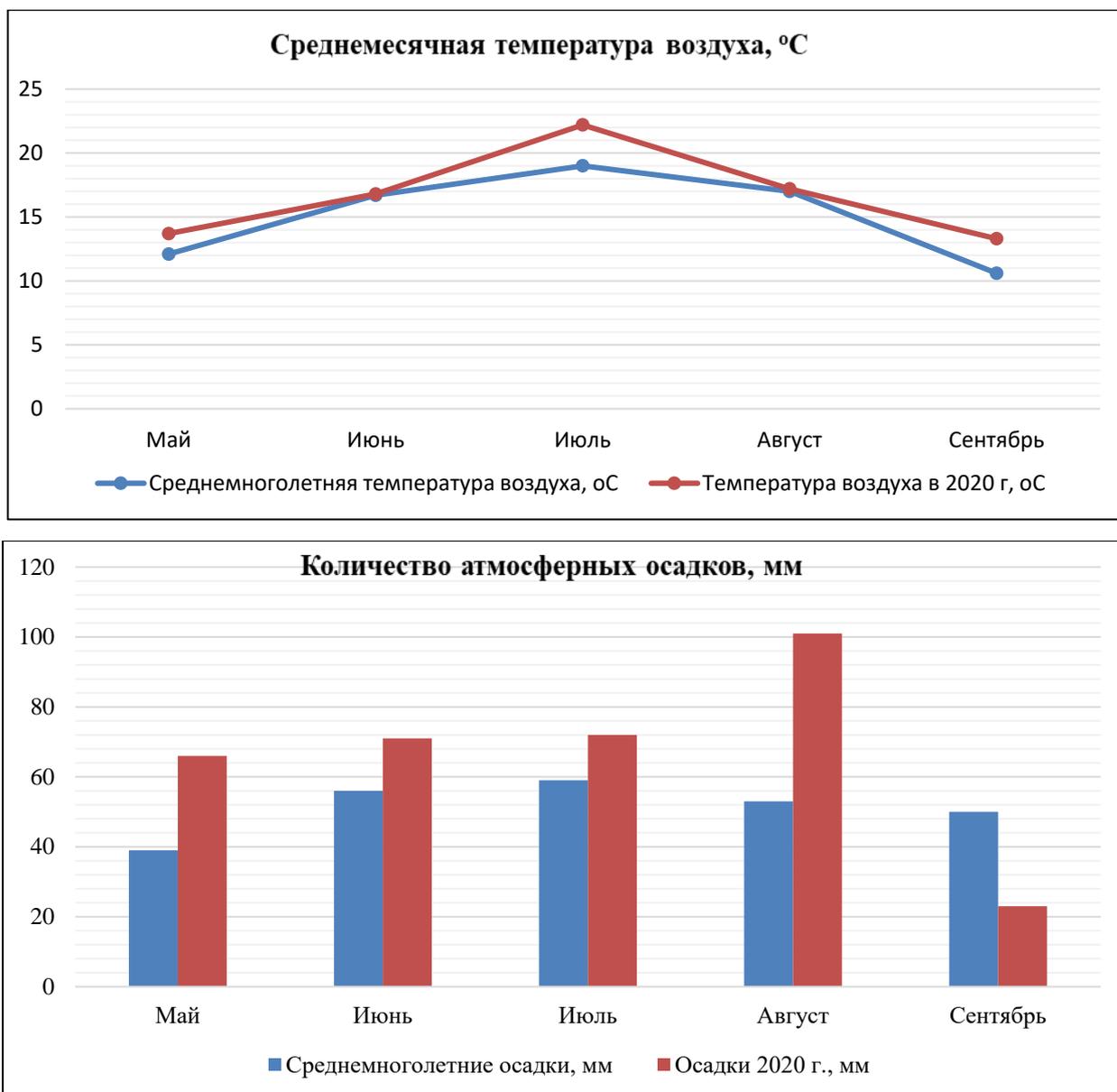


Рис. 9. Основные метеорологические показатели вегетационного периода 2020 года

За май 2020 года количество выпавших осадков превышало многолетнюю норму на 27 мм и составляло 66 мм. Температура же в мае, в

среднем за месяц, была выше среднемноголетних данных и составляла 13,7 °С.

В июне среднемесячная температура воздуха была близка к норме и сопровождалась высокой влагообеспеченностью. Месячная сумма осадков в июне составила 71 мм, что примерно на 27 % выше климатической нормы (56,0 мм).

Июль месяц характеризовался теплым атмосферным воздухом - 22,2 °С, отклонение от значений среднемноголетних данных составило 3,2 °С. Суммарное количество атмосферных осадков оказалось выше среднемноголетних значений на 82 %.

Вполне удачно для проса складывались погодные условия и в августе. Достаточно указать, что в этом месяце сумма атмосферных осадков была выше среднемноголетних значений почти в два раза при одновременном благоприятном температурном режиме.

Для развития вегетативной части урожая и созревания сложились хорошие погодные условия в сентябре. Средняя температура этого месяца оказалась выше среднемноголетнего уровня на 2,7 °С. Кроме того, сумма атмосферных осадков за это же время была меньше среднемноголетних данных примерно в два раза. В целом вегетационный период 2020 г. оказался вполне благоприятным как для развития сельскохозяйственных культур, так и для уборки урожая проса.

На рис. 10 даны основные агрометеорологические показатели вегетационного периода 2021 года. С самого начала мая установилась жаркая погода. Средняя температура воздуха в мае 2021 года превышала среднемноголетние данные (13,3 °С) на 5,4 °С и равнялась 18,7 °С. Такая высокая температура воздуха сопровождалась дефицитом влаги: осадки за май (20 мм) были ниже среднемноголетних значений на 48,7 %.

Все последующие три месяца отличались остро засушливой погодой. Фактические среднемесячные температуры воздуха в июне, июле и августе превышали среднемноголетние значения соответственно на 5,3; 2,3 и 4,8 °С.

За эти же месяцы количества атмосферных осадков оказались меньше среднемультилетних норм в 4,12; 1,74 и 5,51 раза.

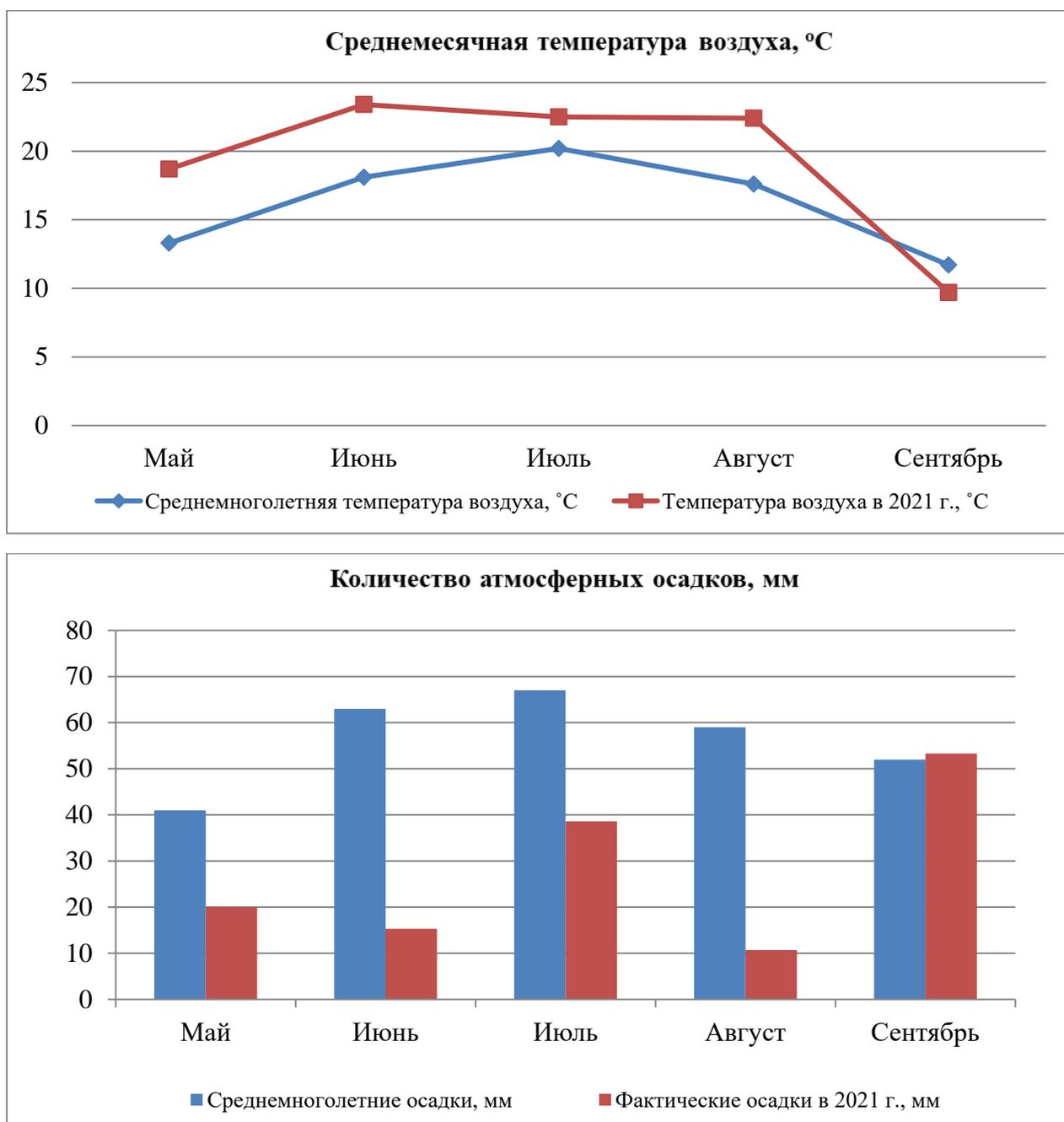


Рис. 10. Основные метеорологические показатели вегетационного периода 2021 года

Особенно сильное негативное влияние на рост и развитие растений яровой пшеницы оказали метеорологические условия июня, когда более чем четырёхкратное уменьшение количества выпавших осадков сочеталось

максимально высокой среднемесячной температурой воздуха (23,4 °С). Жаркая и сухая погода августа, безусловно, также снизила урожайность, но одновременно ускорила созревание сельскохозяйственных культур и сократила сроки уборки.

Метеорологические условия в сентябре кардинально изменились: количество атмосферных осадков оказалось близким к среднегодовому уровню, а среднемесячная температура воздуха ниже климатической нормы на 2 °С. Данное обстоятельство благоприятствовало росту и развитию поздних культур, но в целом, метеорологические условия вегетационного периода 2021 г. оказались неблагоприятным для роста и развития яровой пшеницы.

Таким образом, 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.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1 Агрохимические свойства нефтезагрязненной серой лесной почвы

#### *3.1.1 Кисотно-основные и поглощательные свойства почвы*

Под действием нефтяного загрязнения в почве ухудшаются агрономические свойства: агрофизические, агрохимические и биологическая активность. К агрохимическим показателям относятся, такие как: рН солевой вытяжки, гидролитическая кислотность, емкость катионного обмена, содержание углерода. Под действием нефти вышеперечисленные показатели могут изменяться очень сильно или же почти не изменяться в зависимости от давности загрязнения (табл. 6, прил. 2).

Сопоставляя данные И.З. Фараховой (2009), полученных на свежезагрязненной почве (2004 г.), с данными старого загрязнения 17-летней давности, можно утверждать, что значения кислотности рН солевой вытяжки в свежезагрязненной почве сдвинулись на 0,1 и 0,2 единицы в нейтральную сторону, в то время как в старозагрязненной почве различие между вариантами становилось статистически несущественным ( $F_{\phi} < F_{05}$ ). Другими словами, по мере увеличения давности нефтяного загрязнения нейтрализующий эффект нефти постепенно исчезает.

Заметные изменения отмечаются у показателей гидролитической кислотности и емкости катионного обмена. Наблюдается снижение гидролитической кислотности при давности загрязнения 16 дней по сравнению с контролем (незагрязненной почвой). Если эти цифры выразить в процентах и гидролитическую кислотность на незагрязненной почве взять за 100 %, то при загрязнении нефтью 10 л/м<sup>2</sup> будет равняться 86 %, а при дозах 20 и 40 л/м<sup>2</sup> соответственно 81 и 79 %. Спустя 17 лет показатели гидролитической кислотности постепенно приближаются к уровню незагрязненной почвы.

Влияние уровня и давности загрязнения нефтью на содержание общего углерода, азота, кислотно-основные и поглотительные свойства почвы

Давность загрязнения	Уровень загрязнения, л/м <sup>2</sup>				НСР <sub>05</sub>
	0	10	20	40	
рН <sub>сол.</sub>					
16 дней (2004 г.) *	5,4	5,5	5,6	5,6	0,1
17 лет (2021 г.)	5,3	5,4	5,3	5,4	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>
Н <sub>г</sub> , ммоль/100 г					
16 дней (2004 г.) *	4,2	3,6	3,4	3,3	0,2
17 лет (2021 г.)	4,4	4,4	4,3	4,2	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>
ЕКО, ммоль/100 г					
16 дней (2004 г.) *	22,2	18,6	16,0	14,7	1,3
17 лет (2021 г.)	21,2	21,3	20,9	21,0	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>
Содержание углерода, %					
16 дней (2004 г.) *	1,69	3,42	5,13	8,37	0,06
17 лет (2021 г.)	1,67	1,69	1,75	1,94	0,07
Содержание общего азота, %					
16 дней (2004 г.) *	0,13	0,14	0,13	0,14	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>
17 лет (2021 г.)	0,12	0,13	0,13	0,12	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>

Прим.: \* - данные Фараховой И.З. (261).

Такие же сдвиги показателей наблюдались и в отношении емкости катионного обмена. На свежезагрязненной почве значения емкости катионного обмена дозой 10 л/м<sup>2</sup> составили 18,6 ммоль/100 г почвы, при уровне загрязнения 20 л/м<sup>2</sup> - 16,0 ммоль/100 г почвы и при 40 л/м<sup>2</sup> - 14,7 ммоль/100 г почвы, в то время как на незагрязненной почве значение емкости катионного обмена равнялась 22,2 ммоль/100 г почвы. Следовательно, значения емкости катионного обмена снизились по сравнению с

незагрязненной почвой при уровне загрязнения 10 л/м<sup>2</sup> на 16 %, при 20 л/м<sup>2</sup> на 28 % и при 40 л/м<sup>2</sup> на 34 %. По мере увеличения давности нефтяного загрязнения показатели емкости катионного обмена постепенно приближаются к уровню незагрязненной почвы.

Снижение емкости катионного обмена и гидролитической кислотности, в свежезагрязненной почве можно объяснить тем, что нефть обволакивает почвенные частицы и тем самым образует пленку на их поверхности, мешая обмениваться ионами. Снижение значений рН солевой вытяжки, обусловлена тем, что нефть по своей природе имеет слабощелочную реакцию.

Другая ситуация наблюдалась со значениями процентного содержания общего углерода. Под действием нефтяного загрязнения содержание общего углерода увеличивается. Это можно объяснить тем, что нефть состоит из сложных смесей углеводородных соединений. На свежезагрязненной почве (давность загрязнения 16 дней) значения содержания углерода составили при уровне загрязнения 10 л/м<sup>2</sup> 3,42 %, а при 20 и 40 л/м<sup>2</sup> соответственно 5,13 % и 8,37 %, в то время как на незагрязненной почве содержание углерода равнялось лишь 1,69 %. Следовательно, содержание общего углерода возросло по отношению к контролю (незагрязненной почве) при дозах нефти 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup> соответственно до 202, 304 и 495 %.

«По мере старения нефтяного загрязнения показания по содержанию общего углерода уменьшаются. По истечению 17 лет после загрязнения процентное содержание общего углерода при уровне загрязнения 10 л/м<sup>2</sup> составило 1,69 %, что соответствует значению незагрязненной почве в 2004 году» (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019). Однако при более высоких уровнях (20 и 40 л/м<sup>2</sup>) содержание общего углерода осталось значимо выше контрольного уровня.

В отличие от других изученных показателей почвы, содержание общего азота как в свежезагрязненной, так и старозагрязненной почвах существенно не отличалось от контрольного уровня независимо от доз нефти ( $F_{\phi} < F_{05}$ ).

Более наглядно характер и теснота корреляции кислотно-основных и поглотительных свойств серой лесной почвы от уровня и давности нефтяного загрязнения иллюстрируются данными рис. 11.

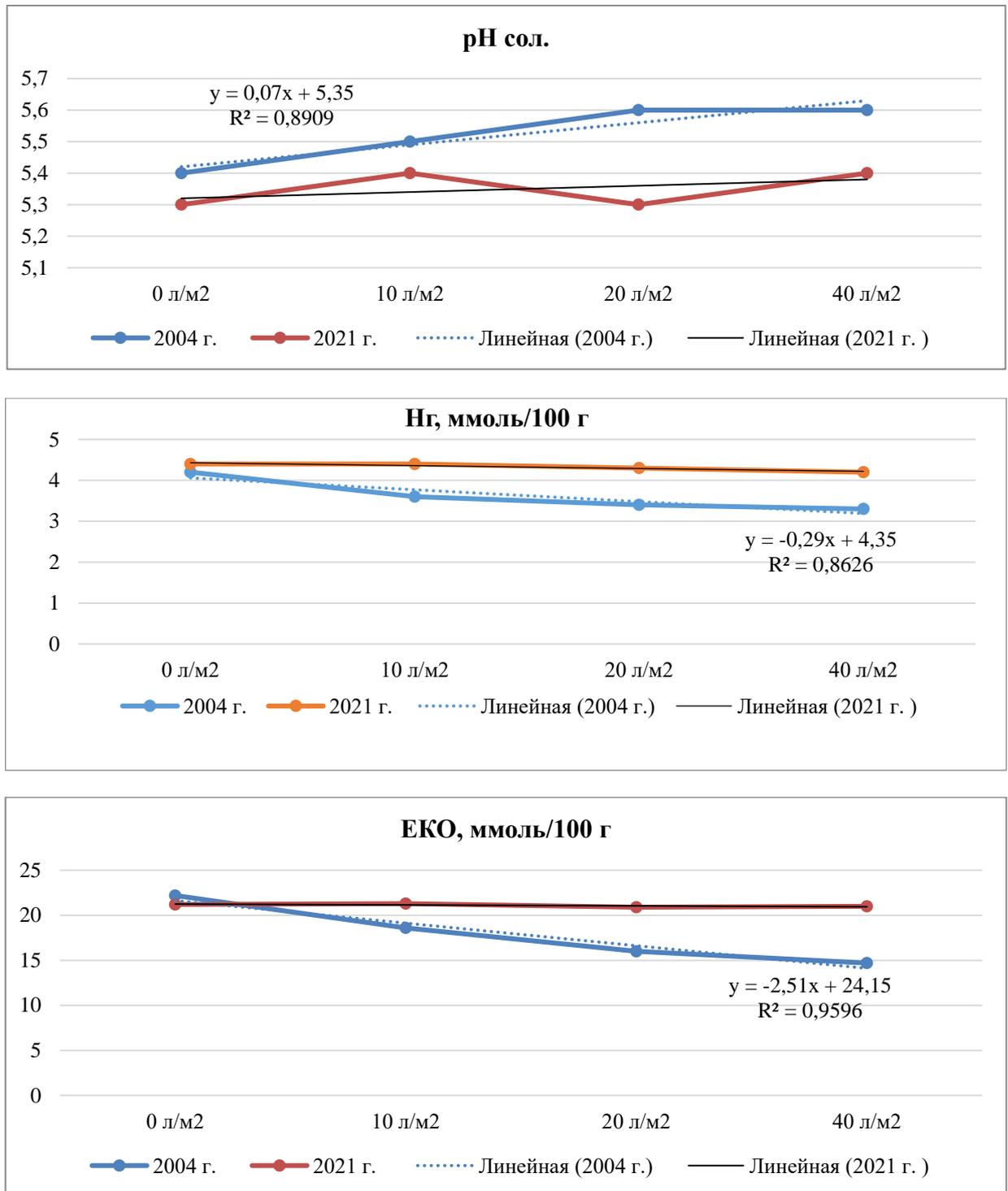


Рис. 11. Характер и теснота корреляции кислотно-основных и поглотительных свойств почвы от уровня и давности нефтяного загрязнения

В свежезагрязненной почве подщелачивание почвы (судя по величине рН солевой вытяжки и гидролитической кислотности) возрастало по мере роста уровня нефтяного загрязнения и эта корреляция оказалась тесной ( $R^2=0,863\div 0,891$ ). Под действием свежего нефтяного загрязнения емкость катионного обмена изменилась в противоположном направлении, и эта зависимость от возрастающих доз нефти была ещё более тесной ( $R^2=0,959$ ).

В 2021 г. линии трендов зависимости этих трех показателей от уровня нефтяного загрязнения выпрямились, что свидетельствует о их приближении к уровню незагрязненной почвы. К этому сроку лишь линия тренда содержания общего углерода от уровня нефтяного загрязнения осталась идентичной таковой на свежезагрязненной почве (рис. 12). Величины коэффициентов детерминации содержания общего углерода от уровня загрязнения в обоих случаях были тесными, вместе с тем на старозагрязненной почве теснота корреляции ( $R^2=0,832$ ) оказалась несколько ниже, чем в свежезагрязненной почве ( $R^2=0,971$ ).

Таким образом, 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, исчезло, лишь зависимость общего содержания углерода от различных доз нефти сохранилась и оказалась статистически значимой.

### ***3.1.2 Обеспеченность почвы подвижными формами макро- и микроэлементов***

Важнейшими показателями эффективного плодородия почв, определяющими в большой степени величину и качество урожая сельскохозяйственных культур, выступают содержания доступных форм основных макроэлементов – азота, фосфора и калия.

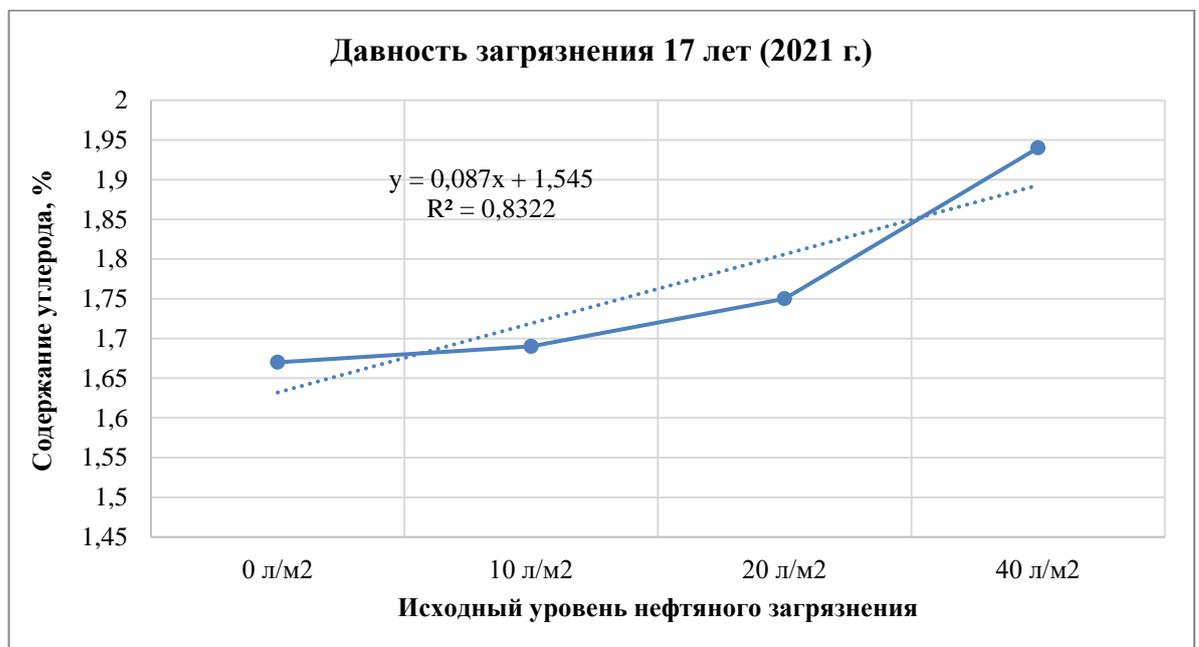
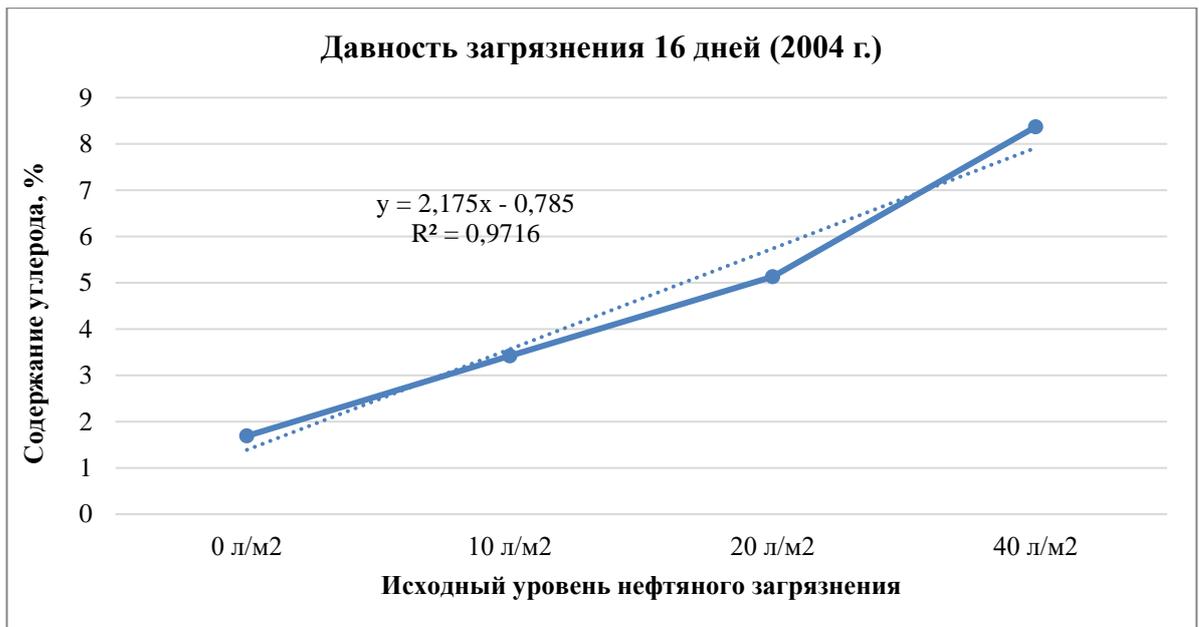


Рис. 12. Характер и теснота корреляции содержания общего углерода в серой лесной почве от уровня и давности нефтяного загрязнения (данные 2004 года получены И.З. Фараховой)

Исследования И.З. Фараховой (2009) и А.Р. Равзутдинова (2019) показали, что «в свежезагрязненной почве (давность загрязнения 16 дней) под действием возрастающих доз товарной нефти нитрификационная способность и содержание подвижных форм фосфора и калия статистически значимо снижаются» (табл. 7, прил. 2).

Влияние уровня и давности загрязнения нефтью на агрохимические  
показатели серой лесной почвы

Давность загрязнения	Уровень загрязнения, л/м <sup>2</sup>				НСР <sub>05</sub>
	0	10	20	40	
Щелочно-гидролизуемый азот, мг/кг					
16 дней (2004 г.) *	нд	нд	нд	нд	-
17 лет (2021 г.)	153	151	155	152	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>
Нитрификационная способность, NO <sub>3</sub> мг/кг					
16 дней (2004 г.) *	10,4	-14,2	-15,6	-15,8	3,4
17 лет (2021 г.)	8,6	7,7	2,1	1,5	1,0
Подвижные формы фосфора, мг/кг					
16 дней (2004 г.) *	129	106	102	101	7
17 лет (2021 г.)	121	120	122	118	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>
Подвижные формы калия, мг/кг					
16 дней (2004 г.) *	115	93	93	90	5
17 лет (2021 г.)	125	124	124	125	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>

Прим.: \* - данные Фараховой И.З. (261).

Так, «содержание подвижного фосфора в нефтезагрязненной почве при уровнях загрязнения 10, 20, 40 л/м<sup>2</sup> равнялось соответственно 106, 102, 101 мг/кг, что на 18, 21 и 22 % меньше уровня незагрязненной почвы (129 мг/кг). Свежее нефтяное загрязнение так же уменьшило содержание подвижных форм калия в почве на 22-25 мг/кг или на 19-22 % по отношению к контролю». Интересно то, что снижающий эффект различных доз нефти оказался примерно одинаковым, во всяком случае разница между содержаниями подвижных форм фосфора и калия в загрязненных разными дозами нефти почвах меньше НСР<sub>05</sub>. Иными словами, для статистически значимого снижения подвижных форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O достаточно было минимального испытанного уровня свежего загрязнения.

Наше исследование показало, что по прошествии 17 лет после загрязнения почвы влияние возрастающих доз нефти на содержание щелочно-гидролизуемого азота, подвижных форм фосфора и калия оказалось несущественным ( $F_{\phi} < F_{05}$ ), то есть снижающий эффект нефти исчез. Иной характер имел действие старого нефтяного загрязнения (2021 г.) на нитрификационную способность серой лесной почвы. Во-первых, влияние старого нефтяного загрязнения было статистически достоверной, и, во-вторых, ингибирующие действия возрастающих доз нефти существенно различались между собой. Так, если от первой дозы нефти ( $10 \text{ л/м}^2$ ) нитрификационная способность снизилась, по сравнению с контролем, на  $1,1 \text{ мг/кг}$ , то от доз  $20$  и  $40 \text{ л/м}^2$  – соответственно на  $6,5$  и  $7,1 \text{ мг/кг}$  почвы.

На наш взгляд, в нефтезагрязненной почве в процессе разложения нефтяных веществ создаются условия, ингибирующие рост и развитие нитрифицирующих бактерий. Это в свою очередь означает ухудшение азотного режима почвы, и, следовательно, обеспеченности растений самой доступной азотной пищей.

На рис. 13 показана динамика изменения во времени агрохимических параметров серой лесной почвы в зависимости от исходного уровня нефтяного загрязнения.

«Информация о характере действия нефти и нефтепродуктов на содержание подвижных форм фосфора и калия почв противоречивая, если некоторые зарубежные исследователи утверждают об отсутствии существенного уменьшения содержания фосфора и калия в загрязненных почвах» (Udo, Faymi, 1975; Sexton, Atlas, 1976), то отечественные исследователи пишут обратное» (Тишкина, 1989; Гилязов, Гайсин 2003; Леднёв, Ложкин, 2019).

По данным наших исследований, нефтяное загрязнение привело к уменьшению содержания подвижных форм фосфора и калия, а также нитрификационной способности почвы.

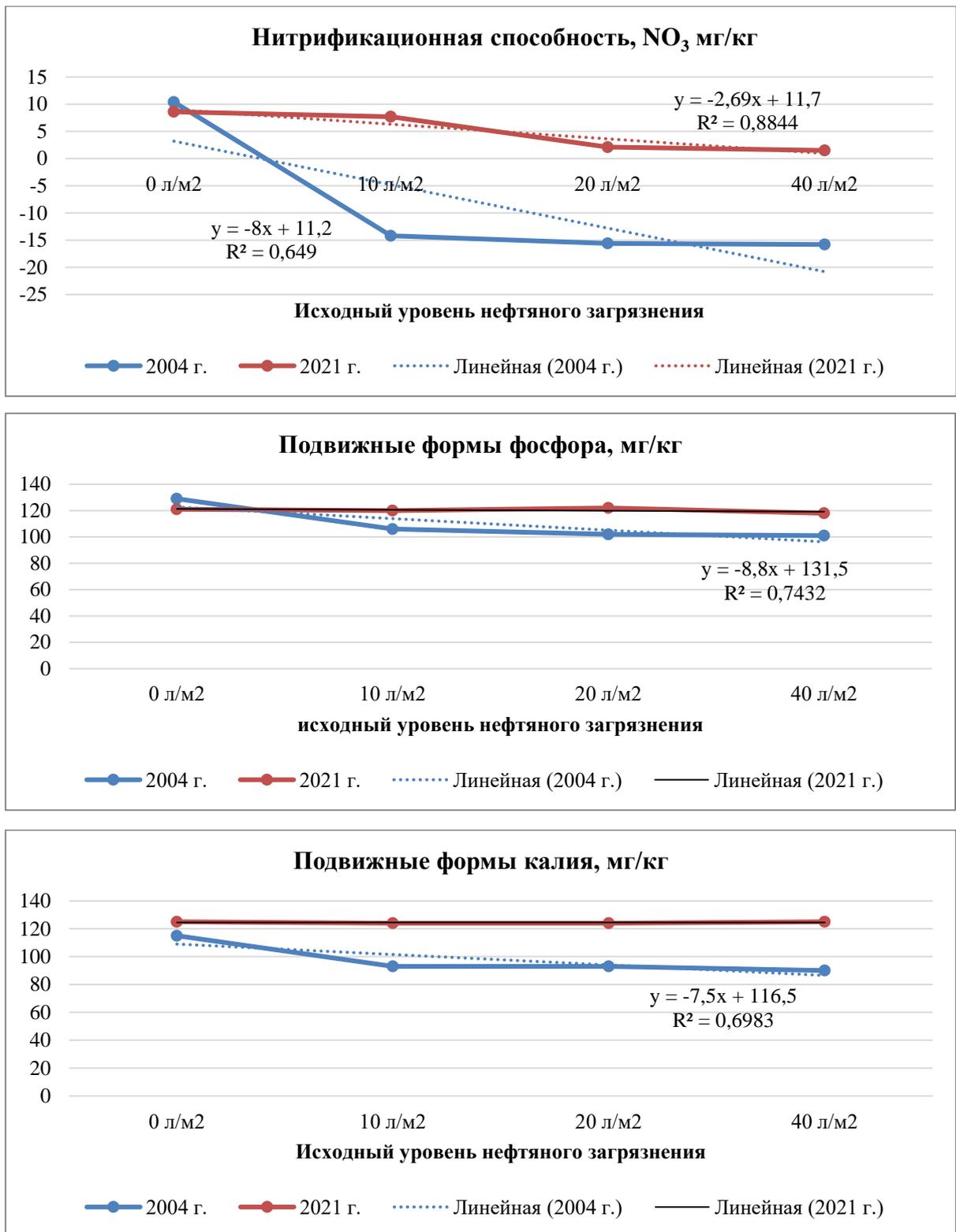


Рис. 13. Характер и теснота корреляции подвижных форм NPK в серой лесной почве от уровня и давности нефтяного загрязнения

Особенно заметным было уменьшение в нефтезагрязненной почве нитрификационной способности почвы. Если коэффициент детерминации

( $R^2$ ) нитрификационной способности от испытанных доз нефти равнялся 0,884, то аналогичные коэффициенты для подвижных форм калия и фосфора составили соответственно только 0,743 и 0,698.

В табл. 8 и прил. 3 приведены данные, показывающие действие нефтяного загрязнения на обеспеченность серой лесной почвы подвижными формами микроэлементов, которые очень важны для роста и развития растений (Гайсин, 1989; Ягодин и др., 2003; Гайсин, Хисамеева, 2007; Кидин, Торшин, 2016).

Исследование А.Р. Равзутдинова (2019) показало, что в 2014 г. «обеспеченность незагрязненной почвы подвижными формами оценивалась как средняя по всем исследуемым микроэлементам. В образцах почвы, отобранных спустя 16 дней после загрязнения, обнаружилось больше марганца и меньше бора, молибдена и цинка. По содержанию подвижных форм меди и кобальта нефтезагрязненная почва не отличалась от контрольной (незагрязненной) почвы. Среди трех микроэлементов, содержание которых под действием свежего нефтяного загрязнения уменьшилось, наиболее значительно изменилось содержание бора. По отношению к контролю содержание подвижного бора уменьшилось на 35 %. Уменьшение содержания подвижных форм бора, молибдена и цинка в нефтезагрязненной почве можно объяснить затруднением их вытеснения экстрагирующим раствором из-за обволакивания почвенных частиц нефтяной пленкой. Более выраженное уменьшение содержания подвижного бора под действием нефти, возможно, обусловлено тем, что для его вытеснения используется дистиллированная вода, в то время как для других микроэлементов используются более сильные экстракты - кислотные или солевые раствора» (Равзутдинов, 2019).

«Единственным микроэлементом среди изученных, содержание подвижной формы которого под действием нефтяного загрязнения повысилось, был марганец, по отношению к контрольному уровню содержание подвижной формы которого увеличилось на 18 %.

Действие нефтяного загрязнения\* на обеспеченность серой лесной почвы подвижными формами микроэлементов

Микроэлементы	Незагрязненная почва (контроль), мг/кг	Загрязненная почва		НСР <sub>05</sub> (мг/кг)
		мг/кг	% к контролю	
Давность загрязнения 16 дней **(2014 г.)				
В	0,71	0,46	65	0,06
Мо	0,17	0,14	82	0,02
Mn	49,0	58,0	118	6,0
Cu	3,1	3,0	97	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
Zn	4,1	3,4	83	0,7
Co	1,5	1,5	100	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
Давность загрязнения 5 лет (2019 г.)				
В	0,68	0,57	84	0,10
Мо	0,21	0,20	95	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
Mn	59,0	68,0	113	8,0
Cu	3,0	2,9	97	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
Zn	4,9	4,9	100	-
Co	2,0	1,9	95	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>

Прим.: \* - преднамеренное загрязнение нефтью проведено из расчета 25 л/м<sup>2</sup>;

\*\* - данные Равзутдинова А.Р. (212).

Данное обстоятельство возможно объясняется возникновением в нефтезагрязненной почве анаэробных условий в результате обволакивания почвенных частиц нефтяной пленкой» (Равзутдинов, 2019).

В целом несмотря на то, что «содержание подвижных форм четырех микроэлементов из шести в нефтезагрязненной почве достоверно изменилось, обеспеченность серой лесной почвы подвижными формами ни одного микроэлемента под действием нефтяного загрязнения не перешла в

другую группу обеспеченности» (Osipova, Gilyazov, Kuzhamberdieva, Abzhalelov, 2020).

В образцах почв, отобранных нами в мае 2019 года, то есть через 5 лет после загрязнения, различия в содержания микроэлементов в нефтезагрязненной и контрольной почвах стали менее значимыми. На это указывает, прежде всего то обстоятельство, что из шести микроэлементов содержание четырех (Mo; Cu; Zn; Co) в контрольной (фоновой) и загрязненной почвах оказались практически одинаковыми ( $F_{\phi} < F_{05}$ ). Кроме того, увеличение содержания марганца и уменьшение содержания бора под влиянием нефтяного загрязнения пятилетней давности оказались менее выраженными. Так, если в 2014 г. отклонения содержания марганца и бора под действием свежего нефти от уровня контроля (увеличение или уменьшение) колебались в пределах 18-35 %, то в старозагрязненной почве (2019 г.) эти колебания составили 13-16 %. Такое затухающее действие нефтяного загрязнения по мере старения, возможно обусловлено «уменьшением блокирующего эффекта нефтяной пленки переходу ионов микроэлементов из почвенных частиц в экстракт» (Равзутдинов, 2019).

Резюмируя, отметим, что сила воздействия нефтяного загрязнения на содержание в серой лесной почве подвижных форм макро- и микроэлементов в значительной мере зависит от давности загрязнения. Изменения в содержании подвижных форм фосфора, калия и микроэлементов, нитрифицирующей способности серой лесной почве под влиянием свежего нефтяного загрязнения (2014 г.) проявились более рельефно, чем в старозагрязненной почве (2019 г.). По истечении пяти лет после загрязнения большинство изменений в изученных агрохимических свойствах (подвижные формы  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , Mo, Cu, Zn, Co) стали статистически не существенными. К этому сроку значимые сдвиги под воздействием нефтяного загрязнения сохранились только в отношении нитрификационной способности и содержания подвижных форм бора, марганца.

### **3.1.3 Содержание тяжелых металлов и бенз(а)пирена в нефтезагрязненной почве**

«Загрязнение почв тяжелыми металлами нефтяного происхождения (Fe, Mn, Cr, Co, Ni, V, Mo, Cu, Zn, Pb, Hg, Sn и др.) является значимой геоэкологической проблемой в регионах нефтедобычи, транспортировки и переработки нефти» (Dushenkov, 1997; Лавриненко, 1998; Макаренко, 2007; Корчина, 2011; Горшкова, 2019; Троц, 2021).

«На этих регионах загрязнение почв усугубляется выбросами минерализованных промышленных стоков, буровых растворов, шламов и других химически активных компонентов. Все эти компоненты содержат различные тяжелые металлы, усиливающие негативное влияние нефтяного загрязнения почв» (Васильев и др., 2015; Хусайнова, 2016).

Тяжелые металлы могут подавлять биоту и ингибировать рост растительности неопределенно долгое время, поэтому некоторые исследователи считают изучение содержания тяжелых металлов в нефтезагрязненной почве удобным и простой прием мониторинга состояния загрязненной почвы (Бабаев, Мовсумзаде, 2016).

Результаты анализа почвенных образцов, отобранных спустя 16 дней, 4 года и 7 лет после загрязнения нефтью демонстрируются данными табл. 9. и прил. 4, 5. В незагрязненной почве валовое содержание тяжелых металлов составило: меди – от 11,2 до 13,1; цинка – от 15,5 до 17,8; свинца - от 4,7 до 5,2; ртути – от 0,008 до 0,013; кадмия – от 0,18 до 0,26 мг/кг, что многократно ниже ПДК. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», такие уровни содержания тяжелых металлов в почвах оцениваются как «чистые».

Во все сроки наблюдения, независимо от уровня нефтяного загрязнения (12,5-50 л/м<sup>2</sup>) валовое содержание меди, цинка, свинца, ртути и кадмия существенно не изменилось ( $F_{\phi} < F_{05}$ ).

Влияние нефтяного загрязнения на содержание тяжелых металлов в пахотном горизонте серой лесной почвы

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Валовое содержание, мг/кг				
	Cu	Zn	Pb	Hg	Cd
Давность загрязнения 16 дней* (2014 г.)					
0	12,5	17,8	5,1	0,010	0,21
12,5	11,9	16,9	5,2	0,012	0,18
25	13,2	17,3	5,7	0,011	0,23
50	12,9	18,1	5,6	0,013	0,24
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>
Давность загрязнения 4 года (2018 г.)					
0	11,2	16,4	5,2	0,008	0,18
12,5	10,8	17,2	5,4	0,009	0,17
25	11,0	16,5	5,8	0,013	0,19
50	11,5	16,2	5,9	0,010	0,16
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>
Давность загрязнения 7 лет (2021 г.)					
0	13,1	15,5	4,7	0,013	0,26
12,5	13,4	16,1	4,5	0,012	0,25
25	12,6	15,4	5,0	0,009	0,24
50	12,9	15,8	4,6	0,010	0,24
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>
ПДК	55	100	32	2,1	2,0

Прим.: \* - образцы почв были отобраны Равзутдиновым А.Р.

В горизонтах почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, помимо тяжелых металлов часто обнаруживаются полициклические ароматические

углеводороды (Кириенко, Имранова, 2015; Митракова, Шестаков, 2015; Равзутдинов, 2019).

«Полициклические ароматические углеводороды - органические соединения, которые возникают вследствие неполного сгорания нефти и нефтепродуктов» (Мажайский, Желязко, 2003; Мажайский, 2008).

Основным представителем ПАУ, содержание которого определяют в почве, является бенз(а)пирен – вещество первого класса опасности, обладающее канцерогенным эффектом (Сучков и др., 2017).

Исследование А.Р. Равзутдинова показало, что «в почвенных образцах, отобранных через один год после нефтяного загрязнения из слоев 0-15, 15-30 и 30-45 см, обнаружилось высокое содержание бенз(а)пирена. Причем, он был обнаружен и в незагрязненной почве, хотя содержание его в фоновой почве (контроль) не превышало 0,7-5,30 мкг/кг почвы, что в 3,8-28,6 раза ниже предельно допустимой концентрации (Равзутдинов, 2019).

В таблице 10 представлены результаты «анализа почвенных образцов, отобранных в 2019 г., то есть спустя пять лет после загрязнения. По данным ряда авторов (Белых и др., 2004; Кошелева и др., 2011) природный уровень БП в почвах изменяется в пределах от 5 до 10 мкг/кг почвы, «то есть содержание его в нашей контрольной (незагрязненной) почве примерно соответствует нижнему значению фонового уровня» (Osipova, Gilyazov, Kuzhamberdieva, Abzhalelov, 2020).

Как видно, в старозагрязненной почве с давностью загрязнения пять лет, так же обнаружено высокое содержание бенз(а)пирена. По сравнению с контролем (незагрязненная почва) в разных слоях загрязненной почве содержание бенз(а)пирена превышает в 66, 52 и 37 раз.

В горизонтах загрязненной почвы 0-15, 15-30 и 30-45 см содержание бенз(а)пирена составило 53; 68 и 174 мкг/кг, что выше ПДК соответственно в 2,7; 3,4 и 8,7 раза. Сравнивая наши данные с данными А.Р. Равзутдинова (210-390 мкг/кг) можно отметить, что содержание бенз(а)пирена в загрязненной почве за четыре года (2015-2019 гг.) уменьшилось,

Характер распределения бенз(а)пирена по профилю нефтезагрязненной серой  
лесной почвы

Исходный уровень загрязнения почвы нефтью, л/м <sup>2</sup>	Слой, см	Содержание бенз(а)пирена, мкг/кг	Кратность повышения бенз(а)пирена от нефтяного загрязнения	Содержание нефтяных веществ, мг/кг
Давность загрязнения 5 лет (2019 г.) *				
0 (контроль)	0-15	0,80±0,25	-	0
	15-30	1,30±0,34	-	0
	30-45	4,70±1,63	-	90
25	0-15	53±9	66	3950
	15-30	68±16	52	6200
	30-45	174±43	37	8500
ПДК	-	20	-	-

Прим.: \* - почва была загрязнена в мае 2014 г.

в зависимости от глубины отбора проб почвы, в 2,1-7,4 раза. Причем, обнаружилась весьма существенная зависимость интенсивности убыли бенз(а)пирена от глубины почвы: если убыль бенз(а)пирена в самом верхнем слое почвы составил 7,4 раза, то в нижележащих слоях 15-30 и 30-45 см соответственно в 3,1 и 2,1 раза.

Данные рис. 14 «иллюстрируют тесную положительную зависимость содержания бенз(а)пирена в почвенных горизонтах от содержания в них нефтяных веществ. Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) количества бенз(а)пирена ( $Y$ ) от количества нефтяных веществ ( $x$ ) в соответствующих слоях почвы составил 0,892» (Osipova, Gilyazov, Kuzhamberdieva, Abzhalelov, 2020). Корреляция между этими двумя показателями описывалась уравнением линейной зависимости (3):

$$Y = 0,017 \cdot x - 3,519 \quad (3)$$

где,  $Y$  – содержание бенз(а)пирена, мкг/кг почвы;

$x$  – содержание нефтяных веществ в почве, мг/кг.

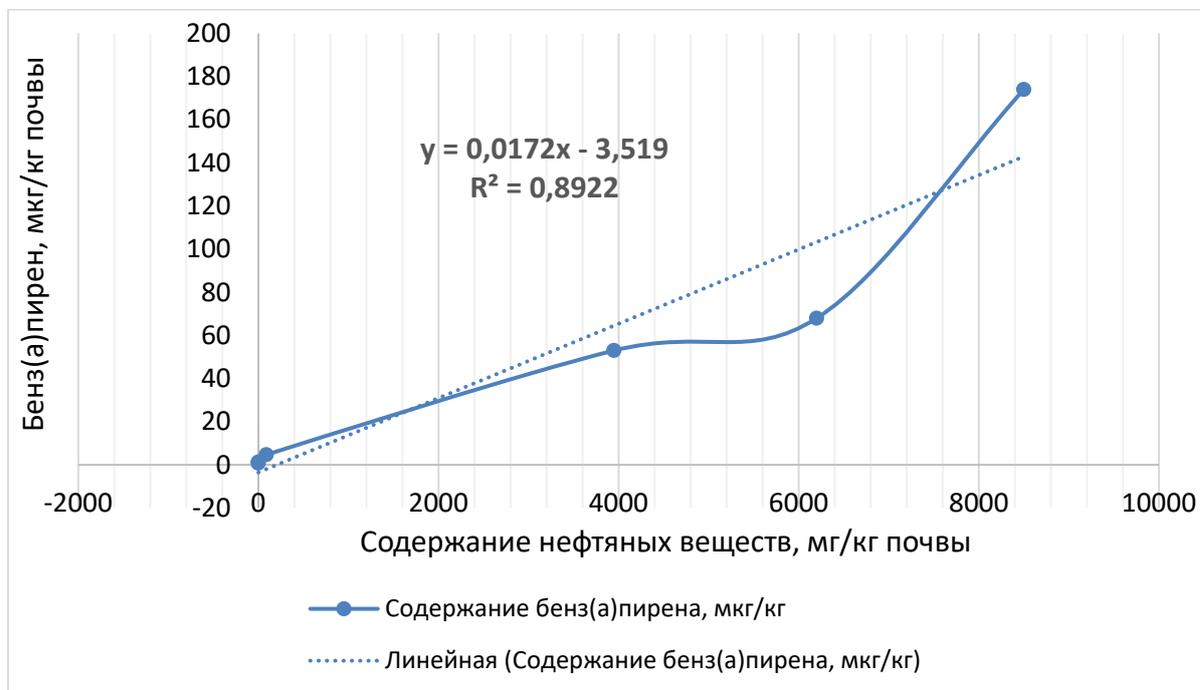


Рис. 14. Характер и теснота корреляции содержания бенз(а)пирена от содержания нефтяных веществ в старозагрязненной почве (давность загрязнения 5 лет)

Таким образом, в старозагрязненной почве (давность загрязнения 5 лет), обнаружилось высокое содержание бенз(а)пирена в тесной зависимости от остаточного содержания нефтяных веществ ( $R^2=0,892$ ). Максимальная концентрация бенз(а)пирена (174 мкг/кг) выявилась в слое почвы 30-45 см. Сопоставляя концентрации бенз(а)пирена в загрязненной почве одногодичной и пятилетней давности можно отметить, что за четыре года (2015-2019 гг.) содержание этого токсиканта снизилось, в зависимости от глубины залегания почвенного горизонта, в 2,1-7,4 раза. Независимо от давности (16 дней, 4 года, 7 лет) и уровня нефтяного загрязнения (12,5; 25 и 50 л/м<sup>2</sup>) содержание изученных тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Hg, Cd) существенно не изменилось ( $F_{\phi} < F_{05}$ ).

### 3.2 Влияние нефтяного загрязнения на поражаемость растений болезнями

До сих пор «вопросам влияния нефтяного загрязнения на заболеваемость сельскохозяйственных культур уделялось недостаточное внимание несмотря на то, что болезни растений являются важным фактором формирования и сохранения урожайности всех без исключения сельскохозяйственных культур» (Осипова, Гилязов, 2021б).

По данным некоторых исследователей, «в почве под влиянием нефти увеличивается количество почвенных грибов, которые продуцирует токсины, угнетающие и вызывающие гибель растений. С ростом концентрации поллютанта на поверхности корней растений увеличивается численность сапротрофных микромицетов» (Лебедева и др., 1988; Киреева и др., 2000; Назаров, 2000; Иларионов и др., 2003).

Многие исследователи полагают, «что увеличение численности сапрофитов в корневой зоне растений при нефтяном загрязнении почвы может быть вызвано негативным воздействием нефти, нарушением защиты растений от гидролитического действия сапрофитов или увеличением отмирания корней растений и корневых клеток из-за сочетание этих факторов» (Красильников, 1958; Кожевин, 1989).

#### 3.2.1 Заболевания растений ярового ячменя

В 2018 г. растения ярового ячменя чаще всего поражались полосатой пятнистостью листьев и линейной (стеблевой) ржавчиной злаковых культур.

Болезнь полосатая пятнистость листьев ячменя проявилась в виде продолговатых коричневых пятен с оливково-бурым бархатистом налетом конидиального спороношения. Возбудителем полосатой пятнистости листьев ячменя является *Drechslera graminea* (Rab.) Shoem. Учет пятнистостей

провели в период колошения – цветения. Распространенность и развитие болезни рассчитали по уравнениям 1 и 2, которые даны во второй главе.

Согласно рекомендациям (Шутко, Тутуржанс, 2018), «степень (интенсивность) развития полосатой пятнистости ярового ячменя установили по общепринятой шкале в баллах для пятнистостей, по проценту площади листьев, покрытых пятнами:

- 0 – признаки поражения отсутствуют;
- 1 – поражено до 10 % листовой поверхности;
- 2 – поражено от 11 до 25 %;
- 3 – поражено от 26 до 50 %;
- 4 – поражено более 50 % листовой поверхности.

Характер действия уровней нефтяного загрязнения серой лесной почвы на поражаемость растений ярового ячменя полосатой пятнистостью листьев ячменя иллюстрируется рис. 15 и данными прил. 6. Как видно, распространение и развитие полосатой пятнистости листьев ячменя возросло по мере увеличения доз нефти.

Обнаружилась достаточно тесная положительная корреляция распространенности и развития болезни от возрастающих доз нефти: коэффициенты детерминации ( $R^2$ ) составили соответственно 0,775 и 0,702.

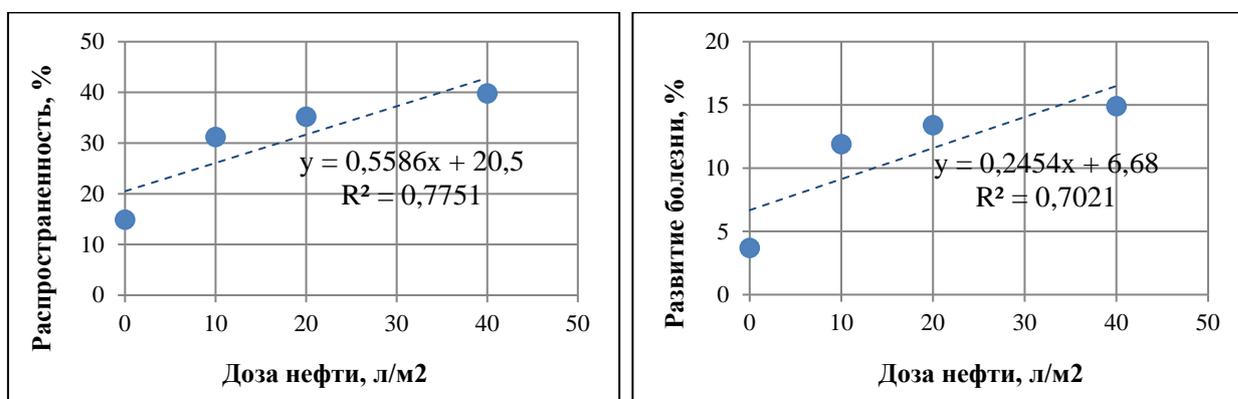


Рис. 15. Пораженность растений ярового ячменя полосатой пятнистостью листьев в зависимости от уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы (2018 г.)

В 2018 году на посевах ярового ячменя наблюдалось также заражение посевов второй болезнью – линейной или стеблевой ржавчиной злаковых культур. Как известно, «возбудителем данной болезни является гриб *Puccinia graminis Pers*» (Шутко, Тутуржанс, 2018). Болезнь проявилась на стеблях. На пораженных стеблях образовались ржаво-бурые продолговатые сливающие урединии с урединиоспорами. Учет болезни провели в фазу колошения – цветения. Распространенность и развитие болезни рассчитали по уравнениям 1 и 2, используя шкалу учета поражения злаков стеблевой ржавчиной, приведенной на рис. 16.

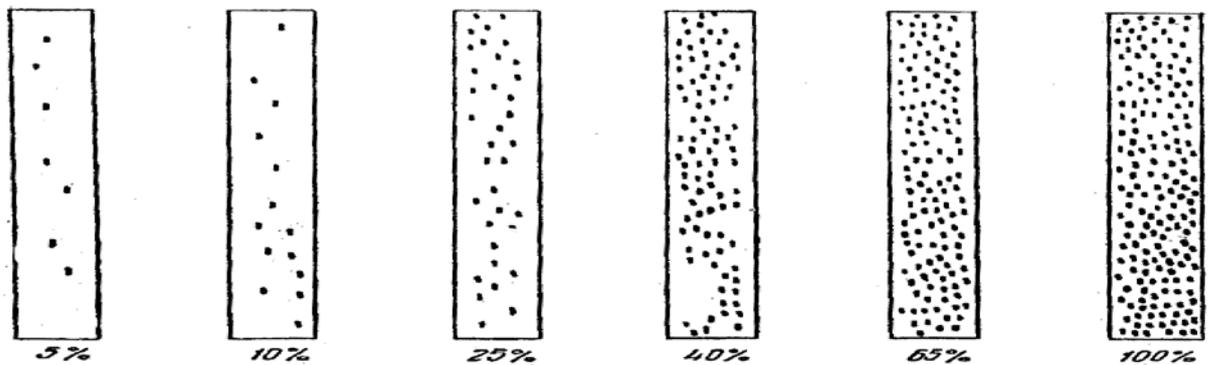


Рис. 16. Шкала для учета поражения злаков стеблевой ржавчиной  
(Русаков, 1946)

Действие различных уровней нефтяного загрязнения серой лесной почвы на поражаемость растений ярового ячменя стеблевой ржавчиной злаковых культур демонстрируется рис. 17 и прил. 7. Обнаружилась весьма тесная корреляция между распространенностью ( $R^2=0,901$ ), развитием ( $R^2=0,980$ ) болезни и уровнем нефтяного загрязнения почвы.

Теснота корреляции распространенности болезни было несколько слабее, чем теснота корреляции развития болезни.

Сравнивая пораженность растений ячменя изученными нами болезнями можно отметить, что распространенность полосатой пятнистости листьев была существенно выше, чем распространенность стеблевой ржавчины как на незагрязненной, так и нефтезагрязненной почва. Так, если

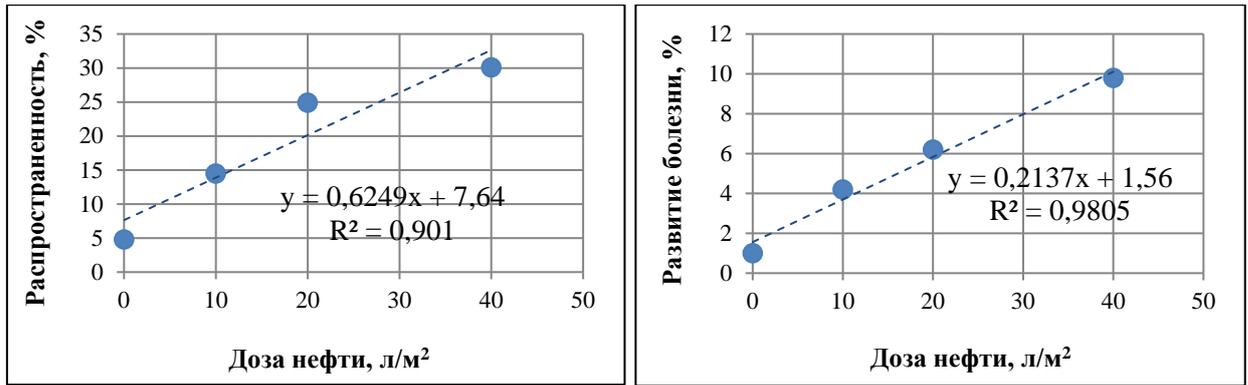


Рис. 17. Пораженность растений ярового ячменя стеблевой ржавчиной злаковых культур в зависимости от уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы (2018 г.)

распространенность первой болезни на контрольной и загрязненной максимальной дозой нефти (40 л/м<sup>2</sup>) почвах составила 15 и 40 %, то распространенность второй болезни соответственно 5 и 30 %.

По степени развития полосатая пятнистость листьев (10-30 %) также превосходила стеблевую ржавчину (1-10 %). Что касается силы воздействия нефтяного загрязнения на поражаемость ячменя указанными болезнями, то, на наш взгляд, загрязнение более значимо усилило поражаемость растений стеблевой ржавчиной. К такой мысли подталкивает то обстоятельство, что под влиянием максимальной дозы нефти распространенность и развитие стеблевой ржавчины возросли, по отношению к контролю, в 6-10 раз, в то время как аналогичные показатели полосатой пятнистости листьев примерно в 3 раза.

### 3.2.2 Заболевания растений ярового рапса

Влияние нефтяного загрязнения на поражаемость ярового рапса ложной мучнистой росой и альтернариозом исследовали в 2019 году, и результаты этих исследований нашли отражение в наших публикациях (Гилязов, Осипова, 2021; Осипова, Гилязов, 2021а; Осипова, Гилязов, 2021б).

«Ложная мучнистая роса на листьях ярового рапса в четвертой ротации севооборота (2019 г.) проявлялась в виде локальных, желтоватых пятен неправильной формы. На цветоносах наблюдали продольные, бледно-желтые пятна. Часть пораженных болезнью цветков гипертрофировались и остались стерильными. Образовавшиеся семена были покрыты темно-серыми пятнами и оказались щуплыми» (Гилязов, Осипова, 2021б).

При влажной погоде все пораженные части растений покрываются светлым спорообразующим налетом мицелия гриба. «В местах распространения мицелия нарушается синтез хлорофилла, что приводит к локальным хлорозам. Высокая интенсивность развития болезни обуславливает угнетение всходов и молодых растений, замедляет их рост и уменьшается площадь ассимиляционного аппарата, снижается урожай маслосемян и их качество» (Девяткина и др., 2024).

«Гриб *Peronospora parasitica* (Pers.) Fr. образует одноклеточный, многократно разветвленный мицелий. Ооспоры гриба – овальные, толстостенные. Патоген сохраняется в виде ооспор в почве и мицелия в семенах, где сохраняет жизнеспособность до 6 лет. Распространение инфекции на соседние растения осуществляется каплями дождя» (Гилязов, Осипова, 2021б). «Широкому распространению патогена способствует высокая экологическая пластичность» (Девяткина и др., 2023). Учет болезни провели в фазу бутонизации.

В исследованиях Девяткиной Т.Ф. отмечается, что развитие пероноспороза (*Peronospora parasitica* (Pers.) Fr.) в фазу цветения в годы с высоким увлажнением было поражено до 20 % растений, к фазе образования стручков и полной спелости болезнь проявлялась на 50-60 % растений (Девяткина и др., 2021).

«Развитие листовых болезней определяли согласно иллюстрированным шкалам в процентах (рис. 18):

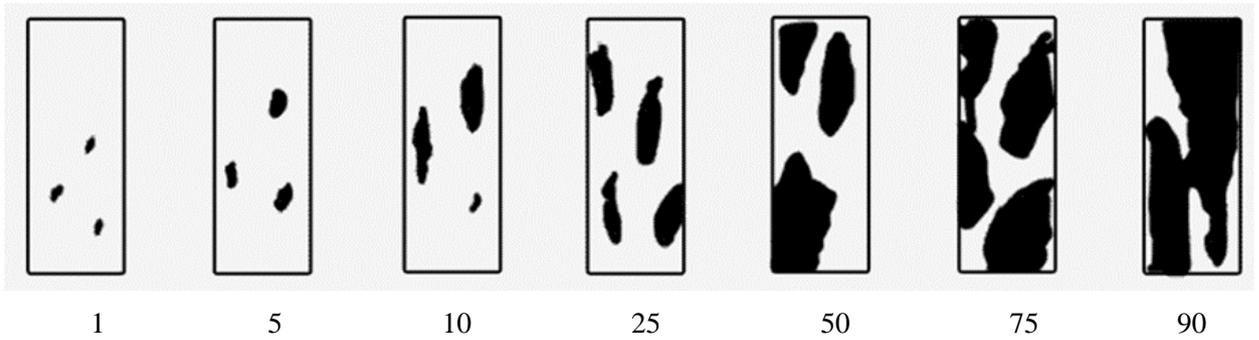


Рис. 18. Шкала оценки пораженности листьев ярового рапса ложной мучнистой росой, %» (Гилязов, Осипова, 2021б)

Распространение и развитие болезней определяли согласно уравнениям 1 и 2.

Характер действия уровней нефтяного загрязнения серой лесной почвы на поражаемость растений ярового рапса пероноспорозом иллюстрируется рис. 19 и данными прил. 8, 9.

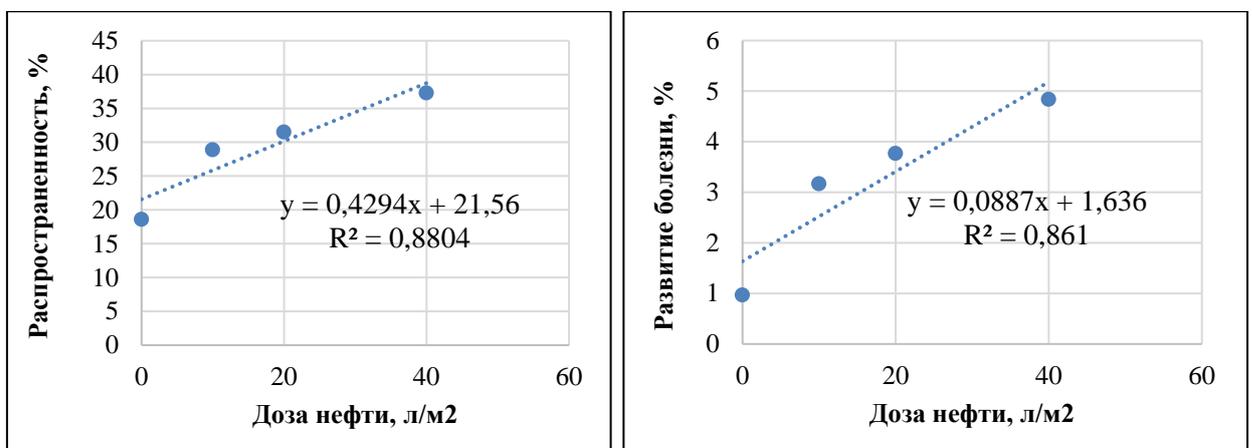


Рис. 19. Пораженность растений ярового рапса пероноспорозом в зависимости от уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы (2019 г.)

«Загрязнение почвы товарной нефтью из расчетов 10, 20, 40 л/м<sup>2</sup> привело к возрастанию поражения растений рапса ложной мучнистой росой. Возбудитель болезни *Peronospora parasitica* в зависимости от различных доз нефти, как видно на рис. 24, при высоких дозах поражает больше растений и болезнь развивается более интенсивно» (Гилязов, Осипова, 2021б).

«В контроле распространение болезни составляло 18,6 %. При минимальном уровне загрязнения нефтью (10 л/м<sup>2</sup>) величина этого показателя возрастала более чем в 1,5 раза, при максимальном – в 2,0 раза. Достоверных различий в распространении болезни между вариантами с минимальным и средним уровнем загрязнения не установлено.

Аналогичным образом уровень загрязнения серой лесной почвы нефтью влиял на развитие ложной мучнистой росы. Отличие состояло в том, что воздействие нефтяного загрязнения на величину этого показателя проявлялось ещё более рельефно: при минимальном в опыте уровне загрязнения развитие болезни усилилось более чем в 3 раза, при максимальном – в 5 раз. Установлена тесная положительная зависимость распространения ( $R^2=0,880$ ) и развития ( $R^2=0,861$ ) болезни от уровня загрязнения серой лесной почвы нефтью 15-летней давности» (Осипова, Гилязов, 2021б).

Вторая болезнь - альтернариоз на листьях ярового рапса проявился в виде тёмно-коричневых, светло-серых округлых зональных пятен диаметром 1–15 мм. Около пятен был жёлтый, светло-зелёный ореол. Потом на них появились чёрный налет в виде дернинок и мелких крапин, который является конидиальным спороношением возбудителя заболевания. На стручках пятна были тёмные, мелкие, блестящие. Стручки деформировались и семена в них оказались щуплыми или вообще не образовались. Учет болезни провели в фазу цветения.

«Этот патоген снижает урожайность маслосемян рапса до 60 %, загрязняет продукцию микотоксинами» (Девяткина и др., 2024).

Развитие листовых болезней определяли по шкале пораженности листьев ярового рапса альтернариозом, которая дана в прил. 10.

Распространение и развитие альтернариоза на листьях рапса рассчитали по уравнениям 1 и 2 соответственно.

Характер действия возрастающих доз нефти на распространенность и развитие альтернариоза, 2019 г. (четвертая ротация севооборота), на растениях ярового рапса представлен на рис. 20 и прил. 11, 12.

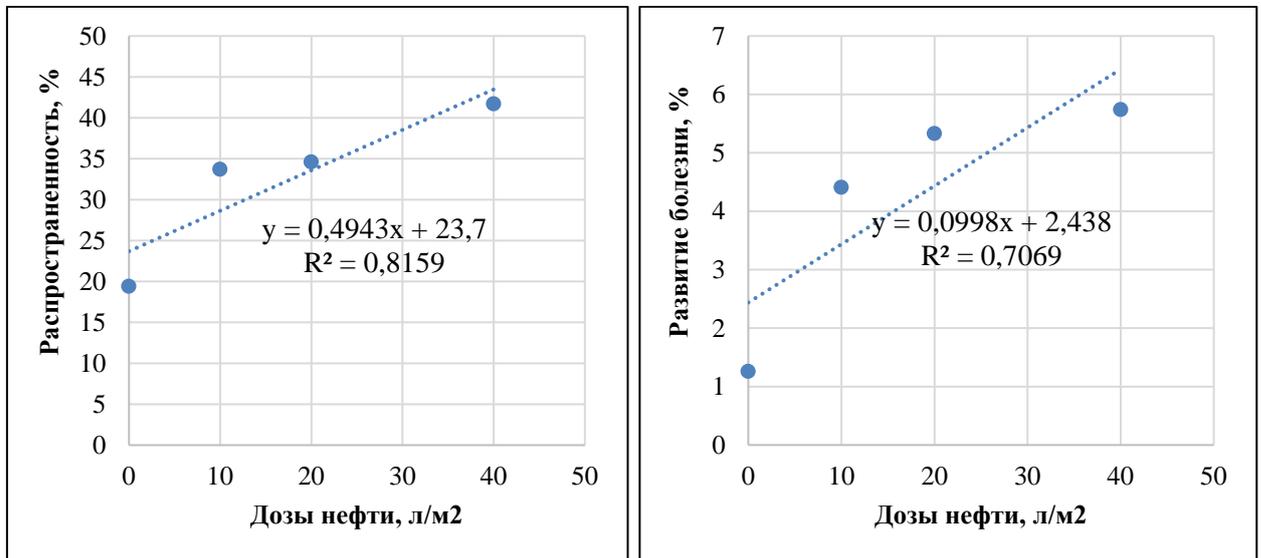


Рис. 20. Пораженность растений ярового рапса альтернариозом в зависимости от уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы

Анализируя линии тренда рис. 20 можно сказать, что «в незагрязненной почве распространенность болезни составила 19,4 %. Минимальный уровень загрязнения нефтью (10 л/м<sup>2</sup>) увеличил распространенность болезни в 1,5 раза, а максимальный уровень загрязнения привел к повышению этого показателя более чем в два раза. Достоверного различия распространенности болезни между минимальным и средним уровнями загрязнения не было. Установлена тесная положительная зависимость распространения ( $R^2 = 0,815$ ) и развития ( $R^2=0,706$ ) болезни от уровня загрязнения серой лесной почвы нефтью 15-летней давности. Таким образом, загрязнение почвы нефтью усилило распространение и развитие альтернариоза на растениях ярового рапса. Установлена тесная положительная зависимость между испытанными дозами нефти (10 - 40 л/м<sup>2</sup>) с одной стороны и распространением ( $R^2=0,815$ ) и развитием ( $R^2=0,706$ ) болезни с другой стороны» (Осипова, Гилязов, 2021а). Судя по величине

коэффициентов детерминации, действие возрастающих доз нефти на поражаемость растений ярового рапса оказалось более сильной на распространенность и развитие альтернариоза (0,880 и 0,861), чем пероноспороза (0,815 и 0,706).

### 3.2.3 Заболевания растений проса

В 2020 году посеы проса в основном поражались гельминтоспориозом, «который является достаточно широко распространенным и вредоносным заболеванием этой культуры» (Кошевой, Шашко, Подорский, Куделко, 2021). Болезнь гельминтоспориоз проса, или бурая пятнистость проса проявилась на листьях проса в виде удлиненно-эллиптических буроватых пятен с расплывчатой каймой. На этих пятнах образовался серо-бурый налет гриба, состоящий из мицелия и конидий. Возбудитель этого заболевания – несовершенный гриб *Helminthosporium panicis – miliacei* Jto из порядка Nuythomycetales. Пораженные листья преждевременно засохли. Учет болезни провели в фазу выбрасывания метелки. Сохраняется гриб на пожнивных остатках растений и на семенах в форме конидий. Для определения развития болезни использовали следующую шкалу оценки в баллах:

0 – отсутствие поражения

1 – поражено до 10 % поверхности отдельных органов (стеблей, листьев)

2 – поражено от 11 до 25 % поверхности отдельных органов (стеблей, листьев)

3 – поражено от 26 до 50 % поверхности отдельных органов (стеблей, листьев)

4 – поражено свыше 50 % поверхности отдельных органов (стеблей, листьев).

Распространение и развитие болезни на растениях определяли согласно уравнениям 1 и 2.

Характер действия возрастающих доз нефти на распространенность и развитие гельминтоспориоза на растениях проса представлен на рис. 21 и прил. 13. На незагрязненной почве распространенность гельминтоспориоза составила 5,6 %. В загрязненных почвах распространенность болезни по

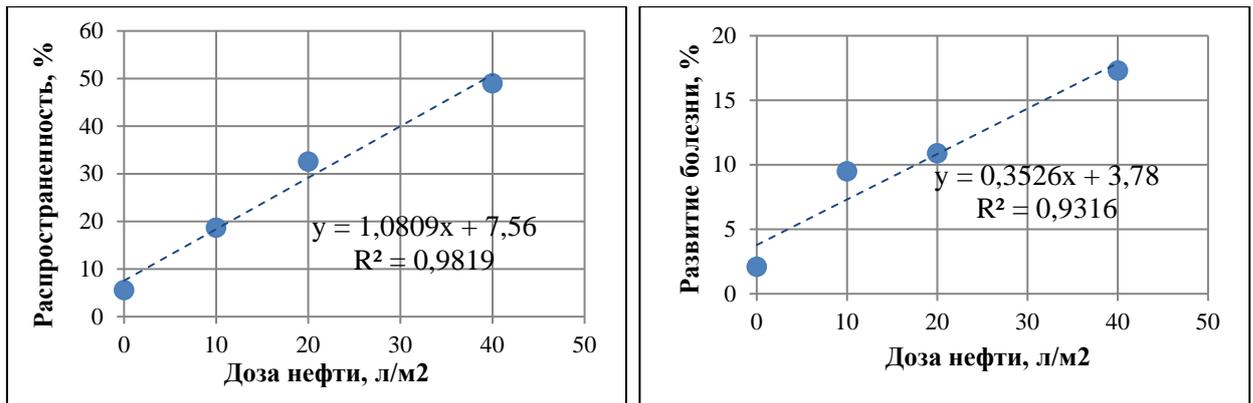


Рис. 21. Пораженность растений проса гельминтоспориозом в зависимости от уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы (2020 г.)

сравнению с контрольной почвой возросла в 3,3-8,7 раза, причем данный рост тесно коррелировался с уровнем нефтяного загрязнения. Различия между вариантами опыта (дозами нефти) были статистически достоверными. Коэффициент детерминации распространенности болезни от уровня нефтяного загрязнения равнялся 0,981, что указывает на наличие тесной линейной положительной зависимости между этими переменными.

Примерно аналогичным образом действовали испытанные уровни нефтяного загрязнения и на развитие болезни, о чем свидетельствует величина коэффициента детерминации ( $R^2=0,931$ ). Под действием нефтяного загрязнения данный показатель возрос в 4,5-8,2 раза. По развитию болезни различие между показателями слабо- и среднезагрязненных почв оказалось статистически недоказуемым.

### 3.2.4 Заболевания растений яровой пшеницы

В 2021 году яровая пшеница в наибольшей степени подверглась поражению септориозом и альтернариозом.

В случае заболевания септориозом на пораженных листьях образовались светлые желтые, бурые, коричневые пятна с темным ободком, на которых образовались мелкие черные пикниды с пикноспорами. Пораженные листья высохли, впоследствии зерна оказались щуплыми. Учет болезни провели в фазу цветения. По данным (Шутко, Тутуржанс, 2018), «возбудителем этой болезни является гриб *Septoria tritici*».

Согласно рекомендациям этих авторов для определения развития болезни использовали следующую шкалу (рис. 22):

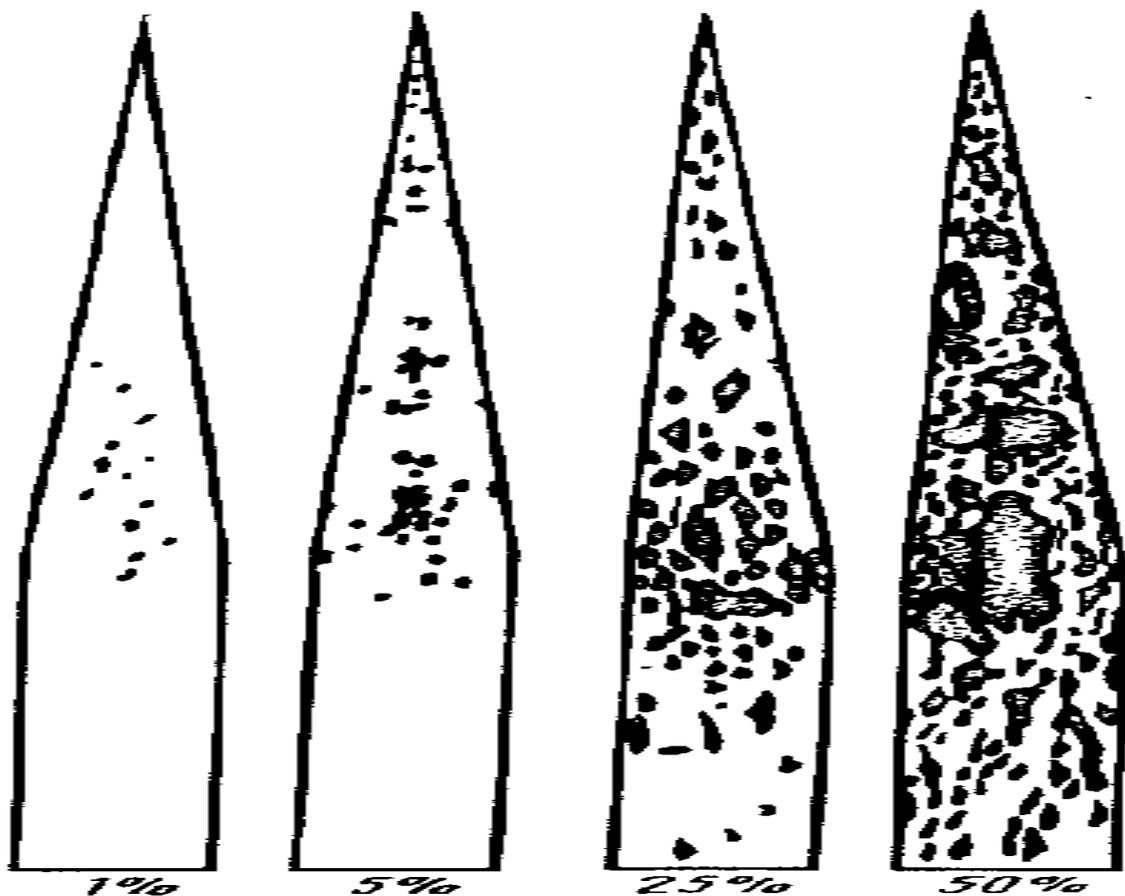


Рис. 22. Шкала оценки пораженности листьев яровой пшеницы септориозом, %

Распространение и развитие данной болезни определяли согласно уравнениям 1 и 2.

Влияние нефтяного загрязнения на поражаемость листьев яровой пшеницы септориозом показано на рис. 23 и в прил. 14.

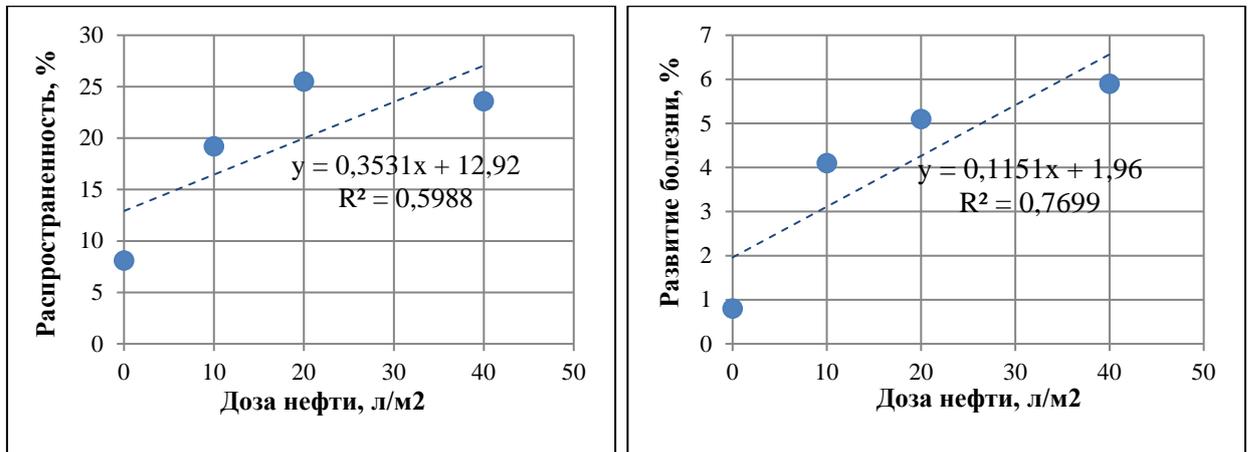


Рис. 23. Пораженность растений яровой пшеницы септориозом в зависимости от уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы (2021 г.)

Анализируя данные рис. 23 можно указать, что нефтяное загрязнение так же, как в предыдущие годы исследований, усилило распространение и развитие болезни, в данном случае септориоза на посевах яровой пшеницы.

В отличие от наблюдений предыдущего года, поражение яровой пшеницы септориозом слабо коррелировало с уровнями нефтяного загрязнения: малая, средняя и максимальная дозы нефти примерно одинаково повлияли на распространенность и развитие болезни. Основанием для такого утверждения является отсутствие статистически доказуемого различия между дозами нефти по влиянию на распространенность и развитие септориоза, хотя линии тренда показывают наличие тесной положительной зависимости между уровнем загрязнения почвы и заболеванием растений ( $R^2=0,598\div 0,769$ ). Под действием нефтяного загрязнения более существенно возросло развитие болезни (5,1-7,3 раза больше контроля), чем распространенность болезни (2,4-3,1 раза больше контроля).

Распространенность на посевах яровой пшеницы другой болезни – альтернариоза в 2021 г. оказалась выше, чем септориоза. Учет болезни провели в фазу молочной спелости зерна. Возбудителем данной болезни является гриб *Alternaria alternata*. Болезнь проявилась в виде почернения колоса (Ганнибал, 2011). «Черное зародышевое зерно физиологически недоразвито, имеет низкую энергию прорастания и всхожесть, что в свою очередь приводит к гибели всходов, изреживанию посевов и снижению количества и качества урожая» (Лапина и др., 2020).

Распространенность и развитие болезни рассчитали в соответствии с методическими указаниями М.М. Ковалёвой и Т.Ю. Гагкаевой (2008) и пользуясь «шкалой учета, предложенной для альтернариоза колоса – по проценту поражённой площади поверхности колоса (0, 5, 10, 25, 50 и 75 %)» (Ковалёва, Гагкаева, 2008).

Распространение и развитие данной болезни определяли согласно уравнениям 1 и 2.

Действие различных уровней нефтяного загрязнения серой лесной почвы на поражаемость растений яровой пшеницы альтернариозом колоса показано на рис. 24 и в прил. 15.

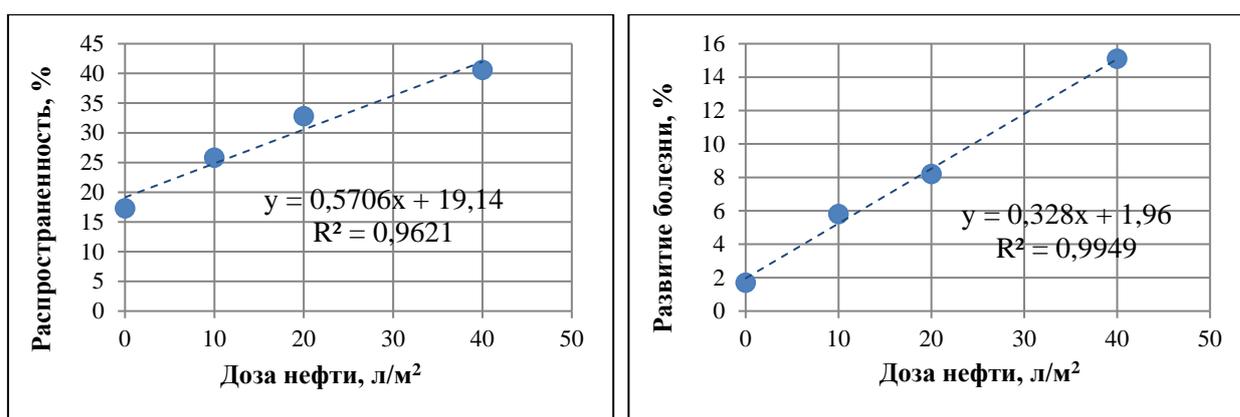


Рис. 24. Пораженность растений яровой пшеницы альтернариозом колоса в зависимости от уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы (2021 г.)

Распространенность альтернариоза колоса яровой пшеницы на незагрязненной почве (17,3 %) оказалась в два раза выше, чем аналогичный показатель септориоза (8,1 %). По отношению к контролю возрастающие дозы нефти увеличивали распространенность болезни в 1,5-2,3 раза, и при этом различие между вариантами опыта были больше  $НСР_{05}$ , то есть статистически достоверными. Под влиянием нефтяного загрязнения ещё более существенно повысилось развитие альтернариоза: если в случае загрязнения почвы нефтью дозами 10 и 20 л/м<sup>2</sup> развитие болезни по отношению к контролю выросло соответственно в 3,4 и 4,8 раза, то максимальной дозой (40 л/м<sup>2</sup>) – 8,3 раза.

Линии тренда зависимости распространенности и развития болезни от уровня нефтяного загрязнения и величины коэффициентов детерминации ( $R^2=0,962\div 0,994$ ) между этими переменными отчетливо свидетельствуют о резком росте на нефтезагрязненных почвах поражаемости растений яровой пшеницы альтернариозом колоса.

Обобщенные данные по влиянию возрастающих доз нефти на заболеваемость изученных культур свидетельствуют о том, что нефтяное загрязнение усилило поражаемость растений всеми изученными болезнями, однако сила воздействия загрязнения на них оказалась различной (рис. 25, прил. 16). В качестве критерия для оценки силы воздействия нефтяного загрязнения почвы на те или иные болезни мы использовали так называемую «кратность роста распространенности болезни» и «кратность роста развития болезни», которые показывают во сколько раз увеличилась распространенность или развитие болезни на нефтезагрязненной почве по отношению к аналогичному показателю на незагрязненной почве. Причем, при расчете этих показателей использовали усредненные значения из трех доз нефти.

Прежде всего следует отметить, что 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. Распространенность гельминтоспориоза на просе и стеблевой ржавчины на ячмене оказалась

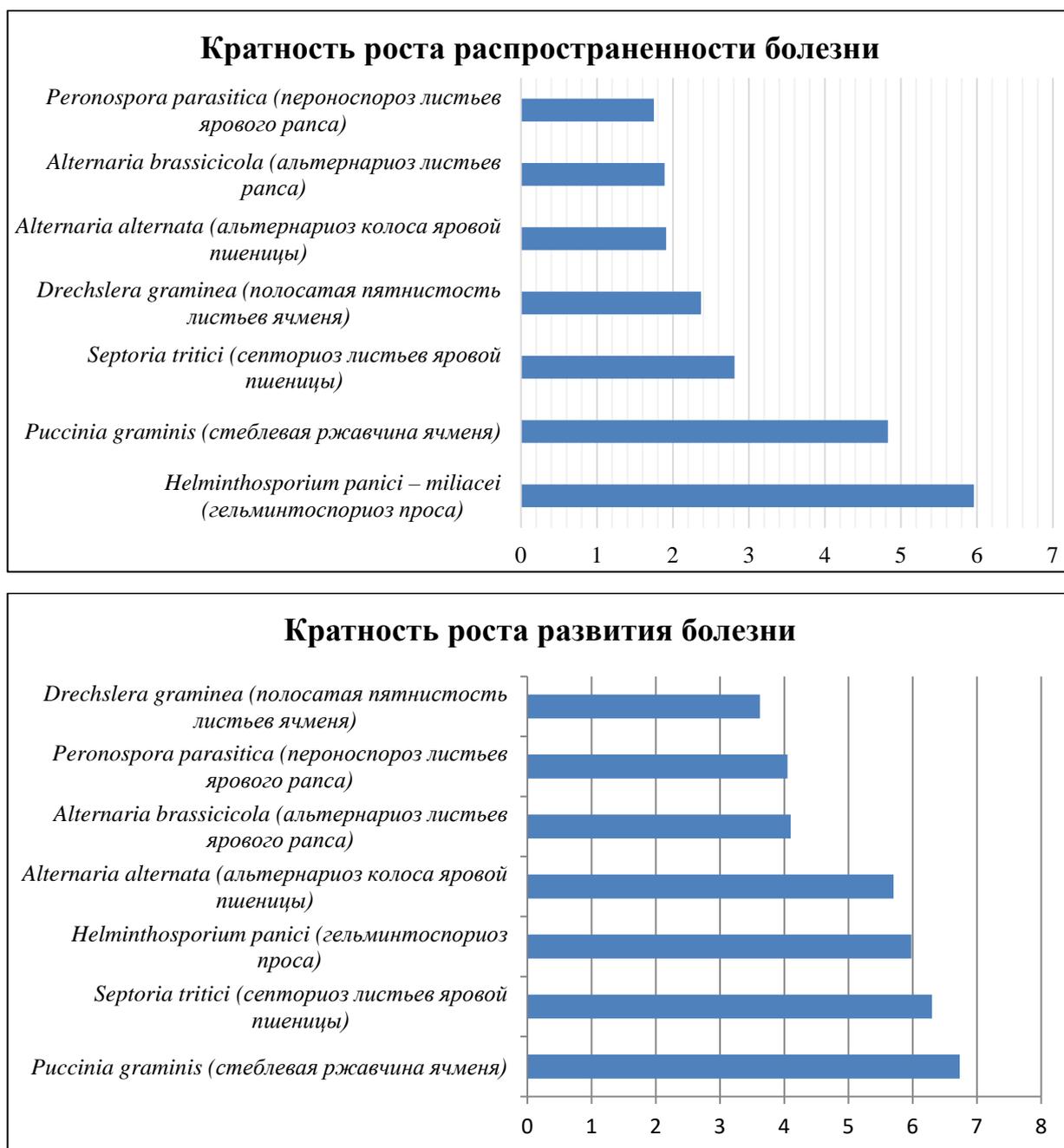


Рис. 25. Кратность роста заболеваемости сельскохозяйственных культур под влиянием нефтяного загрязнения серой лесной почвы

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 изученных 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. Полученные результаты позволяют предположить, что под действием нефтяного загрязнения увеличивается роль токсинообразующих микромицетов и они вытесняют остальные виды почвенных грибов, становятся доминантами. Даже на слабозагрязненной почве возрастают показатели распространения и развития грибковых болезней сельскохозяйственных культур.

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

Урожайность сельскохозяйственных культур является главным комплексным показателем оценки эффективности любых агроприемов, удобрений, пестицидов, сельскохозяйственной техники и т. д. Кроме того, учет урожайности – обязательное условие при оценке негативного воздействия поллютантов на почвенный покров и другие компоненты окружающей среды. В связи с этим, изучение влияния нефти и нефтепродуктов на величину и качество урожая сельскохозяйственных культур представляется неотъемлемой частью любых исследований, посвященных реабилитации нефтезагрязненных почв. Большой объем информации о характере воздействия нефти и нефтепродуктов на продуктивность сельскохозяйственных культур обобщены во многих публикациях (Мифтахова, 2002; Пиковский и др., 2003; Габбасова, 2004; Киреева и др., 2006; Киреева и др., 2007; Фарахова и др., 2008; Гилязов, Равзутдинов, 2014, Леднёв, 2018; Осипова и др., 2019).

В то же время, практически отсутствуют публикации относительно зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от болезней в условиях загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами.

В табл. 11 представлены уравнения регрессии, описывающие зависимость урожайности испытанных сельскохозяйственных культур от распространенности болезней на нефтезагрязненной серой лесной почве.

Таблица 11

Характер и теснота корреляции урожайности сельскохозяйственных культур от распространенности болезней на нефтезагрязненной почве

Болезнь	Часть урожая	Уравнение регрессии*	Коэффициент детерминации (R <sup>2</sup> )
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/м<sup>2</sup>; x – распространенность болезни, %.

Парная линейная корреляция между распространенностью болезней и урожайность всех культур была отрицательной. Величины коэффициентов детерминации ( $R^2$ ) 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 ( $0,734 \div 0,921$ ); пероноспороза и альтернариоза на посевах ярового рапса ( $0,735 \div 0,875$ ); гельминтоспороза на посевах проса ( $0,851 \div 0,923$ ); септориоза и альтернариоза колоса на посевах яровой пшеницы ( $0,369 \div 0,915$ ).

У всех испытанных сельскохозяйственных культур распространенность болезней сильнее отразилась на урожайности основной продукции (зерно, маслосемена), о чем свидетельствует более высокие значения коэффициентов детерминации между урожайностью зерна (маслосемян) и распространенностью болезни ( $0,500 \div 0,923$ ), чем между урожайностью соломы и распространенностью болезни ( $0,369 \div 0,851$ ). Наиболее сильное отрицательное влияние на урожайность зерна проса, яровой пшеницы и ячменя оказала распространенность соответственно гельминтоспороза ( $R^2=0,923$ ), стеблевой ржавчины злаковых культур ( $R^2=0,921$ ) и альтернариоза колоса ( $R^2=0,915$ ).

Влияние другого показателя уровня заболеваемости растений - развития болезни на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях нефтезагрязненной серой лесной почвы иллюстрируется данными табл. 12. В общих чертах корреляция урожайности испытанных культур от развития болезней аналогична таковой от распространенности болезней. Обнаружилась тесная отрицательная зависимость урожайности зерна и соломы всех сельскохозяйственных культур от развития болезней, о чем свидетельствуют величины коэффициентов детерминации ( $R^2=0,552 \div 0,987$ ). Развитие болезни более сильное негативное влияние оказывало на урожайность основной продукции (зерно, маслосемена), чем на урожайность соломы.

Характер и теснота корреляции урожайности сельскохозяйственных культур от развития болезней на нефтезагрязненной почве

Болезнь	Часть урожая	Уравнение регрессии*	Коэффициент детерминации (R <sup>2</sup> )
Ячмень, 2018 г.			
Полосатая пятнистость листьев ячменя	зерно	$y = -7,9302x + 229,03$	0,7283
	солома	$y = -5,5523x + 244,94$	0,6631
Стеблевая ржавчина злаковых культур	зерно	$y = -12,532x + 208,42$	0,9875
	солома	$y = -9,0285x + 231,85$	0,9520
Яровой рапс, 2019 г.			
Пероноспороз	маслосемена	$y = -16,891x + 148,84$	0,8650
	солома	$y = -24,727x + 333,57$	0,8010
Альтернариоз	маслосемена	$y = -12,618x + 147,81$	0,7456
	солома	$y = -17,925x + 329,77$	0,6503
Просо, 2020 г.			
Гельминтоспориоз	зерно	$y = -5,5739x + 239,21$	0,7999
	солома	$y = -6,3233x + 564,17$	0,7201
Яровая пшеница, 2021 г.			
Септориоз	зерно	$y = -8,4968x + 138,52$	0,6856
	солома	$y = -6,8193x + 150,61$	0,5522
Альтернариоз колоса	зерно	$y = -4,0605x + 136,02$	0,9832
	солома	$y = -3,5331x + 150,70$	0,9307

Прим.: \* - y – урожайность, г/м<sup>2</sup>; x – развитие болезни, %.

Распространенность полосатой пятнистости листьев (ячмень), пероноспороза, альтернариоза (яровой рапс), гельминтоспориоза (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 ( $R^2=0,369\div 0,921$ ).

Таким образом, в условиях нефтезагрязненной серой лесной почвы все изученные нами 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 как на урожайность зерна (маслосемян), так 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 ( $R^2=0,875$ ).

Влияние однократного нефтяного загрязнения на урожайность зерна и соломы яровой пшеницы, ячменя, рапса и проса по ротациям севооборота показано в табл. 13-16 и прил. 17, 18.

«В 2005 г., то есть, спустя год после загрязнения, яровая пшеница на нефтезагрязненной почве всходы не дала. В следующей ротации севооборота, через 5 лет после загрязнения, они появились с опозданием на неделю, сильно отставали в росте, а величина сформировавшегося урожая зерна была почти в пять раз ниже, чем в контрольном варианте с незагрязненной почвой. Урожайность соломы пшеницы от нефтяного загрязнения снизилась, по отношению к контролю, в три раза. Следовательно, его негативное влияние сильнее отразилось на формировании зерна, нежели соломы.

Влияние однократного нефтяного загрязнения на урожайность  
яровой пшеницы по ротациям севооборота

Исходный уровень нефтяного загрязнения, л/м <sup>2</sup>	Урожайность, г/м <sup>2</sup>				
	1-ая ротация (2005 г.)*	2-ая ротация (2009 г.)*	3-ая ротация (2013 г.)*	4-ая ротация (2017 г.)	5-ая ротация (2021 г.)
Зерно					
0 (контроль)	262/100**	289/100**	193/100**	242/100**	126/100**
10	114/43	150/52	162/84	215/89	116/92
20	0/0	61/21	103/53	181/75	104/83
40	0/0	6/2	56/29	111/46	73/58
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	22	19	11	15	14
Солома					
0 (контроль)	304/100	335/100	208/100	250/100	139/100
10	201/66	224/67	183/88	232/93	136/98
20	0/0	111/33	163/78	220/88	125/91
40	0/0	30/9	154/74	143/57	94/68
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	17	23	13	19	16

Прим.: \* - данные Фараховой И.З. и Равзутдинова А.Р. (261, 212); \*\* - в процентах к уровню контроля.

Урожайность зерна и соломы в третьей ротации севооборота (давность загрязнения 9 лет) при уровне загрязнения 10 л/м<sup>2</sup> составила 84 % и 88 %, при уровне загрязнения 20 л/м<sup>2</sup> - соответственно 53 и 78 %, а при максимальном уровне загрязнения - 29 и 74 % к уровню урожая на незагрязненной почве, что, безусловно, свидетельствовало о заметном снижении негативного влияния поллютанта на растения. Возможность естественной детоксикации нефтезагрязненной почвы без приемов рекультивации проявила себя и по

истечении 13 лет после загрязнения. Урожайность зерна и соломы составила, по отношению к контролю, соответственно: 10 л/м<sup>2</sup> - 89 и 93 %; 20 л/м<sup>2</sup> - 75 и 88 %; 40 л/м<sup>2</sup> - 46 и 57 %» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019).

В пятой ротации севооборота, когда давность загрязнения составила 17 лет, ещё более явно проявилась тенденция постепенного ослабления фитотоксичности и приближение урожаев на загрязнённых почвах к контрольному уровню. На слабозагрязнённой почве (10 л/м<sup>2</sup>) урожайность зерна яровой пшеницы составила 92 % к уровню на незагрязнённой почве. Несмотря на это, обнаружилось снижение урожайности зерна на всех трех уровнях нефтяного загрязнения. Как видно, урожайность зерна пшеницы на средне- и сильнозагрязнённых через 17 лет после загрязнения оказались ниже контрольного уровня соответственно на 17 и 42 %.

«Постепенное повышение урожайности, а следовательно, снижение фитотоксичности нефтезагрязнённой серой лесной почвы по мере увеличения давности загрязнения, более наглядно иллюстрируют графики» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019). (рис. 26). «Как видно, коэффициенты детерминации ( $R^2$ ) зависимости урожайности зерна и соломы яровой пшеницы от давности нефтяного загрязнения колебались в пределах от 0,878 до 0,968. С другой стороны, представленные графики свидетельствуют о достоверном сохранении негативного влияния на продуктивность яровой пшеницы однократного нефтяного загрязнения серой лесной почвы в течение длительного промежутка времени (не менее 17 лет)» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019).

Действие однократного нефтяного загрязнения на урожайность ярового ячменя по ротациям севооборота демонстрируется данными табл. 14.

«На незагрязнённой почве урожайность зерна ячменя по ротациям севооборота колебалась от 81 до 206 г/м<sup>2</sup>, что обуславливалось, прежде всего, погодными условиями вегетационных периодов. Особенно наглядно влияние погодных условий проявилось во второй ротации (2010 г.), когда из-за

чрезвычайной засухи урожайность составила только 81 г/м<sup>2</sup>. В целом, величины урожайности на фоновой почве следует признать неплохими, так как они получены без применения удобрений» (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019).

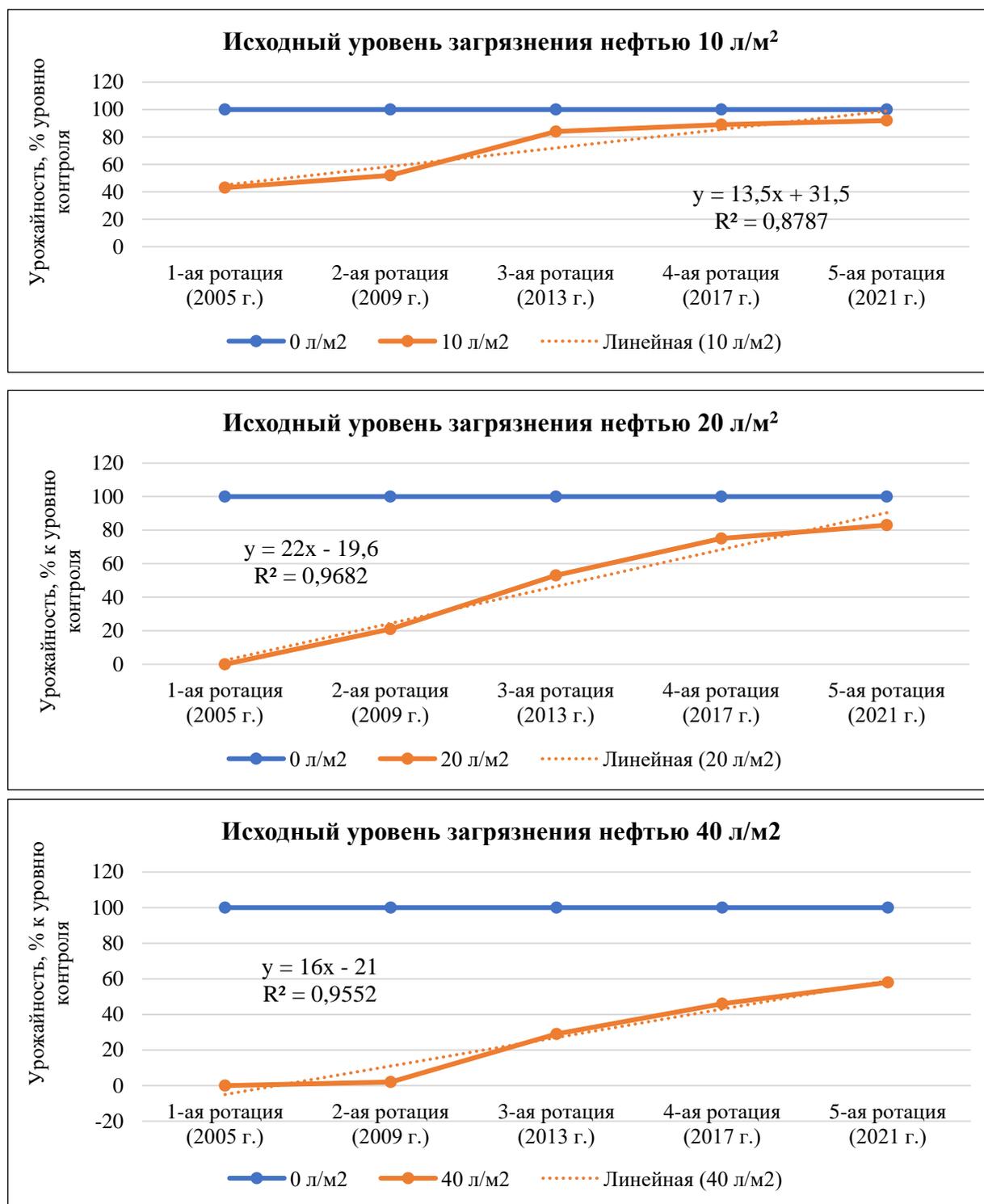


Рис. 26. Влияние нефтяного загрязнения серой лесной почвы на урожайность зерна яровой пшеницы по ротациям севооборота

Влияние однократного нефтяного загрязнения на урожайность  
ярового ячменя по ротациям севооборота

Исходный уровень нефтяного загрязнения, л/м <sup>2</sup>	Урожайность, г/м <sup>2</sup>			
	1-ая ротация (2006 г.) *	2-ая ротация (2010 г.) *	3-ая ротация (2014 г.) *	4-ая ротация (2018 г.)
Зерно				
0 (контроль)	164/100**	81/100**	206/100**	191/100**
10	76/46	58/72	179/87	162/85
20	50/30	42/52	124/60	133/70
40	0/0	17/21	57/28	82/43
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	17	9	11	14
Солома				
0 (контроль)	184/100	145/100	243/100	218/100
10	125/68	155/107	236/97	195/89
20	103/56	121/83	204/84	186/85
40	0/0	68/47	153/63	137/63
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	18	15	13	17

Прим.: \* - данные Фараховой И.З. и Равзутдинова А.Р. (261, 212); \*\* - в процентах к уровню контроля.

«Однократное нефтяное загрязнение, проведенное в 2004 году из расчета 10, 20, 40 л/м<sup>2</sup>, привело к существенному снижению урожайности ячменя. В 1-й ротации севооборота урожайность зерна ячменя, посеянного спустя 2 года после загрязнения, снизилась, по сравнению с контролем, при слабозагрязненной почве в 2,15 раз, а при среднезагрязненной почве в 3,28 раза. Снижение урожайности зерна от нефтяного загрязнения при слабо-, средне- и сильнозагрязненных почвах в последующие ротации севооборота составило: в 1,40, 1,93, 4,76 раза (2-я ротация), в 1,15, 1,66, 3,61 раза (3-я

ротация) и в 1,18, 1,44 и 2,32 раза (4-я ротация), то есть по мере старения нефтяного загрязнения его негативное влияние на урожайность зерна ячменя постепенно убывало. Урожайность соломы на незагрязненной почве по ротациям севооборота колебалась от 145 (вторая ротация, чрезвычайно засушливый 2010 г.) до 243 г/м<sup>2</sup> (третья ротация). Негативное влияние нефтяного загрязнения почвы на урожайность соломы в целом напоминает таковое на зерно ярового ячменя. По отношению к уровню контроля урожайность соломы на слабозагрязненной почве составила 68-107 %, на среднезагрязненной почве – 56-85 %, на сильнозагрязненной почве – 47-63 %. Наибольшее снижение урожая соломы от нефтяного загрязнения обнаружилось в первой ротации, а наименьшее – в последней ротации севооборота» (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019).

Урожайность зерна яровой ячменя по ротациям севооборота на нефтезагрязненной серой лесной почве по истечению времени приближается к уровню урожая фоновой (незагрязненной) почвы. Данное обстоятельство наглядно демонстрируется графиками рис. 27. Как видно, наиболее быстрыми темпами к контрольному уровню приближалась урожайность зерна при загрязнении нефтью дозой 10 л/м<sup>2</sup>. Особенно быстрыми темпами происходило приближение урожайности зерна к уровню контроля за годы третьей ротации.

Зависимость урожайности (У) ячменя от давности нефтяного загрязнения почвы (х) описывалась линейными уравнениями (4, 5, 6):

а) урожайность зерна при исходном уровне загрязнения нефтью 10 л/м<sup>2</sup>

$$У=13,2 \cdot х+39,5 \quad (4)$$

б) урожайность зерна при исходном уровне загрязнения нефтью 20 л/м<sup>2</sup>

$$У=12,8 \cdot х+21 \quad (5)$$

в) урожайность зерна при исходном уровне загрязнения нефтью 40 л/м<sup>2</sup>

$$У=13,6 \cdot х-11 \quad (6)$$

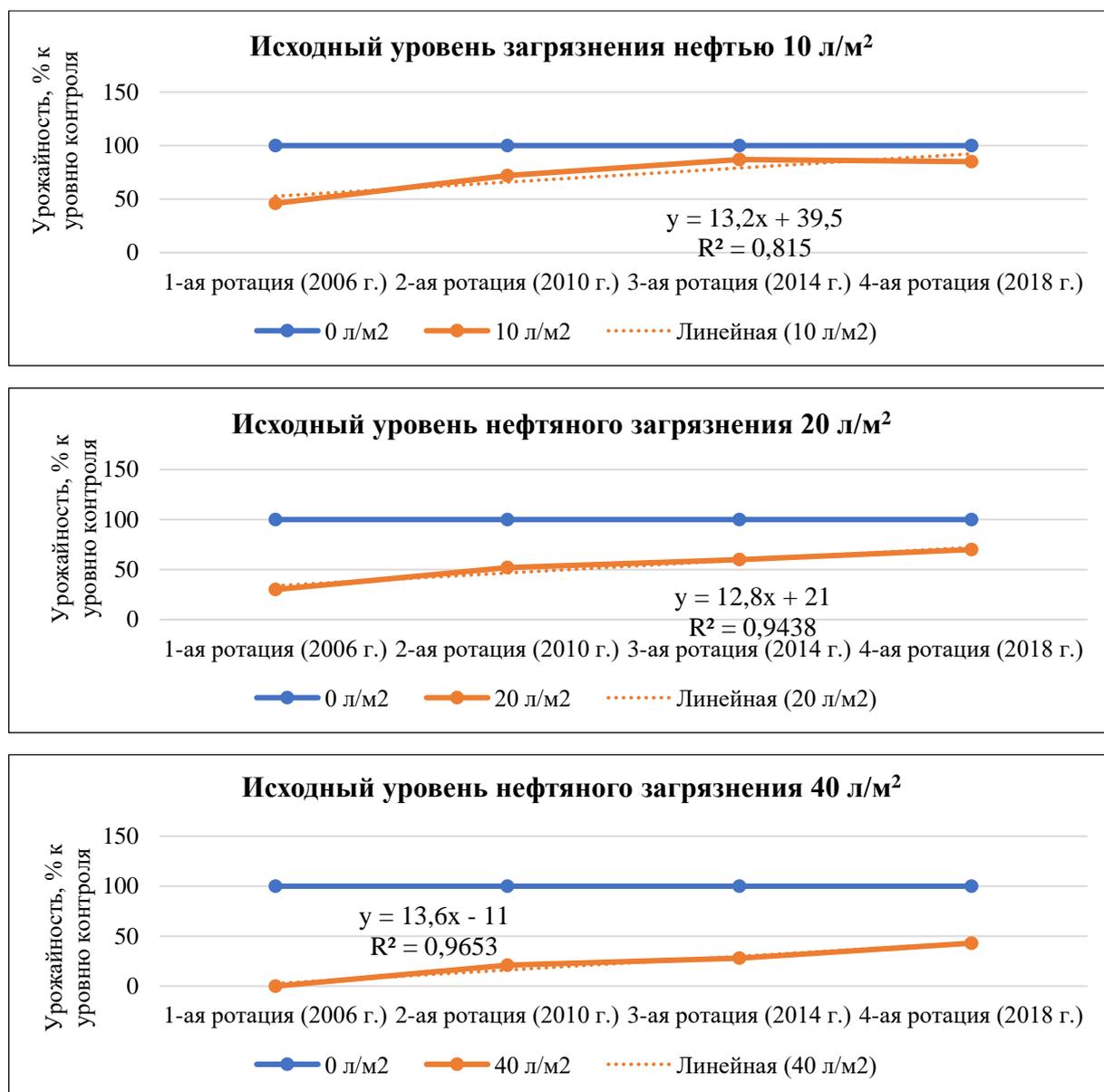


Рис. 27. Влияние нефтяного загрязнения серой лесной почвы на урожайность зерна ярового ячменя по ротациям севооборота

Коэффициенты детерминации ( $R^2$ ) урожайности зерна от ротации севооборота равнялись соответственно 0,815, 0,943 и 0,965. Как видно, наиболее тесная зависимость обнаружилась в отношении урожайности зерна ярового ячменя при исходном уровне нефтяного загрязнения 40 л/м<sup>2</sup>.

«Таким образом, однократное загрязнение серой лесной почвы нефтью из расчета 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup> приводило к статистически достоверному снижению урожая в течение 14 лет с момента загрязнения почвы. 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 серой лесной почвы было более значимым, чем снижение урожайности соломы» (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019).

В табл. 15 представлены данные, указывающие влияние однократного нефтяного загрязнения на урожайность ярового рапса по ротациям севооборота.

Таблица 15

Влияние однократного нефтяного загрязнения на урожайность  
ярового рапса по ротациям севооборота

Исходный уровень нефтяного загрязнения, л/м <sup>2</sup>	Урожайность, г/м <sup>2</sup>			
	1-ая ротация (2007 г.) *	2-ая ротация (2011 г.) *	3-ая ротация (2015 г.) *	4-ая ротация (2019 г.)
Зерно				
0 (контроль)	153/100**	164/100**	137/100**	126/100**
10	49/32	120/73	129/94	111/88
20	34/22	79/48	95/69	90/71
40	3/2	41/25	56/41	59/47
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	7	10	15	11
Солома				
0 (контроль)	188/100	207/100	191/100	297/100
10	70/37	201/97	181/95	282/94
20	62/33	147/71	142/74	244/82
40	11/6	128/62	122/64	196/66
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	9	13	15	20

Прим.: \* - данные Фараховой И.З. и Равзутдинова А.Р. (261, 212); \*\* - в процентах к уровню контроля.

«В первой ротации севооборота (давность загрязнения 3 года) от нефтяного загрязнения урожайность маслосемян снизилась по сравнению с контролем при уровне загрязнения 10 л/м<sup>2</sup> в 3,12 раза, при 20 л/м<sup>2</sup> в 4,5 раза и при 40 л/м<sup>2</sup> в 51 раз. Во второй ротации севооборота урожайность маслосемян на нерекультивируемых загрязненных почвах составила, по отношению к контролю, 73 %, 48 % и 25 %, что более чем в два раза выше показателей в первой ротации севооборота (32 %, 22 %, 2 %)» (Нигматуллина, Гилязов, 2021).

В третьей ротации севооборота снижение урожайности маслосемян на слабозагрязненной почве не было статистически значимым, и урожайность достигла 94 % от контрольного уровня. За период между второй и третьей ротациями относительная урожайность маслосемян также статистически значимо возросла на почвах со средним и сильным загрязнением на 21 и 16 % соответственно.

В четвертой ротации севооборота урожайность маслосемян на контрольном варианте равнялась 126 г/м<sup>2</sup>, что меньше, чем было в предыдущих ротациях. Возможно, сказалась недостаточная влагообеспеченность в июне 2019 года. В отличие от предшествующих лет, на слабо- и среднезагрязненных почвах не обнаружился рост относительной урожайности (в процентах к контролю) по сравнению с третьей ротацией. Постепенное уменьшение фитотоксичности, оцениваемой по урожайности, в четвертой ротации севооборота проявилось только на сильнозагрязненной почве и составило 47 % по отношению к контролю.

Полученные материалы указывают на то, что негативное воздействие нефтяного загрязнения на урожайность соломы ярового рапса в целом оказалось практически всхожим с данными урожая маслосемян. Судя по урожайности соломы, наиболее сильное самоочищение почвы от нефти при всех уровнях исходного загрязнения происходило за период с 2007 по 2011 гг.

«Зависимость урожайности ярового рапса от давности нефтяного загрязнения почвы при различных уровнях исходного однократного загрязнения показана на рис. 28.» (Нигматуллина, Гилязов, 2021).

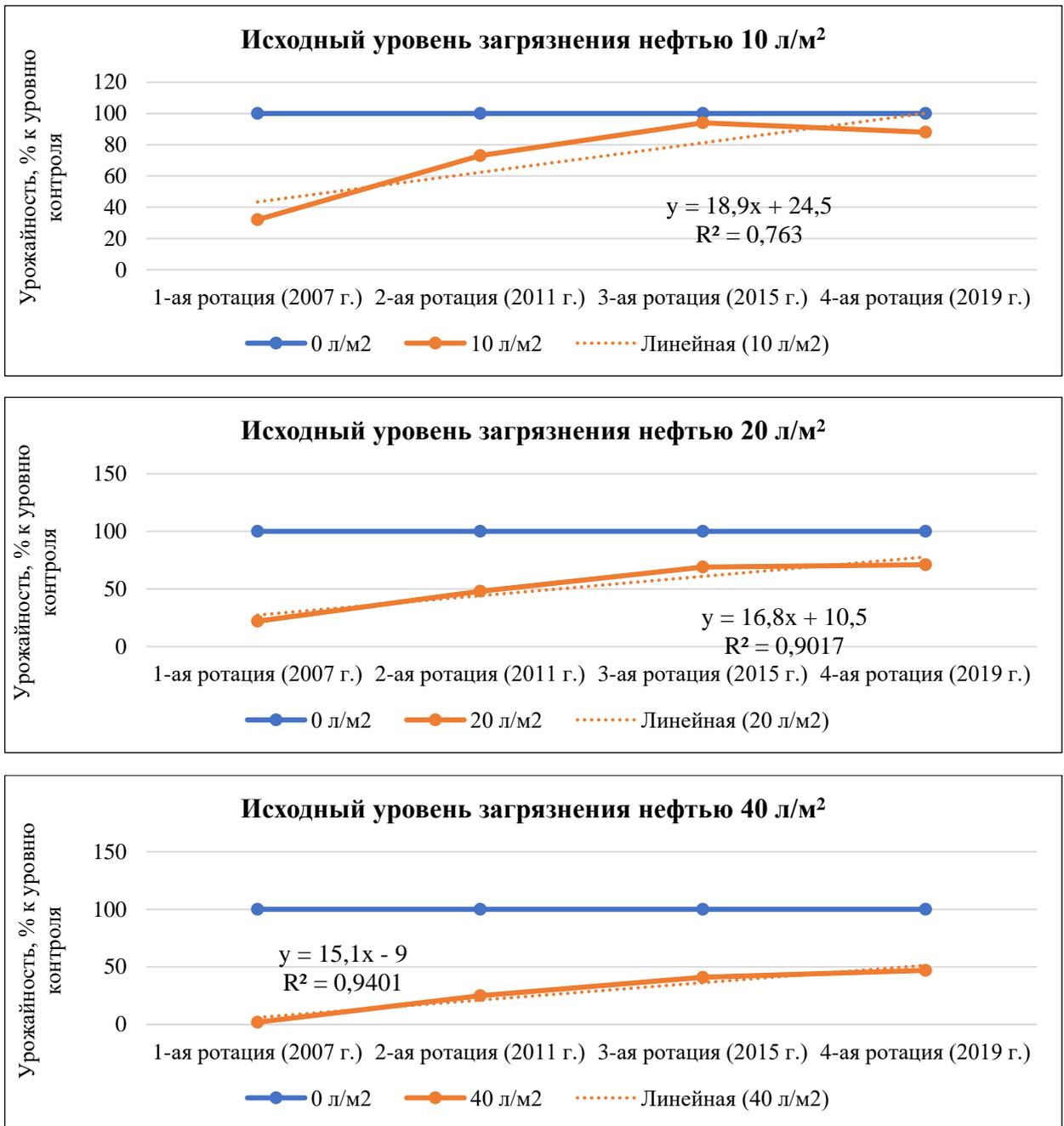


Рис. 28. Влияние нефтяного загрязнения серой лесной почвы на урожайность маслосемян ярового рапса по ротациям севооборота

«Наблюдалась тесная положительная корреляционная связь урожайности маслосемян ярового рапса с давностью загрязнения (ротации

севооборота) независимо от уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы» (Нигматуллина, Гилязов, 2021).

«Коэффициенты детерминации ( $R^2$ ) в зависимости от доз нефти, колебались в пределах от 0,763 до 0,940. Наибольшая теснота связи была обнаружена на сильнозагрязненной почве (40 л/м<sup>2</sup>). Линии тренда четко показывали постепенное снижение фитотоксичности нефтезагрязненной серой лесной почвы по мере старения загрязнения при всех уровнях исходной дозы нефти. Особенно стабильное приближение урожайности к контрольному уровню за четыре ротации севооборота наблюдалось на сильнозагрязненной почве (40 л/м<sup>2</sup>): если в первой ротации урожайность маслосемян приблизилась к нулю, то в последующих ротациях она составила соответственно 25, 41 и 47 % от контрольного уровня.

Представленные данные свидетельствуют и о наличии тесной отрицательной корреляционной связи урожайности ярового рапса с уровнем однократного нефтяного загрязнения. Так, в первой ротации севооборота (давность загрязнения 3 года), если урожайность рапса на слабозагрязненной почве (10 л/м<sup>2</sup>) составила 32 % от контрольного уровня, то на средне- и сильно загрязненных почвах – соответственно 22 и 2 %. Аналогичная, но ещё более заметная, ответная реакция растений ярового рапса на уровни нефтяного загрязнения наблюдалась на два последующих уровня загрязнения (20 и 40 л/м<sup>2</sup>). Таким образом, урожайность ярового рапса одновременно обуславливалась как уровнем исходного загрязнения, так и давностью загрязнения» (Нигматуллина, Гилязов, 2021).

В табл. 16 представлены данные, указывающие влияние однократного нефтяного загрязнения на урожайность проса по ротациям севооборота. Из данной таблицы видно, что загрязнение почвы нефтью привело к снижению урожая проса во все годы исследования. В 2008 году, то есть через четыре года после загрязнения, урожайность зерна проса снизилась к уровню фоновой почвы на 30 % при слабозагрязненной почве, на 55 % при

среднезагрязненной почве и на 86 % при сильнозагрязненной почве. Такая же закономерность наблюдалось и во второй ротации севооборота.

Таблица 16

Влияние однократного нефтяного загрязнения на урожайность  
проса по ротациям севооборота

Исходный уровень нефтяного загрязнения, л/м <sup>2</sup>	Урожайность, г/м <sup>2</sup>			
	1-ая ротация (2008 г.) *	2-ая ротация (2012 г.) *	3-ая ротация (2016 г.)	4-ая ротация (2020 г.)
Зерно				
0 (контроль)	219/100**	249/100**	187/100**	215/100**
10	153/70	196/79	179/96	211/98
20	99/45	101/41	138/74	178/83
40	31/14	60/24	97/52	131/61
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	16	12	12	17
Солома				
0 (контроль)	453/100	647/100	501/100	532/100
10	351/77	575/89	490/98	537/101
20	283/62	421/65	435/87	500/94
40	99/22	264/41	367/73	436/82
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	32	28	17	35

Прим.: \* - данные Фараховой И.З. и Равзутдинова А.Р. (261, 212); \*\* - в процентах к уровню контроля.

В третьей ротации севооборота (2016 г.) статистически достоверное снижение урожайности зерна проса на слабозагрязненной почве уже не обнаружилось. Уменьшение урожайности зерна проса по отношению к контролю на средне- и сильнозагрязненной почвах составило соответственно 26 и 48 %. Характер действия уровней нефтяного загрязнения в четвертой

ротации севооборота (2020 г.) оказался идентичным таковому третьей ротации: средняя и максимальная дозы нефти привели к достоверному снижению урожая зерна, в то время как негативное влияние минимальной дозы не проявилось.

Динамика изменения урожайности соломы проса от давности загрязнения почвы нефтью не отличалась от таковой урожайности зерна (табл. 16). В первый срок наблюдения (2008 г.) урожайность соломы проса при загрязнении почвы нефтью из расчета 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup> по сравнению с незагрязненной почвой снизилась соответственно в 1,29; 1,60 и 4,58 раза. В последующие годы урожаи соломы проса на загрязненной почве постепенно приближались к уровню урожая на контрольной почве. В последний срок наблюдения (2020 г.) урожаи соломы проса на слабо- и среднезагрязненной почвах статистически значимо не отличались от контрольного уровня, демонстрируя тем самым факт постепенного самоочищения почвы от нефти.

Следует так же отметить, что негативное влияние нефти на солому проявляется в меньшей степени, чем на зерно.

Факт постепенного роста урожайности зерна проса на загрязненной нефтью почве, особенно наглядно иллюстрируется графиками рис. 29.

Величины коэффициентов детерминации ( $R^2$ ) урожаев зерна проса на нефтезагрязненных почвах от ротации севооборота равнялись соответственно 0,929; 0,825; 0,954, что указывает на наличие чрезвычайно тесной зависимости между этими двумя показателями.

Действие трёх уровней старого нефтяного загрязнения 15 и 17 летней давности на основные элементы структуры урожая ярового рапса и яровой пшеницы иллюстрируется диаграммами рис. 30, 31 и прил. 19, 20.

Негативное влияние нефтяного загрязнения 15 - летней давности на элементы структуры урожая ярового рапса (2019 г.) было очень наглядным: «чем выше исходная доза нефти, тем сильнее снижение числа растений, числа продуктивных стручков на одно растение, числа семян в стручке и массы 1000 семян, то есть наблюдалась отрицательная корреляция».

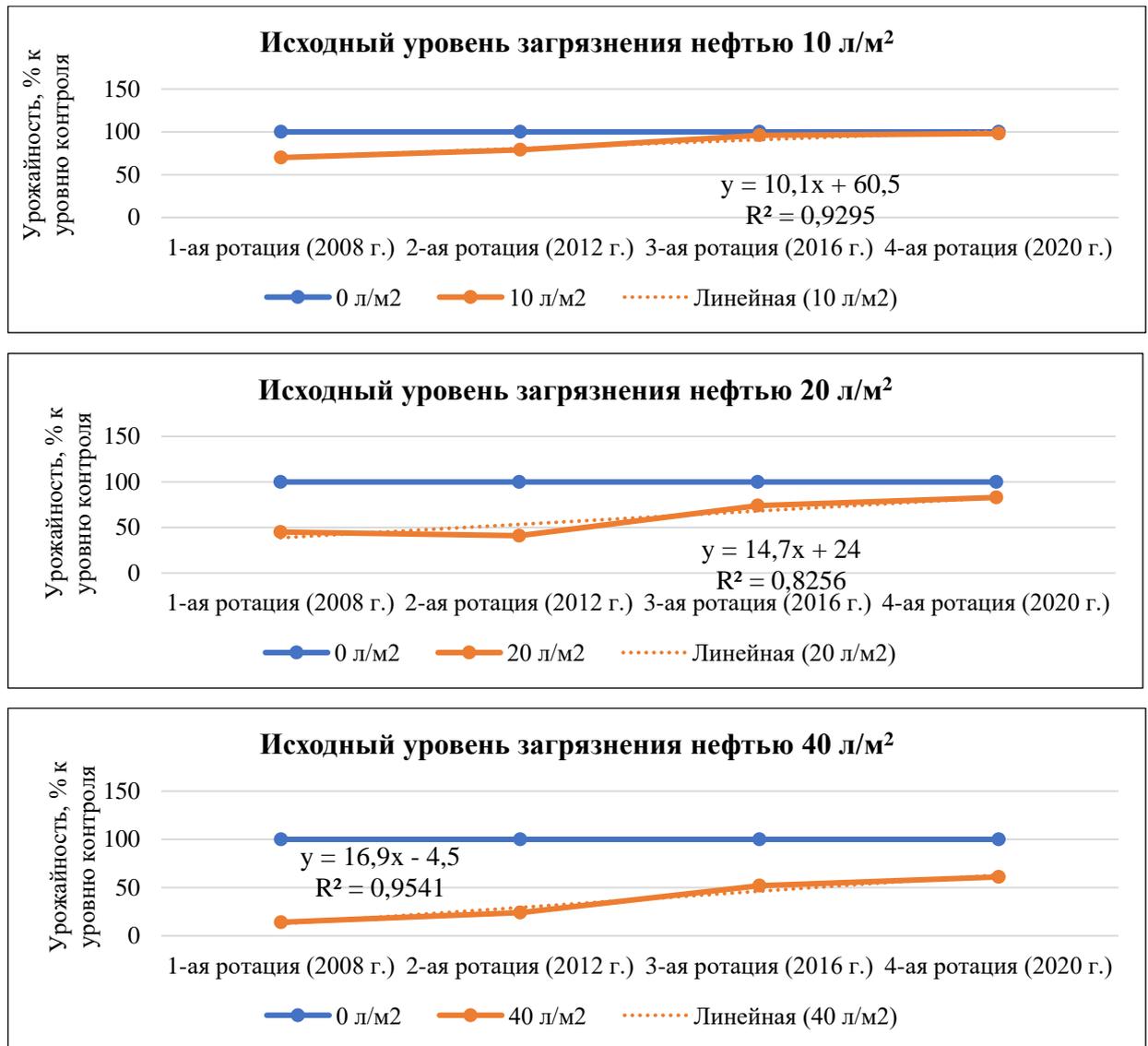


Рис. 29. Влияние нефтяного загрязнения серой лесной почвы на урожайность зерна проса по ротациям севооборота

«Несмотря на то, что под влиянием нефтяного загрязнения наблюдалось ухудшение всех элементов структуры урожая, они пострадали не в одинаковой степени. Отдельные элементы структуры урожая ярового рапса по размерам снижения от нефтяного загрязнения расположились в следующий убывающий ряд: число растений на единицу площади > число семян в стручке > число продуктивных стручков на одно растение > масса 1000 семян» (Ахметзянов, 2019).

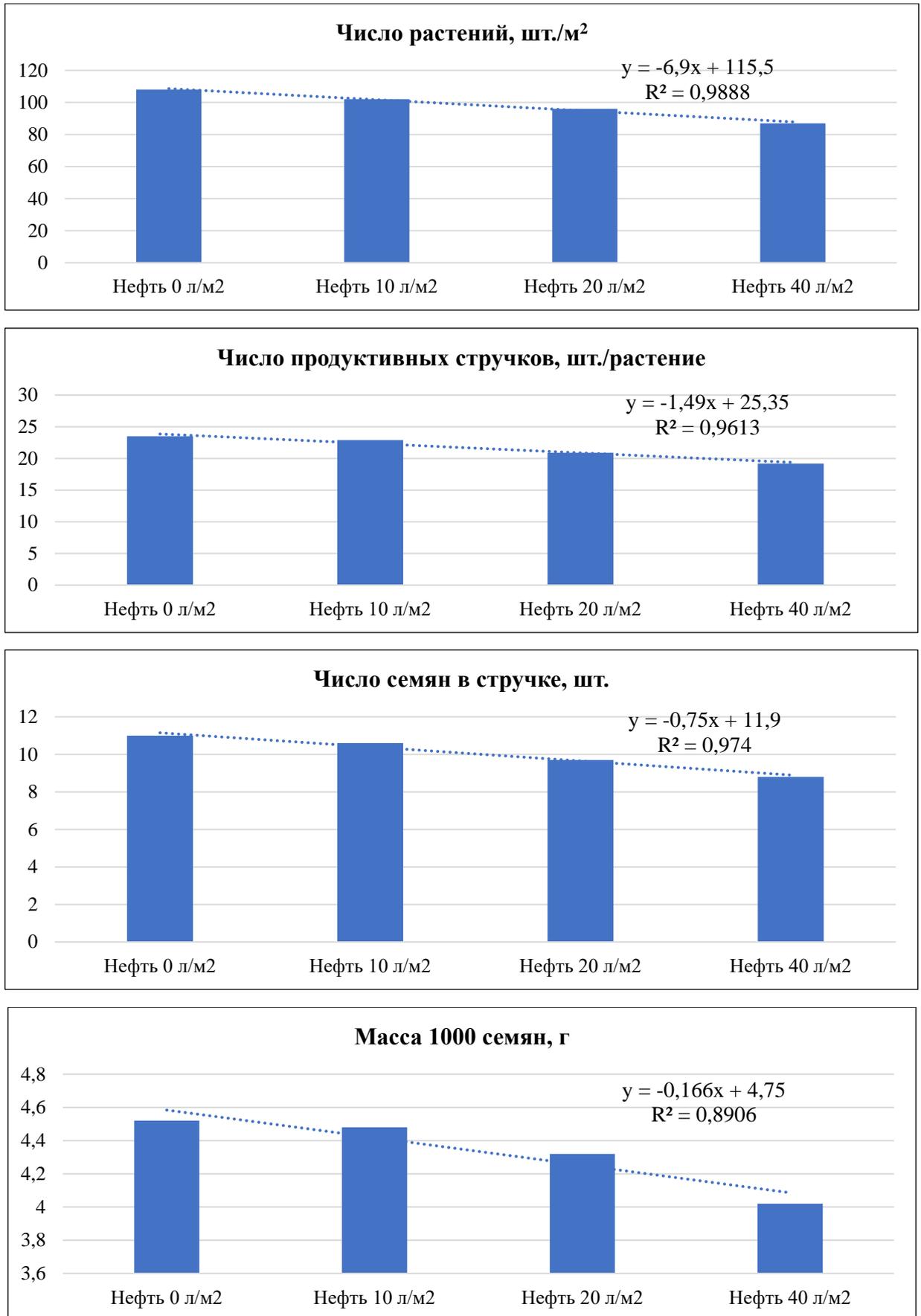


Рис. 30. Влияние уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы на элементы структуры урожая ярового рапса (2019 г.)

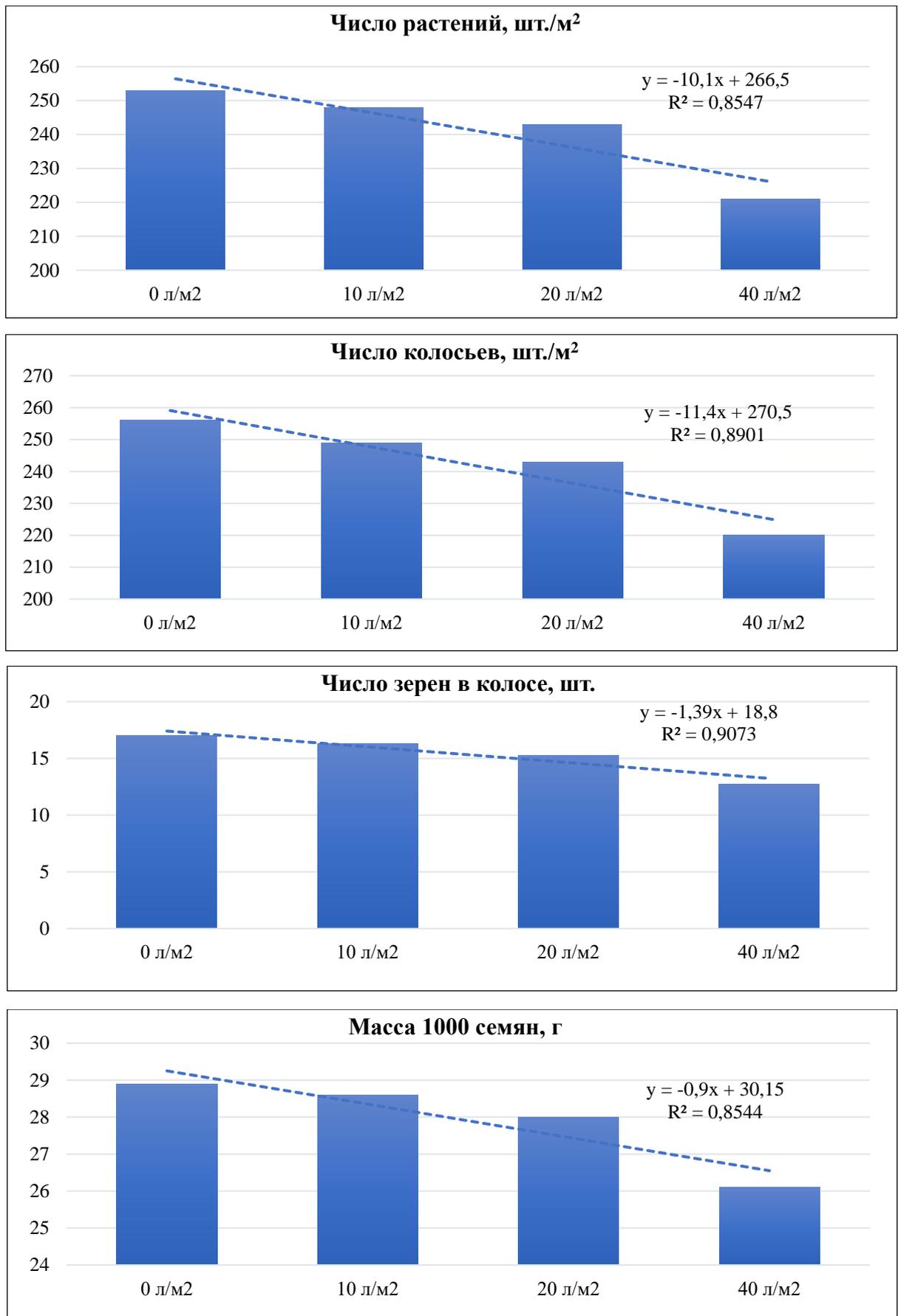


Рис. 31. Влияние уровня нефтяного загрязнения на структуру урожая яровой пшеницы в пятой ротации севооборота (2021 г.)

Такой же характер зависимости элементов структуры урожая от исходного уровня нефтяного загрязнения обнаружился через 17 лет при возделывании яровой пшеницы (2021 г.). «Анализ данных по влиянию уровня однократного нефтяного загрязнения серой лесной почвы дозами нефти 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup> на структуру урожая яровой пшеницы показал, что снижение урожайности зерна обуславливалось ухудшением всех элементов структуры урожая: числа растений и колосьев на единицу площади, числа зерен в колосе и массы 1000 зерен» (Gilyazov, Osipova, Ravzutdinov, Kuzhamberdieva, 2019).

«В зависимости от исходного уровня нефтяного загрязнения темпы снижения указанных показателей структуры урожая были различными. От минимальной дозы нефти (10 л/м<sup>2</sup>) все четыре элемента структуры урожая уменьшились примерно в одинаковой степени. От средней дозы нефти (20 л/м<sup>2</sup>) в наибольшей степени уменьшилось число растений и колосьев на единицу площади. В случае загрязнения почвы максимальной дозой нефти (40 л/м<sup>2</sup>) в наибольшей степени убавилось число зерен в колосе и число колосьев на единицу площади. При всех уровнях загрязнения почвы под действием нефти в наименьшей степени изменилась масса 1000 зерен» (Gilyazov, Osipova, Ravzutdinov, Kuzhamberdieva, 2019). Коэффициенты детерминации ( $R^2$ ) названных элементов структуры урожая яровой пшеницы от исходного уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы варьировали от 0,854 до 0,907.

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

#### ***3.4.1 Содержание основных макроэлементов в надземной массе растений, выращенных на нефтезагрязненной почве***

«Химический состав урожая является важным показателем состояния растений. Изучение химического состава растений необходимо для

установления нормативных агрохимических показателей: нормативного и хозяйственного выноса, коэффициентов использования питательных элементов из почвы и удобрений» (Минеев, 2004).

«Главными питательными макроэлементами, которые оказывают наибольшее влияние на урожайность и качество урожая большинства сельскохозяйственных культур, являются: азот, фосфор и калий» (Ягодин и др., 2003; Фарахова, 2009; Кидин, Торшин, 2016).

Информация о влиянии нефтяного загрязнения на химический состав растений ничтожно мало. Лишь некоторые исследователи в своих работах писали о том, что выращенные растения на нефтезагрязненных почвах могут накапливать полициклические ароматические углеводороды (Гапонюк, 1977; Орлов, 1979; Simonich, Hites, 1994, 1995; Мотузова, Карпова, 2013). По данным Н.А. Киреевой и др. (2006) при высоких дозах нефти в почве снижается у яровой пшеницы сумма хлорофиллов, тем самым усугубляется состояние растений, а также снижается общее содержание белка в зерне с ростом концентрации поллютанта.

Действие уровня и давности нефтяного загрязнения на содержание основных макроэлементов в растениях ячменя, ярового рапса, проса и яровой пшеницы дано в табл. 17-20 и прил. 21-24 (указаны НСР<sub>05</sub> за 2018-2021 гг. в случаях  $F_{\phi} > F_{05}$ ).

Характер влияния уровня и давности нефтяного загрязнения на содержание основных макроэлементов в зерне и соломе ярового ячменя в 2006 и 2018 гг. демонстрируется данными табл. 17.

Данные 2006 года (давность загрязнения 2 года) свидетельствуют о том, что «направленность действия двух уровней загрязнения на содержание изучаемых макроэлементов в генеративной и вегетативной части урожая оказалась противоположной. Под действием слабого и среднего уровня загрязнения содержание всех трех макроэлементов в соломе увеличилось, а на их содержание в зерне эти уровни загрязнения воздействовали в полярных направлениях. Так, если содержание общего азота в соломе от слабого и

среднего уровня загрязнения повысилось соответственно в 1,14 и 1,21 раза, то в зерне наблюдалось снижение в 1,11 раза от слабого и повышение в 1,14 раза - от среднего уровня загрязнения» (Фарахова, 2009).

Таблица 17

Влияние уровня и давности нефтяного загрязнения серой лесной почвы на содержание азота, фосфора и калия в растениях ярового ячменя

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Зерно			Солома		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Давность загрязнения 2 года (2006 г.) *						
0 (контроль)	<u>1,96**</u> 100	<u>0,74</u> 100	<u>0,68</u> 100	<u>0,43</u> 100	<u>0,16</u> 100	<u>1,12</u> 100
10	<u>1,76</u> 90	<u>0,69</u> 93	<u>0,57</u> 84	<u>0,49</u> 114	<u>0,17</u> 106	<u>1,34</u> 120
20	<u>2,24</u> 114	<u>0,78</u> 105	<u>0,80</u> 118	<u>0,52</u> 121	<u>0,18</u> 113	<u>1,52</u> 136
40	_***	-	-	-	-	-
НСР <sub>05</sub>	0,10	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	0,05	0,04	0,02	0,08
Давность загрязнения 14 лет (2018 г.)						
0 (контроль)	<u>2,35**</u> 100	<u>0,78</u> 100	<u>0,64</u> 100	<u>0,54</u> 100	<u>0,15</u> 100	<u>1,09</u> 100
10	<u>2,36</u> 100	<u>0,79</u> 101	<u>0,66</u> 103	<u>0,57</u> 106	<u>0,16</u> 107	<u>1,12</u> 103
20	<u>2,40</u> 102	<u>0,79</u> 101	<u>0,67</u> 105	<u>0,55</u> 102	<u>0,16</u> 107	<u>1,11</u> 102
40	<u>2,39</u> 102	<u>0,81</u> 104	<u>0,68</u> 106	<u>0,60</u> 111	<u>0,16</u> 107	<u>1,18</u> 108
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	0,04	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	0,06

Прим.: \* - данные Фараховой И.З (261); \*\* - в числителе содержание в процентах на абсолютно сухой вес, в знаменателе - в процентах к контролю; \*\*\* - полная гибель растений.

«В вегетативной части урожая ячменя размеры изменений в содержании всех изученных макроэлементов оказались более значительными, чем в зерне. Например, содержание общего калия в зерне в случае загрязнения почвы из

расчета 20 л/м<sup>2</sup> увеличилось в 1,18 раза, в то время как повышение концентрации этого элемента в соломе по отношению к контролю составило 1,36 раза. Из трех изученных макроэлементов под действием нефтяного загрязнения более заметно изменилась концентрация калия, в меньшей степени – содержание фосфора» (Фарахова, 2009). Действие старого нефтяного загрязнения (давность загрязнения 14 лет) на содержание основных макроэлементов в растениях ярового ячменя демонстрируется данными 2018 г. «Общее содержание азота, фосфора и калия в зерне, выращенном на незагрязненной почве, составило соответственно 2,35; 0,78 и 0,64 %. Как видно, содержание азота оказалось больше фосфора и калия в 3,01 и 3,67 раза. Совершенно иное соотношение питательных элементов наблюдается в соломе ярового ячменя, где больше всего содержится калия (1,09 %). По сравнению с калием, азота и фосфора в соломе обнаружилось меньше соответственно в 2,02 и 7,27 раза. Старое нефтяное загрязнение достоверного влияния на химический состав зерна не оказало ( $F_{\phi} < F_{05}$ ). Состав соломы ячменя под действием старого нефтяного загрязнения несколько изменился: в соломе ячменя, полученной на нефтезагрязненной почве, обнаружилось статистически значимое превышение контрольного уровня содержания азота и калия от максимальной дозы нефти (40 л/м<sup>2</sup>). Можно предположить, что задержка накопления органических веществ растениями под действием нефтяного загрязнения оказалась более значимой, чем подавление процессов поглощения указанных питательных веществ из почвы» (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019).

Содержание основных макроэлементов в растениях ярового рапса в 2019 году дано в табл. 18. Характер действия старого нефтяного загрязнения на химический состав растений ярового рапса несколько отличается от такового на ячмень: если в растениях ячменя под действием нефтяного загрязнения происходило слабое повышение содержания всех трёх элементов, то в рапсе только калия при одновременном снижении

содержания азота и фосфора. Причем, отмеченные изменения математически достоверными были лишь отчасти (азот в соломе и зерне, калий в соломе).

Таблица 18

Влияние нефтяного загрязнения\* серой лесной почвы на содержание общего азота, фосфора и калия в растениях ярового рапса (2019 г.)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Маслосемена			Солома		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
0 (контроль)	<u>3,32**</u> 100	<u>1,76</u> 100	<u>0,92</u> 100	<u>0,64</u> 100	<u>0,27</u> 100	<u>0,97</u> 100
10	<u>3,36</u> 101	<u>1,74</u> 99	<u>0,92</u> 100	<u>0,61</u> 95	<u>0,25</u> 93	<u>1,03</u> 106
20	<u>3,12</u> 94	<u>1,69</u> 96	<u>0,96</u> 104	<u>0,57</u> 89	<u>0,24</u> 89	<u>1,07</u> 110
40	<u>2,92</u> 88	<u>1,62</u> 92	<u>0,94</u> 102	<u>0,55</u> 86	<u>0,23</u> 85	<u>1,10</u> 113
НСР <sub>05</sub>	0,09	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	0,06	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	0,08

Прим.: \* - давность загрязнения 15 лет; \*\* - в числителе абсолютные значения в процентах, в знаменателе – относительные значения в процентах к уровню контроля (незагрязненной почвы).

Содержание общего азота, фосфора и калия в растениях проса в 2020 году приведено в табл. 19. Старое нефтяное загрязнение с давностью загрязнения 16 лет, независимо от исходного уровня загрязнения серой лесной почвы, статистически значимого влияния на содержание в зерне проса общего азота, фосфора и калия не оказало. Некоторое воздействие загрязнения почвы отразилось лишь на химическом составе соломы проса, и оно обуславливалось исходным уровнем нефтяного загрязнения. В соломе проса, выращенного на слабозагрязненной почве (10 л/м<sup>2</sup>), содержание изученных макроэлементов не отличалось от контрольного уровня. На средне- и сильнозагрязненных почвах (20 и 40 л/м<sup>2</sup>) обнаружилось статистически значимые изменения в содержании азота и калия. Причем, эти

изменения оказались разновекторными: если содержание общего азота в соломе снизилось, то калия, наоборот, повысилось. Содержание общего фосфора в соломе под влиянием старого нефтяного загрязнения не изменилось.

Таблица 19

Влияние нефтяного загрязнения\* серой лесной почвы на содержание общего азота, фосфора и калия в растениях проса (2020 г.)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Зерно			Солома		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
0 (контроль)	<u>1,81**</u> 100	<u>0,70</u> 100	<u>0,55</u> 100	<u>0,76</u> 100	<u>0,17</u> 100	<u>1,53</u> 100
10	<u>1,85</u> 102	<u>0,69</u> 99	<u>0,56</u> 102	<u>0,72</u> 95	<u>0,17</u> 100	<u>1,53</u> 100
20	<u>1,72</u> 95	<u>0,70</u> 100	<u>0,58</u> 105	<u>0,65</u> 86	<u>0,16</u> 94	<u>1,64</u> 107
40	<u>1,74</u> 96	<u>0,68</u> 97	<u>0,55</u> 100	<u>0,66</u> 87	<u>0,17</u> 100	<u>1,70</u> 111
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	0,09	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	0,10

Прим.: \*- давность загрязнения 16 лет; \*\* - в числителе абсолютные значения в процентах, в знаменателе – в процентах к уровню контроля.

Содержание общего азота, фосфора и калия в растениях яровой пшеницы в зависимости от уровня и давности нефтяного загрязнения серой лесной почвы показано в табл. 20.

В 2005 г. на вариантах опыта со средним и сильным уровнем нефтяного загрязнения (20 и 40 л/м<sup>2</sup>) годичной давности яровая пшеница погибла, а урожайность на слабозагрязненной почве, как было отмечено выше (табл. 13), снизилась по отношению к контролю более чем в два раза. В этот срок наблюдения «достоверное повышение под действием нефтяного загрязнения фиксируется только в отношении общего калия. При этом увеличение концентрации калия в вегетативной части урожая оказалось более заметной,

чем в зерне. Изменения в содержании общего азота и фосфора, как в зерне, так и в соломе были статистически не существенными» (Фарахова, 2009).

В 2021 году на фоновой почве содержание общего азота, фосфора и калия в зерне и соломе яровой пшенице составило соответственно 2,66 и 0,65; 0,92 и 0,26; 0,79 и 1,05 %, что несколько выше, чем в первой ротации севооборота в 2005 г.

Таблица 20

Содержание общего содержания азота, фосфора и калия в растениях яровой пшеницы в зависимости от уровня и давности нефтяного загрязнения

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Зерно			Солома		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Давность загрязнения 1 год (2005 г.) *						
0 - контроль	<u>2,44**</u> 100	<u>0,77</u> 100	<u>0,55</u> 100	<u>0,57</u> 100	<u>0,21</u> 100	<u>1,02</u> 100
10	<u>2,31</u> 95	<u>0,80</u> 104	<u>0,60</u> 109	<u>0,58</u> 102	<u>0,21</u> 100	<u>1,13</u> 111
20	-***	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	0,04	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	0,11
Давность загрязнения 17 лет (2021 г.)						
0 - контроль	<u>2,66</u> 100	<u>0,92</u> 100	<u>0,79</u> 100	<u>0,65</u> 100	<u>0,26</u> 100	<u>1,05</u> 100
10	<u>2,62</u> 98	<u>0,95</u> 103	<u>0,80</u> 101	<u>0,68</u> 105	<u>0,26</u> 100	<u>1,04</u> 99
20	<u>2,80</u> 105	<u>0,94</u> 102	<u>0,83</u> 105	<u>0,70</u> 108	<u>0,28</u> 108	<u>1,14</u> 109
40	<u>2,80</u> 105	<u>0,96</u> 104	<u>0,83</u> 105	<u>0,71</u> 109	<u>0,27</u> 104	<u>1,16</u> 110
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	0,05	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	0,09

Прим.: \* - данные Фараховой И.З. (261); \*\* - в числителе содержание в процентах на абсолютно сухой вес, в знаменателе - в процентах к контролю; \*\*\* - полная гибель растений.

На старозагрязненной почве (давность загрязнения 17 лет) обнаружилась слабая тенденция повышения содержания общего содержания

питательных элементов, как в зерне, так и соломе яровой пшеницы, хотя статистически достоверными были лишь изменения азота и калия в составе соломы при исходном уровне среднего и сильного загрязнения.

Таким образом, под влиянием нефтяного загрязнения различной давности (1-17 лет) и исходного уровня (10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup>) содержание основных макроэлементов (азот, фосфор, калий) в надземной части изученных сельскохозяйственных культур 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). По мере старения нефтяного загрязнения содержание общего азота, фосфора и калия как основной, так и побочной части урожая испытанных культур (яровой ячмень, рапс, проса, пшеница) постепенно приближалось к уровню на незагрязненной (контрольной) почве. На наш взгляд, изменения в химическом составе растений под влиянием нефтяного загрязнения могут быть объяснены «неодинаковым влиянием нефтяных веществ на процессы накопления сухого вещества растений и поглощения ими отдельных питательных элементов» (Осипова, 2018).

### ***3.4.2 Хозяйственный и нормативный вынос, коэффициенты использования растениями основных макроэлементов на нефтезагрязненной почве***

Влияние нефтяного загрязнения на базовые нормативные агрохимические показатели – хозяйственный и нормативный вынос, коэффициенты использования питательных элементов почвы рассмотрим на примере яровой пшеницы, которая возделывалась в 2017 и 2021 годах.

«Хозяйственный вынос – количество того или иного вещества, отчуждаемого с единицы земельной площади с основной и побочной

продукцией сельскохозяйственной культуры. В отличие от биологического выноса хозяйственный вынос не включает вещества, остающиеся на поле в составе корневых и пожнивных остатков. Хозяйственный вынос является основополагающим нормативным показателем, необходимым для определения норм удобрений» (Минеев, 2004). «Величина хозяйственного выноса устанавливается исходя из урожайности основной и побочной продукции, процентного содержания в них влаги и искомого вещества» (Осипова, 2018).

В табл. 21 показаны величины выноса азота, фосфора и калия яровой пшеницей в составе зерна и соломы, которые сильно различались в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы нефтью.

Таблица 21

Действие уровня и давности нефтяного загрязнения серой лесной почвы на вынос основных питательных элементов в составе зерна и соломы яровой пшеницы

Уровень загрязнения почвы нефтью, л/м <sup>2</sup>	Давность загрязнения					
	13 лет (2017 г.)			17 лет (2021 г.)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Вынос зерном, кг/га						
0 – контроль	46,6	18,1	14,6	28,8	10,0	8,6
10	42,0	16,3	13,1	26,1	9,5	8,0
20	35,8	13,9	11,5	25,0	8,4	7,4
40	22,1	8,6	7,1	17,6	6,0	5,2
Вынос соломой, кг/га						
0 – контроль	9,1	3,5	19,9	7,5	3,0	12,1
10	8,5	3,3	18,5	7,7	2,9	11,7
20	8,0	3,3	17,9	7,3	2,9	11,8
40	5,3	2,1	11,8	5,5	2,1	9,1

Исходные данные, необходимые для расчета хозяйственного выноса питательных элементов, даны в табл. 13 (урожайность), 20 (процентное содержание питательных элементов в растениях) и прил. 25.

Выносы в составе зерна яровой пшеницы основных питательных элементов в 2017 году на незагрязненной почве составил: азота – 46,6 кг/га; фосфора – 18,1 кг/га, калия – 14,6 кг/га. Под влиянием испытанных доз нефти (10-40 л/м<sup>2</sup>) вынос с зерном основных питательных элементов снизился по сравнению с контролем примерно в 1,11-2,10 раза и данное снижение было тем заметнее, чем больше доза нефти.

Такая же закономерность наблюдалось и по отношению выноса основных питательных элементов с соломой яровой пшеницы. Выносы азота, фосфора и калия в составе соломы под влиянием нефтяного загрязнения уменьшились по отношению к контролю в 1,07-1,70 раза, то есть снижение выноса основных питательных элементов в составе соломы яровой пшеницы было чуть слабее, чем снижение выносов в составе зерна.

Характер влияния нефтяного загрязнения на вынос основных питательных элементов в составе зерна и соломы яровой пшеницы, выращенной через 17 лет после загрязнения, существенно не отличался от характера воздействия нефтяного загрязнения 13-летней давности: рост уровня нефтяного загрязнения приводил к снижению величин выноса питательных элементов, правда размеры снижения оказались слабее предыдущего срока наблюдения. Так, максимальная кратность снижения выноса азота в составе зерна и соломы от наибольшей дозы нефти (40 л/м<sup>2</sup>) в 2021 г. составила по отношению к контролю соответственно 1,64 и 1,36.

Итак, по сравнению с соломой, вынос трех основных макроэлементов в составе зерна яровой пшеницы под действием нефтяного загрязнения давностью 13 и 17 лет изменился несколько заметнее. Действие влияния уровня и давности нефтяного загрязнения серой лесной почвы на вынос основных питательных элементов в составе зерна и соломы яровой пшеницы, происшедшего 13 лет и 17 лет тому назад показали, что азот и

фосфор в основном были отчуждены в составе зерна, а калий в составе соломы.

«Суммируя вынос того или иного питательного элемента, отчуждаемого в составе основной и побочной продукции, находим величину хозяйственного выноса» (Осипова, 2018). Величины хозяйственного выноса азота, фосфора и калия яровой пшеницей в 2017 и 2021 гг. приведены в табл. 22. Размеры хозяйственных выносов основных питательных элементов яровой пшеницей, выращенной спустя 13 и 17 лет после загрязнения почвы нефтью, существенно различались по вариантам опыта.

Таблица 22

Действие уровня и давности нефтяного загрязнения серой лесной почвы на хозяйственный и нормативный вынос основных питательных элементов яровой пшеницей

Уровень загрязнения почвы нефтью, л/м <sup>2</sup>	Давность загрязнения					
	13 лет (2017 г.)			17 лет (2021 г.)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Хозяйственный вынос, кг/га						
0 - контроль	55,7	21,6	34,5	36,3	13,0	20,7
10	50,5	19,6	31,6	33,8	12,4	19,7
20	43,8	17,2	29,4	32,3	11,3	19,2
40	27,4	10,7	18,9	23,1	8,1	14,3
Нормативный вынос, кг/т						
0-контроль	<u>23,0</u> 100	<u>8,9</u> 100	<u>14,3</u> 100	<u>28,8</u> 100	<u>10,3</u> 100	<u>16,4</u> 100
10	<u>23,5</u> 102	<u>8,9</u> 100	<u>14,7</u> 103	<u>29,1</u> 101	<u>10,7</u> 104	<u>17,0</u> 104
20	<u>24,2</u> 105	<u>9,5</u> 107	<u>16,2</u> 113	<u>31,1</u> 108	<u>10,9</u> 106	<u>18,5</u> 113
40	<u>24,7</u> 107	<u>9,6</u> 108	<u>17,0</u> 119	<u>31,6</u> 110	<u>11,1</u> 108	<u>19,6</u> 120

Через 13 лет после загрязнения по отношению к контролю хозяйственный вынос основных питательных элементов яровой пшеницей на слабо-, средне- и сильнозагрязненных почвах уменьшился соответственно в 1,09-1,10; 1,17-1,27 и 1,83-2,03 раза. Под действием нефтяного загрязнения относительно слабее снизился хозяйственный вынос калия.

Примерно аналогичным образом действовали уровни нефтяного загрязнения на величины хозяйственных выносов азота, фосфора и калия и в последний срок наблюдения (2021 г.). Отличие состояло лишь в том, что масштабы снижения хозяйственных выносов от возрастающих доз нефтяного загрязнения по отношению к контролю оказались менее весомыми. Например, на сильнозагрязненной почве (40 л/м<sup>2</sup>) хозяйственные выносы азота, фосфора и калия по отношению к значениям контрольного варианта опыта снизились соответственно в 1,57; 1,60 и 1,45 раза, в то время как в предыдущей ротации севооборота кратность снижения составила 2,03; 2,02 и 1,83.

Таким образом, под действием старого нефтяного загрязнения (давность загрязнения 13 и 17 лет) хозяйственные выносы яровой пшеницей основных питательных элементов снизились несмотря на то, что процентное содержание элементов в растениях на нефтешагрязненной почве несколько повысилось. Другими словами, уменьшение хозяйственного выноса яровой пшеницей на нефтешагрязненной почве, по сравнению с контролем, произошло только за счет снижения урожайности. Примерно к такому выводу мы пришли и при изучении хозяйственных выносов яровым ячменем (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019). Обнаружилось достаточно заметная зависимость между уровнем и давностью загрязнения почвы нефтью с одной стороны и размерами хозяйственных выносов азота, фосфора и калия с другой стороны.

«Нормативный вынос – это тот же хозяйственный вынос, но в расчете не на единицу площади, а на единицу основной и соответствующее количество побочной продукции, обычно измеряется кг/т. Этот

агрохимический показатель очень важен для практики применения удобрений, поскольку на нем базируется методология расчета потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях» (Гилязов и др., 2017).

В 2017 г. нормативные выносы азота, фосфора и калия яровой пшеницей на незагрязненной почве равнялись соответственно 23; 8,9 и 14,3 кг/т (табл. 22). Под влиянием нефтяного загрязнения размеры нормативного выноса всех трёх питательных элементов заметно возросли, причем в достаточно тесной положительной зависимости от возрастающих доз нефти. На нефтезагрязненных почвах особенно значимо увеличился нормативный вынос калия. Так, если от максимальной дозы нефти (40 л/м<sup>2</sup>) нормативные выносы азота и фосфора увеличились, по отношению к контролю, в 1,07 и 1,08 раза, то калия – в 1,19 раз.

Характер влияния нефтяного загрязнения на размеры нормативных выносов азота, фосфора и калия пшеницей практически не изменился и по происшествии 17 лет после загрязнения. Испытанные дозы нефти (10-40 л/м<sup>2</sup>) привели к увеличению нормативного выноса основных питательных элементов яровой пшеницей. В случае загрязнения почвы минимальной дозой нефти (10 л/м<sup>2</sup>) нормативные выносы азота, фосфора и калия по отношению к контролю увеличились на 0,3; 0,4 и 0,6 кг/т соответственно. При уровнях загрязнения нефтью 20 и 40 л/м<sup>2</sup> увеличение нормативных выносов азота, фосфора, калия яровой пшеницей составило соответственно 2,3 и 2,8; 0,6 и 0,8; 2,1 и 3,2. Увеличение нормативного выноса питательных элементов указывает, что нефть даже спустя 13 и 17 лет после однократного загрязнения почвы дозами 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup> привело к росту расхода питательных элементов для создания единицы урожая.

Вместе с тем следует отметить, что нормативный вынос питательных элементов подвержен значительным колебаниям под воздействием многих факторов. Именно об этом свидетельствуют величины нормативных выносов азота, фосфора и калия пшеницей на незагрязненной почве в 2017 и 2021 гг. Как видно, в последний срок наблюдения нормативные выносы

азота, фосфора и калия оказались больше аналогичных величин в 2017 г. соответственно в 1,25; 1,16 и 1,15 раза.

Действие уровня и давности нефтяного загрязнения на коэффициенты использования основных питательных элементов серой лесной почвы яровой пшеницей иллюстрируется данными табл. 23.

«Коэффициенты использования питательных элементов яровой пшеницей из серой лесной почвы рассчитаны путем деления хозяйственных выносов на почвенные запасы их доступных форм в пахотном слое» (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019).

Таблица 23

Действие уровня и давности нефтяного загрязнения на коэффициенты использования основных питательных элементов серой лесной почвы яровой пшеницей

Уровень загрязнения почвы, л/м <sup>2</sup>	Давность загрязнения					
	13 лет (2017 г.) *			17 лет (2021 г.) **		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0-контроль	<u>0,844</u> 100	<u>0,059</u> 100	<u>0,091</u> 100	<u>0,558</u> 100	<u>0,036</u> 100	<u>0,055</u> 100
10	<u>0,765</u> 91***	<u>0,053</u> 90	<u>0,084</u> 92	<u>0,520</u> 93	<u>0,034</u> 94	<u>0,053</u> 96
20	<u>0,664</u> 79	<u>0,047</u> 80	<u>0,078</u> 86	<u>0,497</u> 89	<u>0,031</u> 86	<u>0,051</u> 93
40	<u>0,415</u> 49	<u>0,029</u> 49	<u>0,050</u> 55	<u>0,355</u> 64	<u>0,022</u> 61	<u>0,038</u> 69

Прим.: \* - запасы подвижных форм азота, фосфора и калия в пахотном слое контрольной почвы соответственно равны 66, 369 и 378 кг/га;

\*\* - запасы подвижных форм азота, фосфора и калия в пахотном слое контрольной почвы соответственно равны 65, 363 и 375 кг/га;

\*\*\* - в процентах к уровню контроля.

Запасы подвижных форм азота, фосфора, калия в пахотном слое почвы составили соответственно 66; 369; 378 кг/га (2017 г.) и 65; 363; 375 кг/га (2021 г.). На незагрязненной почве, взятой в качестве контроля, коэффициенты использования яровой пшеницей, давностями загрязнения 13 и 17 лет, минерального азота, подвижных форм фосфора и калия равнялись соответственно 0,844; 0,059 и 0,091 и 0,558; 0,036 и 0,055. Нефтяное загрязнение привело к снижению коэффициентов использования из почвы минерального азота, подвижных форм фосфора и калия. Причем, размеры этих снижений достаточно заметно коррелировались с уровнем и давностью загрязнения. По мере старения загрязнения данное снижение несколько ослабло. Так, в 2017 году (давность загрязнения 13 лет) коэффициенты использования минерального азота почвы яровой пшеницей по отношению к контролю на слабо-, средне- и сильнозагрязненных почвах снизились соответственно на 9, 21 и 51 %. В последний срок наблюдения (2021 г.) аналогичное снижение коэффициентов использования минерального азота в зависимости от уровня загрязнения составило 7, 11 и 26 %, то есть несколько меньше, чем 4 года тому назад.

### **3.5 Агрономическая и экономическая эффективность испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы**

#### ***3.5.1 Влияние реабилитационных приемов на поражаемость растений болезнями***

Нефтяное загрязнение помимо прямого негативного воздействия на почвенную экосистему способно оказывать и трансбиотическое негативное влияние посредством накопления токсичных фитопатогенных грибов, которые являются возбудителями болезней многих культур.

На нефтезагрязненных почвах в видовом составе микроскопических грибов доминирующие позиции занимают сильные токсинообразователи и

различные возбудители болезней культурных растений. Значительный интерес представляет мониторинг распространенности грибных болезней растений на нефтезагрязненных почвах и разработка способов снижения заболеваемости растений (Киреева и др., 2000; Назаров, 2000; Иларионов и др., 2003).

Нами сделана попытка оценить эффективность испытанных приемов реабилитации восстановления плодородия нефтезагрязненной почвы по распространенности и развитию болезней растений. В качестве приемов реабилитации, как уже отмечалось выше (глава 2), «мы использовали механическую обработку почвы (рыхление), известкование, внесение минеральных удобрений, биогумуса и биопрепарата Байкал ЭМ-1» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019).

Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие полосатой пятнистости листьев ячменя иллюстрируется рис. 32 и данными прил.26.

Как видно, самым действенным приемом, позволившим уменьшить распространенность и развитие полосатой пятнистости листьев ячменя, оказался внесение полного минерального удобрения в сочетании с рыхлением почвы и известкованием. Данный вариант реабилитации уменьшил распространенность и развитие болезни, по сравнению с загрязненной почвой, соответственно в 2,30 и 3,53 раза, благодаря чему пораженность растений полосатой пятнистостью снизилась до контрольного уровня. Варианты реабилитации с применением биогумуса и биопрепарата также статистически значимо снизили поражаемость растений данной болезнью, однако существенно уступали варианту с применением минеральных удобрений. Так, в случае использования биогумуса распространенность и развитие болезни были соответственно на 5,8 и 4,1 % выше, чем при использовании минеральных удобрений. Варианты с использованием биогумуса и биопрепарата Байкал ЭМ-1 между собой по влиянию на распространенность и развитие болезни существенно не

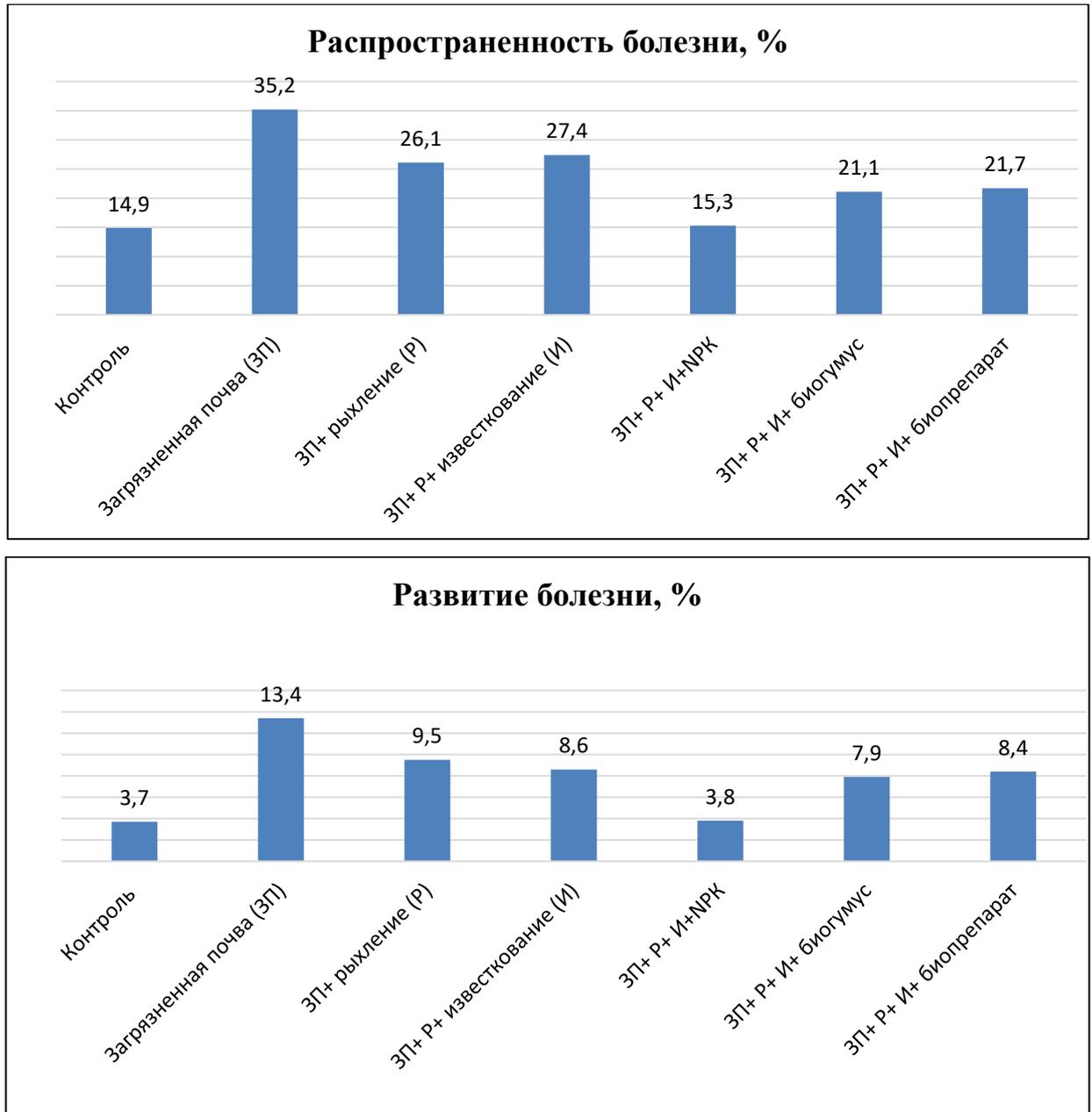


Рис. 32. Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие полосатой пятнистости листьев на растениях ярового ячменя (2018 г.)

различались.

Рыхление почвы значительно снизило распространенность болезни, но его влияние на развитие болезни было в пределах ошибки опыта. Действие известкования на данное заболевание ячменя оказалось не существенным.

Еще более значимым было преимущество полного минерального удобрения, внесенного на фоне рыхления и известкования, на поражаемость

растений ярового ячменя стеблевой ржавчиной злаковых культур (рис. 33, прил. 27). Распространённость и развитие данной болезни на растениях ярового ячменя под действием этого варианта реабилитации снизились, по отношению к контролю, соответственно в 4,22 и 5,17 раза. Особенно заметным было преимущество минеральных удобрений, по сравнению с биогумусом и биопрепаратом, в отношении снижения распространённости болезни: распространённость стеблевой ржавчины в случае внесения минеральных удобрений оказалась в 1,8-2,0 раза меньше, чем при использовании биогумуса и биопрепарата.

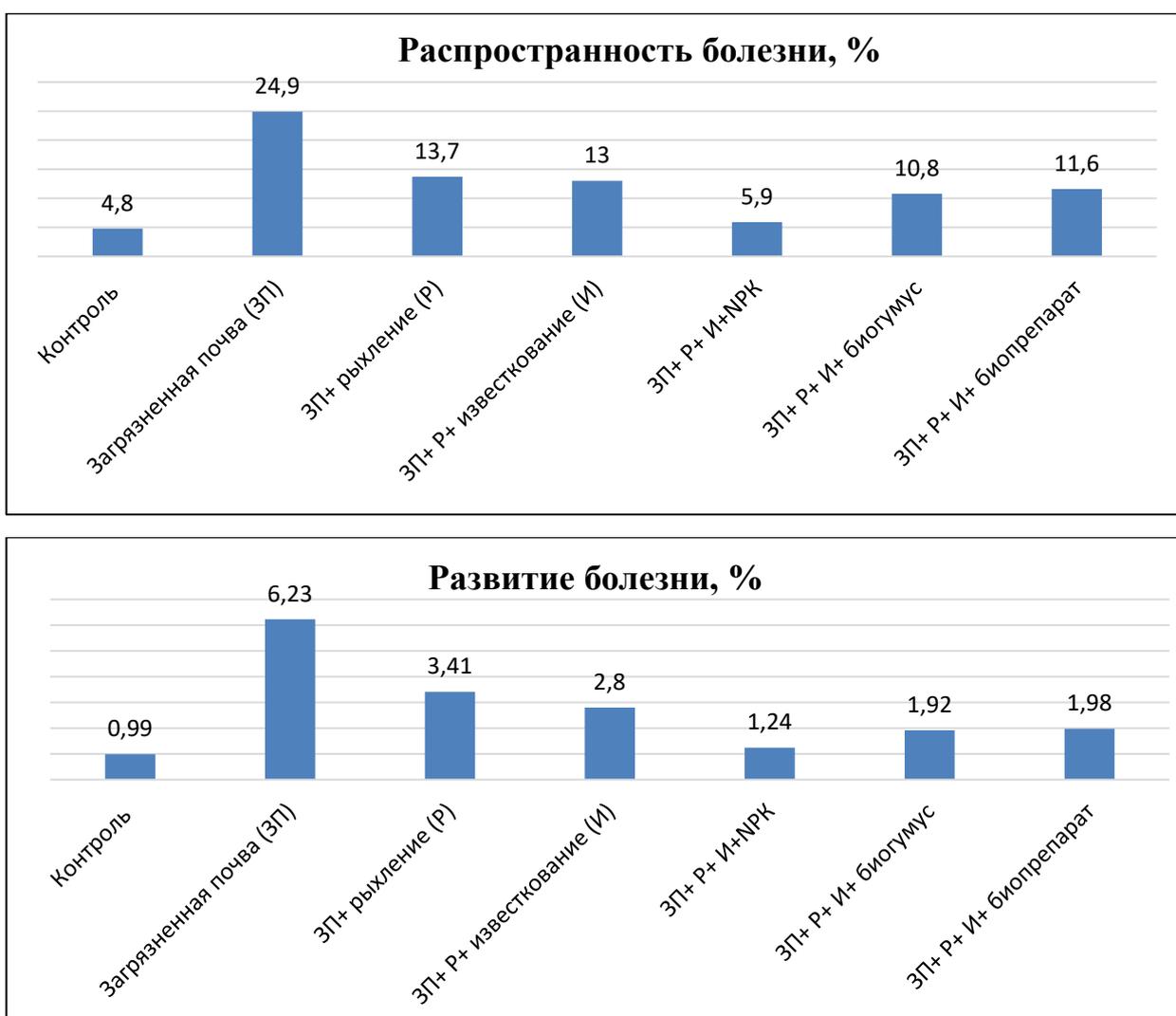


Рис. 33. Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространённость и развитие стеблевой ржавчины на растениях ярового ячменя (2018 г.)

Данные рис. 34, прил. 28 демонстрируют рост по отношению к контролю распространённости и развития пероноспороза ярового рапса под действием нефтяного загрязнения, соответственно в 1,7 и 3,9 раза. По отношению к уровню загрязненной почвы, варианты опыта

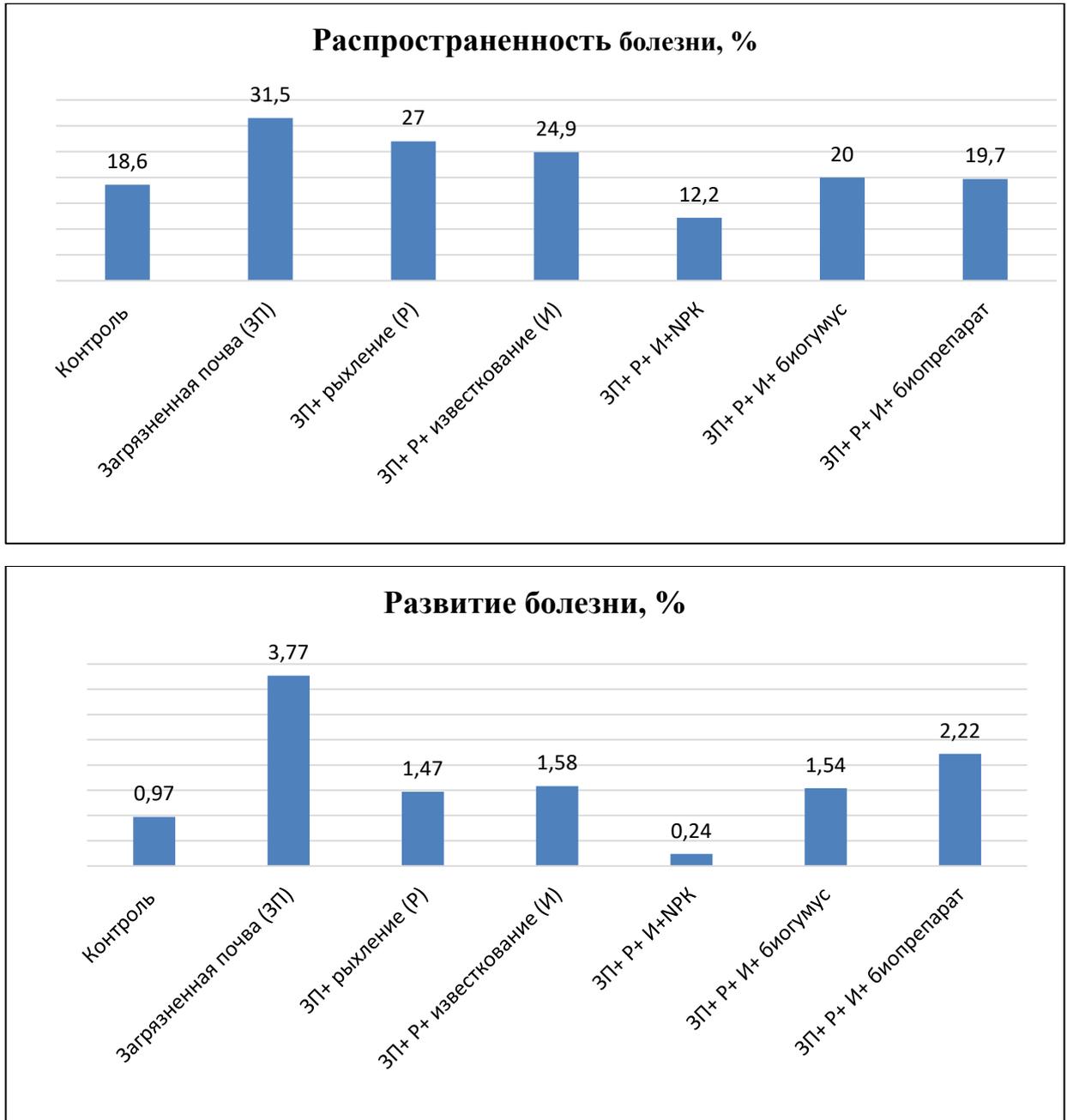


Рис. 34. Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространённость и развитие пероноспороза на растениях ярового рапса (2019 г.)

«ЗП+рыхление» и «ЗП+рыхление+известкование» снизили распространенность пероноспороза ярового рапса соответственно в 1,17 и 1,27 раза. Наиболее действенным приемом воздействия на распространенность и развитие пероноспороза на растениях ярового рапса оказался вариант с внесением минеральных удобрений, который уменьшил эти показатели соответственно в 2,58 и 1,57 раза по сравнению с аналогичными значениями нефтезагрязненной почвой (прил. 29 - Патент № 2797005). Данные по учету заболевания ярового рапса пероноспорозом интересны тем, что на лучшем варианте реабилитации нефтезагрязненной почвы (ЗП+Р+И+НРК) распространенность и развитие болезни оказались статистически значимо меньше, чем на контрольной почве.

Нефть оказала сильное негативное влияние на распространенность и развития альтернариоза на посевах ярового рапса: распространенность альтернариоза увеличилась по сравнению с контролем (незагрязненная почва) в 2 раза, а развитие альтернариоза ярового рапса – в 4 раза (рис. 35, прил. 30).

Рыхление нефтезагрязненной почвы достоверно снизило распространенность и развитие альтернариоза. Известкование на фоне рыхления не оказало положительного влияния на распространенность, но статистически значимо уменьшило развитие болезни.

Максимальное уменьшение распространенности и развития альтернариоза на загрязненной почве произошло, главным образом, благодаря минеральным удобрениям. В сочетании с рыхлением и известкованием внесение минеральных удобрений снизило распространенность и развитие альтернариоза, по сравнению с нефтезагрязненной почвой, соответственно в 2,3 и 7,3 раза.

По влиянию на поражаемость растений ярового рапса альтернариозом биогумус и биопрепарат Байкал ЭМ-1, использованные в сочетании с рыхлением и известкованием, между собой заметно не различались и существенно уступили минеральным удобрениям: в случае замены

минеральных удобрений биогумусом или биопрепаратом распространённость и развитие болезни повышались примерно в 1,5 и 3,4 раза соответственно (прил. 31 – патент № 2827107).

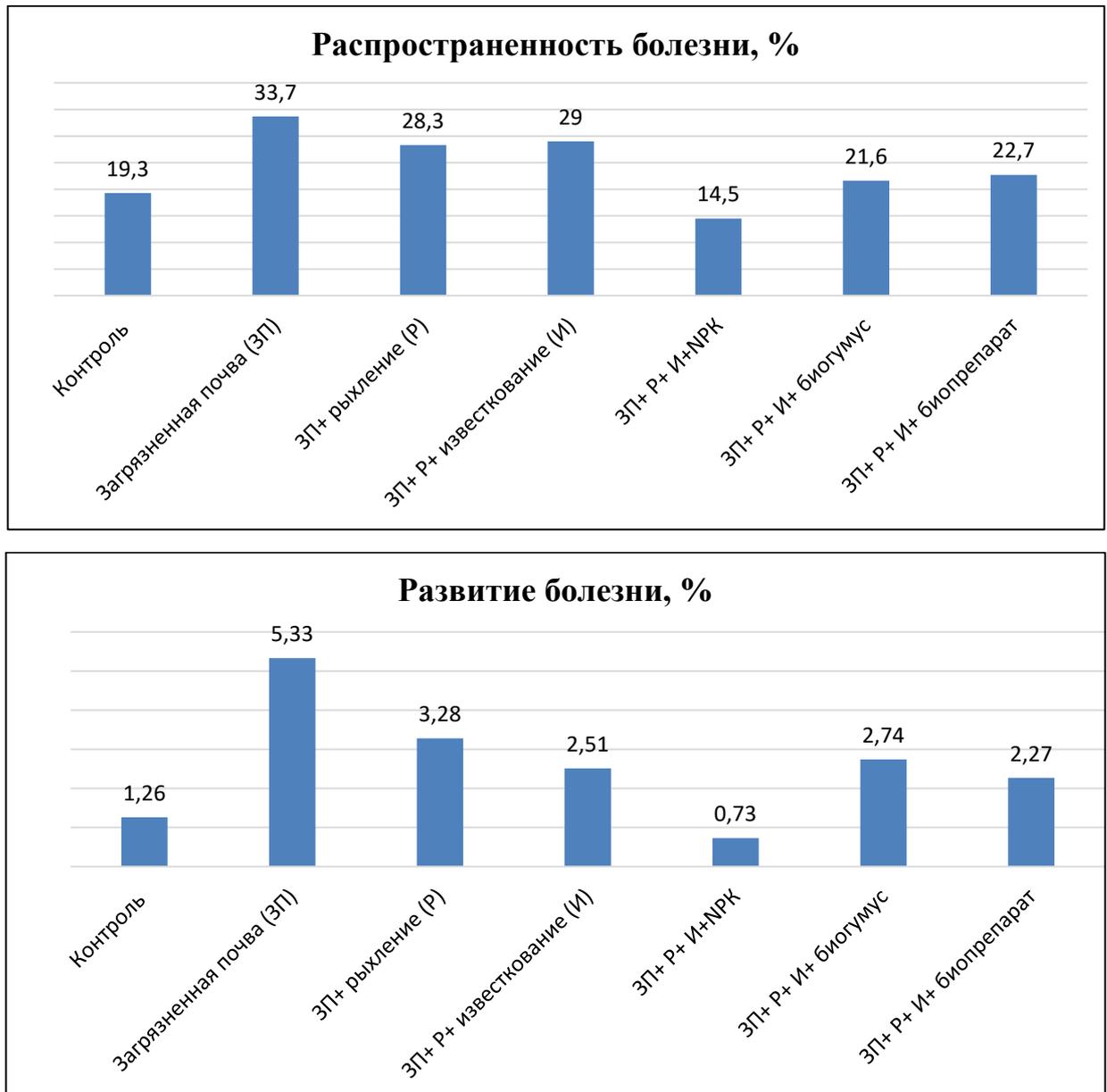


Рис. 35. Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространённость и развитие альтернариоза на растениях ярового рапса (2019 г.)

Данные по влиянию испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на поражаемость растений проса

гельминтоспориозом представлены на рис. 36 и прил. 32. Они свидетельствуют о сохранении негативного влияния нефтяного загрязнения на распространенность и развитие гельминтоспориоза проса в течение

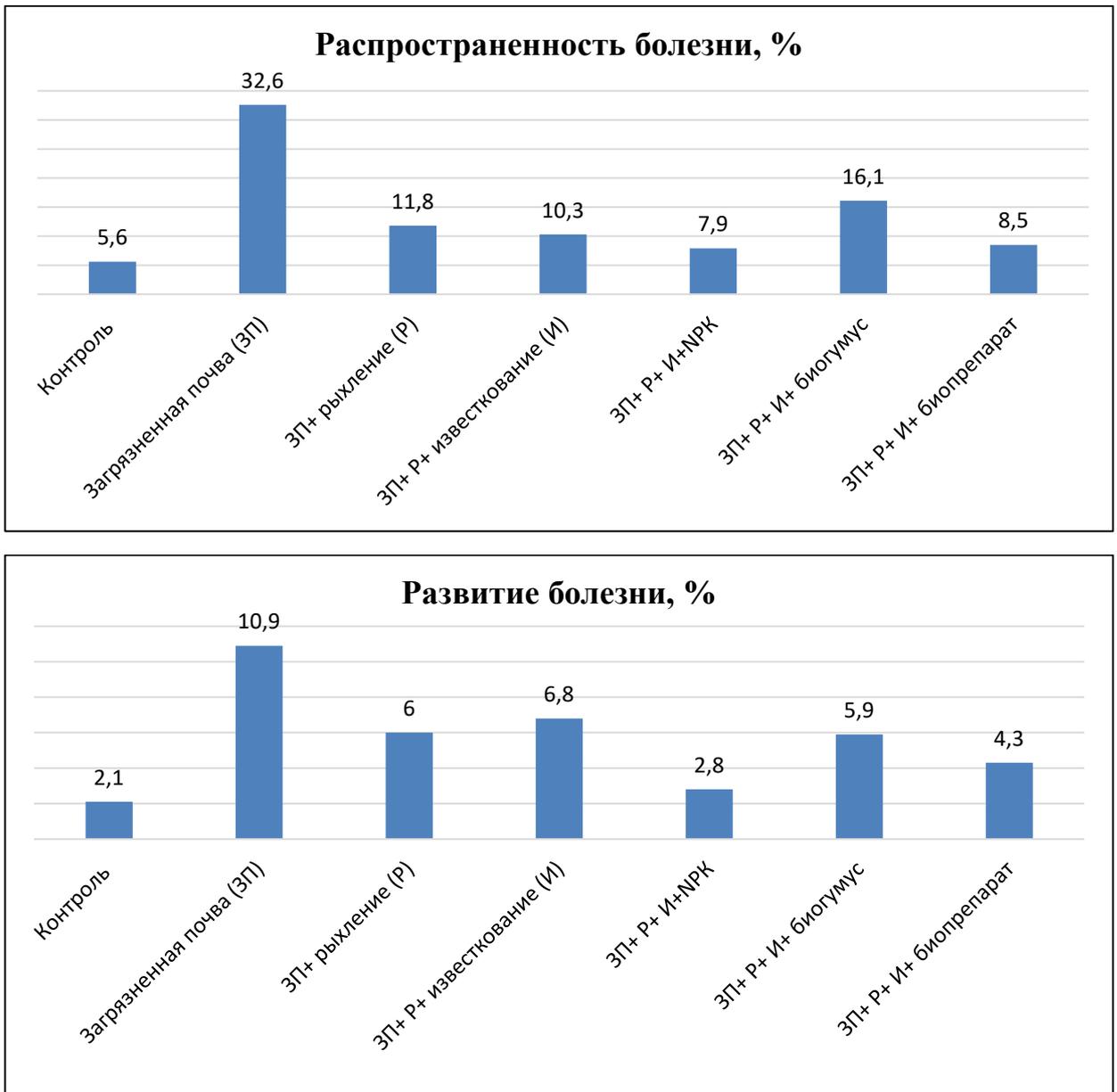


Рис. 36. Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие гельминтоспориоза на растениях проса (2020 г.)

не менее 16 лет. Под действием нефтяного загрязнения дозой 20 л/м<sup>2</sup> распространенность гельминтоспориоза проса увеличилась и составила 32,6

%, что на 27 % больше, чем от уровня распространенности гельминтоспориоза проса незагрязненной почвы (5,6 %). Такая же закономерность наблюдалось и в отношении развития гельминтоспориоза проса: развитие болезни увеличилось по отношению к уровню развития гельминтоспориоза проса контрольной почве почти в 4 раза.

Характер действия реабилитационных приемов на распространенность данной болезни проса несколько отличался от характера действия на развитие болезни: если распространенность болезни снизилась главным образом за счет рыхления, то развитие болезни – минеральных удобрений. На распространенность гельминтоспориоза статистически значимого влияния другие приемы (известкование; внесение минеральных удобрений, биогумуса и биопрепарата) не оказали.

Большинство испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы статистически значимо снизило развитие гельминтоспориоза на растениях проса. Исключением явились известкование, проведенное на фоне рыхления, и внесение биогумуса, использованный на фоне «рыхление+известкование». По силе влияния на достоверное снижение развития гельминтоспориоза проса, отдельные приемы реабилитации расположились в следующий убывающий ряд: рыхление почвы ( $10,9-6,0=4,9$  %) > внесение NPK ( $6,8-2,8=4,0$  %) > инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 ( $6,8-4,3=2,5$  %).

Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие септориоза на растениях яровой пшеницы в 2021 г. иллюстрируется рис. 37 и прил. 33. На всех вариантах опыта с приемами реабилитации поражаемость растений яровой пшеницы септориозом существенно ниже, чем на нефтезагрязненной почве без приемов реабилитации. В зависимости от сочетания отдельных приемов реабилитации распространенность болезни на делянках опыта с комплексом реабилитационных приемов снизилась в 1,81-3,92 раза, а развитие болезни – в 1,82-5,10 раза.

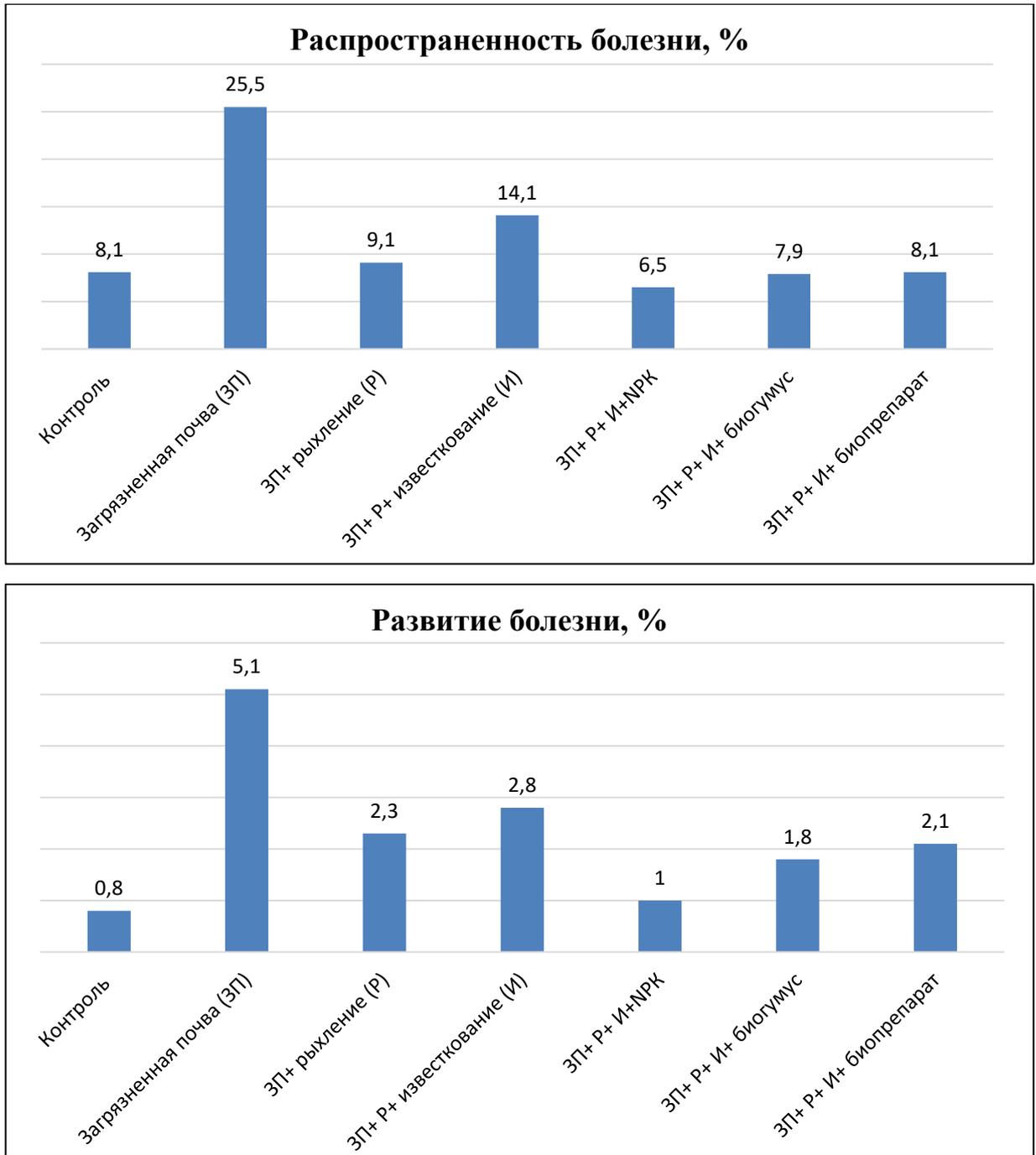


Рис. 37. Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие септориоза на растениях яровой пшеницы (2021 г.)

Как и в предыдущих сроках наблюдений, вариант опыта «ЗП+рыхление+известкование+NPK» отличался наиболее заметным снижением распространенности и развития септориоза на посевах яровой пшеницы. Показатели распространенности и развития данной болезни на

вариантах реабилитации нефтезагрязненной почвы с применением биогумуса и биопрепарата, хотя и оказались несколько менее значимыми по отношению к варианту с применением минеральных удобрений, но статистически значимо между собой не различались. Известкование, проведенного на фоне рыхления почвы, как и в отношении других заболеваний, статистически достоверного влияния на распространенность и развитие септориоза на растениях яровой пшеницы не оказало.

Влияние испытанных приемов реабилитации на распространенность и развитие второй болезни яровой пшеницы (альтернариоз колоса) показано на рис. 38 и прил. 34. Распространенность альтернариоза колоса яровой пшеницы на нефтезагрязненной почве равнялась 32,8 %, а развитие болезни 8,2 %.

Под влиянием испытанных вариантов реабилитации нефтезагрязненной почвы наблюдалось снижение заболеваемости растений, хотя не все положительные изменения оказались статистически значимыми. Как видно, вариант с применением минеральных удобрений был самым эффективным по снижению показателей распространенности и развития болезни на посевах яровой пшеницы. Распространенность снизилась по сравнению с загрязненной почвой в 1,8 раза, а развитие болезни в 5,8 раза. На втором месте по снижению показателей распространенности и развития альтернариоза колоса яровой пшеницы оказался вариант «ЗП+рыхление+известкование+биогумус», хотя преимущество минеральных удобрений над биогумусом было статистически значимым только по распространенности болезни.

Таким образом, во все годы наблюдения все испытанные реабилитационные приемы снизили распространенность и развитие болезней сельскохозяйственных культур, но самой действенной комбинацией приемов оказалось сочетание внесения минеральных удобрений с интенсивным рыхлением почвы и известкованием.

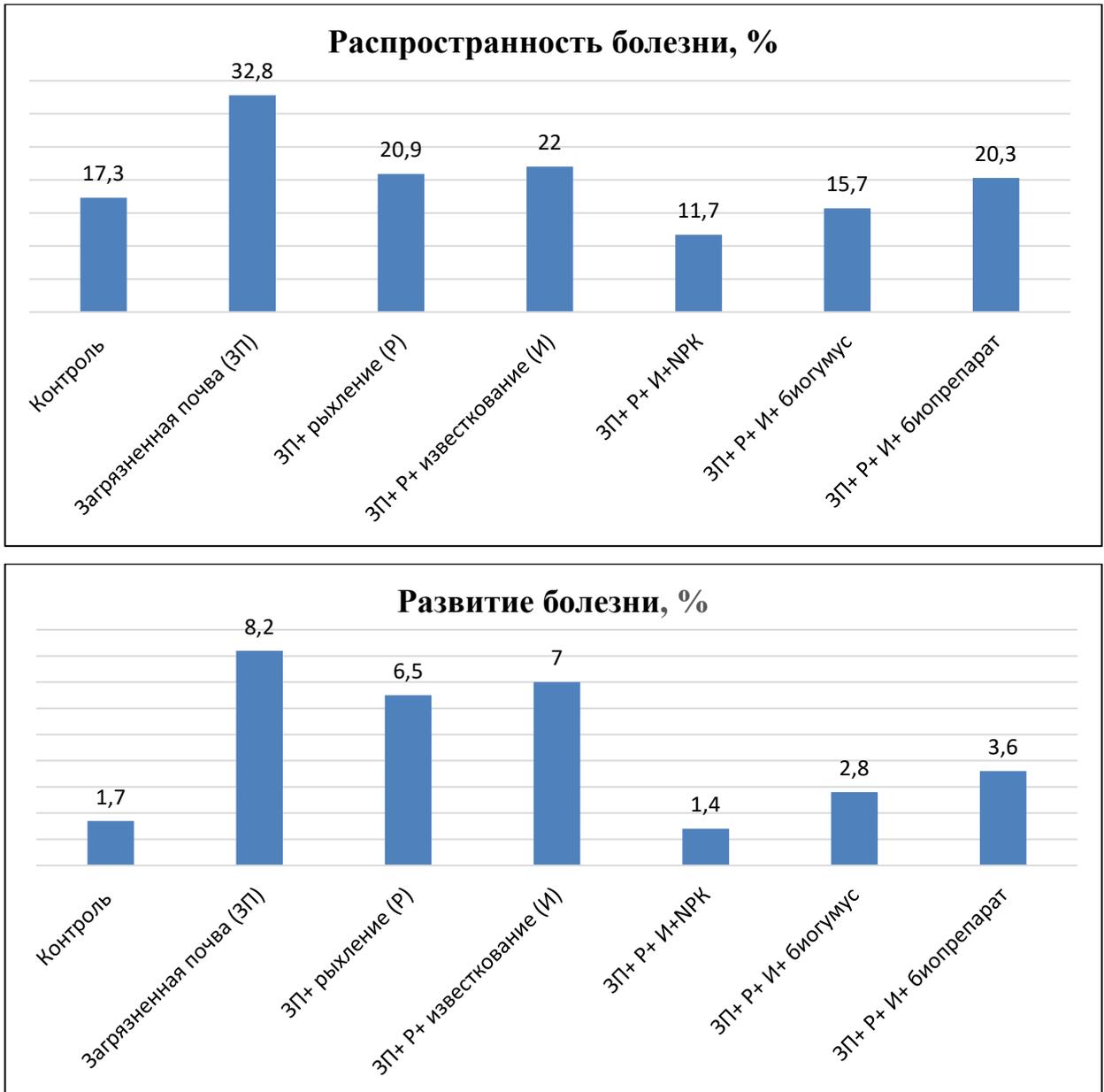


Рис. 38. Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие альтернариоза колоса на растениях яровой пшеницы (2021 г.)

Переходим к рассмотрению снижения или повышения заболеваемости сельскохозяйственных культур под влиянием отдельных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы (табл. 24). Снижение или повышение заболеваемости растений от отдельных приемов реабилитации, рассчитанные вычленением из комбинации приемов, показали

Снижение или повышение\* заболеваемости растений сельскохозяйственных культур под влиянием отдельных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы

Показатели заболеваемости растений	Рыхление	Известкование	НРК	Биогумус	Биопрепарат
Полосатая пятнистость листьев на посевах ярового ячменя (2018 г.)					
Распространенность, %	-1	-1,2	-10,6	-6,1	-3,8
Развитие, %	-3,9	-0,9	-4,8	-0,7	-0,2
Стеблевая ржавчина злаковых культур на посевах ярового ячменя (2018 г.)					
Распространенность, %	-11,2	-0,7	-7,1	-2,2	-1,4
Развитие, %	-2,8	-0,6	-1,6	-0,9	-0,8
Пероноспороз на листьях ярового рапса (2019 г.)					
Распространенность, %	-4,5	-2,1	-12,7	-4,9	-5,2
Развитие, %	-2,30	+0,11	-1,34	-0,04	+0,64
Альтернариоз на листьях ярового рапса (2019 г.)					
Распространенность, %	-5,4	+0,7	-14,5	-7,4	-6,3
Развитие, %	-2,05	-0,77	-1,78	+0,23	-0,24
Гельминтоспориоз на листьях проса (2020 г.)					
Распространенность, %	-20,8	-1,5	-2,4	+5,8	-1,8
Развитие, %	-4,9	+0,8	-4,0	-0,9	-2,5
Септориоз на листьях яровой пшеницы (2021 г.)					
Распространенность, %	-16,4	+5	-7,6	-6,2	-6
Развитие, %	-2,8	+0,5	-1,8	-1,0	-0,7
Альтернариоз колоса на посевах яровой пшеницы (2021 г.)					
Распространенность, %	-11,9	+1,1	-10,3	-6,3	-1,7
Развитие, %	-1,7	+0,5	-5,6	-4,2	-3,4
Средние по всем болезням					
Распространенность, %	-10,2	+0,2	-9,3	-3,9	-3,7
Развитие, %	-2,9	+0,1	-3,0	-1,1	-1,0

Прим.: \* - по отношению к уровню заболеваемости растений на нефтезагрязненной почве без приемов реабилитации.

вклад каждого приема в повышении устойчивости к болезням сельскохозяйственных культур.

Рыхление почвы с целью её аэрации, обеспечило снижение распространенности и развития всех болезней сельскохозяйственных культур. Характер влияния аэрации почвы был различным, в зависимости от испытанной культуры. Наибольший вклад на снижение распространенности болезни данный реабилитационный прием оказал на гельминтоспориоз листьев проса (снижение составило 20,8 %). Наибольшее уменьшение развития болезни под действием рыхления нефтезагрязненной почвы произошло в случае заболевания ярового ячменя полосатой пятнистостью листьев (снижение составило 4,9 %).

Известкование нефтезагрязненной слабокислой серой лесной почвы оказало наименьшее влияние на поражаемость растений болезнями. Снижение распространенности болезней под действием известкования происходило в четырех случаях, а развития болезни – в трёх случаях из семи.

Реабилитационный прием, который значительно уменьшил распространение и развитие болезней у испытанных сельскохозяйственных культур, это внесение полного минерального удобрения. Под действием минеральных удобрений особенно сильно снизилась распространенность альтернариоза листьев ярового рапса (на 14,5 %) и развитие альтернариоза колоса яровой пшеницы (на 5,6 %).

Применение биогумуса также способствовало снижению распространенности и развития болезней сельскохозяйственных культур, хотя заметно уступало минеральным удобрениям. В двух случаях внесения биогумуса наблюдалось повышение заболеваемости растений: распространенности гельминтоспориоза на листьях проса на 5,8 % и развития альтернариоза на листьях ярового рапса на 0,23 %, хотя при этом распространенность болезни снизилась на 7,4 %.

Биопрепарат Байкал ЭМ-1, как правило, уступал по снижению заболеваемости растений сельскохозяйственных культур минеральным

удобрениям и биогумусу. В одном случае под действием биопрепарата наблюдалось повышение развития пероноспороза на листьях ярового рапса на 0,64 %. Максимальное снижение заболеваемости растений от воздействия биопрепарата наблюдалось на посевах ярового рапса (снижение распространенности альтернариоза на листьях ярового рапса на 6,3 %) и ярового ячменя (снижение развития полосатой пятнистости листьев на 5,7 %).

В целом по всем болезням отдельные приемы реабилитации по силу воздействия на снижение заболеваний расположились следующий убывающий ряд: рыхление > минеральные удобрения > биогумус > биопрепарат (по распространенности болезней); минеральные удобрения > рыхление > биогумус > биопрепарат (по развитию болезней). Таким образом, наиболее эффективными приемами снижения заболеваний сельскохозяйственных культур на нефтезагрязненной серой лесной почве оказались рыхление почвы и внесение минеральных удобрений.

### ***3.5.2 Влияние испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на урожайность сельскохозяйственных культур***

По мнению многих исследователей в настоящее время самым экологически безопасным и ресурсосберегающим методом восстановления плодородия нефтезагрязненных почв следует считать агроэкологический способ. Этот метод основан на возможность многократного усиления способности автохтонных и привнесенных углеводородокисляющих микроорганизмов разлагать нефтяные вещества агротехническими, агрохимическими и агробиологическими приемами (Габбасова, 2001; Климова, 2004, 2006; Куликова, Держинская, 2008; Ezeji, 2007; Nwankweguets, 2017; Леднёв, 2018; Гилязов, Равзутдинов, 2021).

Основным показателем эффективности методов восстановления плодородия нарушенных земель, предназначенных для сельского хозяйства, является урожайность возделываемых культур. Эффект от испытанных нами приемов реабилитации нефтезагрязненных почв очень четко отражается на урожайности сельскохозяйственных культур.

Результаты испытания эффективности агроэкологических приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы в условиях стационарного полевого опыта по материалам учета урожайности зерна яровой пшеницы приведены в табл. 25 и прил. 35.

Таблица 25

Действие приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на урожайность яровой пшеницы по ротациям севооборота

Варианты опыта	Урожайность зерна				
	1-ая ротация (2005 г.) *	2-ая ротация (2009 г.) **	3-ая ротация (2013 г.) **	4-ая ротация (2017 г.)	5-ая ротация (2021 г.)
Контроль (незагрязненная почва)	<u>62</u> 100***	<u>289</u> 100***	<u>193</u> 100***	<u>242</u> 100***	<u>126</u> 100***
Загрязненная почва (ЗП)	<u>0</u> 0	<u>61</u> 21	<u>103</u> 53	<u>181</u> 75	<u>104</u> 83
ЗП+ рыхление (Р)	*****	<u>147</u> 51	<u>122</u> 63	<u>193</u> 80	<u>111</u> 88
ЗП+ Р+ известкование (И)	*****	<u>162</u> 56	<u>122</u> 63	<u>195</u> 81	<u>113</u> 90
ЗП+ Р+ И+НРК	*****	<u>223</u> 77	<u>234</u> 121	<u>339</u> 140	<u>190</u> 151
ЗП+ Р+ И+ биогумус	*****	<u>197</u> 68	<u>162</u> 84	<u>298</u> 123	<u>173</u> 137
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	*****	<u>188</u> 65	<u>152</u> 79	<u>230</u> 95	<u>134</u> 106
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )		18	16	13	9

Прим.: \* - данные Фараховой И.З. (261); \*\* - данные Равзутдинова А.Р. (212); \*\*\* - числитель в г/м<sup>2</sup>, знаменатель в процентах к уровню контроля; \*\*\*\* - гибель растений; \*\*\*\*\* - содержание почвы по системе чистого пара.

«В 2005 г., то есть, спустя год после загрязнения, яровая пшеница на нефтезагрязненной почве всходы не дала. В следующей ротации севооборота, через 5 лет после загрязнения, они появились с опозданием на неделю, сильно отставали в росте, а величина сформировавшегося урожая зерна была почти в пять раз ниже, чем в незагрязненной почве. Урожайность зерна в третьей ротации севооборота (давность загрязнения 9 лет) составила соответственно 53 % к уровню урожая на незагрязненной почве, что, безусловно, свидетельствовало о заметном снижении негативного влияния поллютанта на растения. Возможность естественной детоксикации нефтезагрязненной почвы без приемов рекультивации проявила себя в последующие годы наблюдения: по истечении 13 лет и 17 лет после загрязнения урожайность зерна яровой пшеницы составила, по отношению к контролю, соответственно 75 и 83 %» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019).

«Результаты исследований свидетельствуют о высокой эффективности испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы. В 2009 г. благодаря их использованию урожайность зерна яровой пшеницы возросла в 2,41...3,66 раза. Максимальная в опыте величина этого показателя ( $223 \text{ г/м}^2$ ) была отмечена в варианте «рыхление + известкование + НРК». Этой комбинации несколько уступал вариант рекультивации «рыхление + известкование + биогумус», то есть влияние минерального удобрения на урожайность яровой пшеницы было более значительным, чем биогумуса и биопрепарата» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019).

«В последующие годы наиболее действенным стало сочетание «рыхление + известь + НРК». В 2013 г. урожайность зерна в этом варианте рекультивации превысила контроль (незагрязненная почва) в 1,2 раза. В 2017 году (давность загрязнения 13 лет) внесение минеральных удобрений и биогумуса на фоне рыхления и известкования позволило сформировать урожай зерна, превышающие контрольный уровень соответственно в 1,4 и 1,2 раза» (Осипова, Равзутдинов, Гилязов, Кужамбердиева, 2019).

В последний срок наблюдения (давность загрязнения 17 лет) внесение минеральных удобрений и биогумуса на фоне рыхления и известкования позволило сформировать урожаи зерна яровой пшеницы, превышающие контрольный уровень соответственно в 1,51 и 1,37 раза.

В целом за 2009, 2013, 2017 и 2021 гг. урожайность зерна яровой пшеницы по лучшему варианту реабилитации («рыхление + известь + NPK») превышала урожайность на загрязненной почве соответственно в 3,66; 2,27; 1,87 и 1,83 раза.

Материалы табл. 26 и прил. 35 показывают действие и последствие испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на продуктивность ярового ячменя по ротациям севооборота.

«На незагрязненной почве урожайность зерна ячменя по ротациям севооборота колебалась от 81 до 206 г/м<sup>2</sup>, что обуславливалось, прежде всего, погодными условиями вегетационных периодов. Особенно наглядно влияние погодных условий проявилось во второй ротации (2010 г.), когда из-за чрезвычайной засухи урожайность составила только 81 г/м<sup>2</sup>. В целом, величины урожайности на фоновой почве следует признать неплохими, так как они получены без применения удобрений» (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019).

«Однократное нефтяное загрязнение, проведенное в 2004 году из расчета 20 л/м<sup>2</sup>, привело к существенному снижению урожайности ячменя. В первой ротации севооборота урожайность зерна ячменя, посеянного спустя два года после загрязнения, снизилась, по сравнению с контролем, в 3,28 раза. Снижение урожайности зерна от нефтяного загрязнения в последующие ротации севооборота составило от 1,44 раза (четвертая ротация) до 1,93 (вторая ротация), то есть по мере старения нефтяного загрязнения его негативное влияние на урожайность зерна ячменя постепенно убывало» (Осипова, Гилязов, Галаветдинов, 2019).

Вариант опыта с рыхлением нефтезагрязненной почвы обеспечило получение достоверной прибавки урожая зерна ярового ячменя в 2006 году

(первая ротация) 58 г/м<sup>2</sup>. В последующие годы прибавки от рыхления почвы равнялись: в 2010 году (вторая ротация) – 19 г/м<sup>2</sup>, в 2014 году (третья ротация) – 10 г/м<sup>2</sup> и в 2018 году (четвертая ротация) - 20 г/м<sup>2</sup>. Самая большая прибавка урожая зерна ярового ячменя от данного приема реабилитации была получена в первой ротации севооборота.

Таблица 26

Действие приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на урожайность ярового ячменя по ротациям севооборота

Варианты опыта	Урожайность зерна			
	1-ая ротация (2006 г.) *	2-ая ротация (2010 г.) **	3-ая ротация (2014 г.) **	4-ая ротация (2018 г.)
Контроль (незагрязненная почва)	<u>164</u> 100***	<u>81</u> 100***	<u>206</u> 100***	<u>191</u> 100***
Загрязненная почва (ЗП)	<u>50</u> 30	<u>42</u> 52	<u>124</u> 60	<u>133</u> 70
ЗП+ рыхление (Р)	<u>108</u> 66	<u>61</u> 75	<u>134</u> 65	<u>153</u> 80
ЗП+ Р+ известкование (И)	<u>116</u> 71	<u>62</u> 77	<u>136</u> 66	<u>153</u> 80
ЗП+ Р+ И+НРК	<u>149</u> 91	<u>76</u> 94	<u>265</u> 129	<u>292</u> 153
ЗП+ Р+ И+ биогумус	<u>145</u> 88	<u>66</u> 81	<u>212</u> 103	<u>235</u> 123
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	<u>132</u> 80	<u>72</u> 89	<u>185</u> 90	<u>188</u> 98
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	12	9	15	15

Прим.: \* - данные Фараховой И.З. (261); \*\* - данные Равзутдинова А.Р. (212); \*\*\* - числитель в г/м<sup>2</sup>, знаменатель в процентах к контролю.

Известкование, проведенное на фоне рыхления, не обеспечило существенное повышение урожайности зерна ярового ячменя в течение всех четырёх ротации севооборота.

Среди испытанных приемов реабилитации внесение минеральных удобрений оказалось наиболее эффективным и позволило получить

максимальную урожайность зерна ярового ячменя во всех ротациях севооборота. По этому варианту опыта урожайность зерна во второй ротации была на уровне контроля (незагрязненная почва), а в последующие сроки наблюдения урожаи превышали контрольный уровень в 1,29 и 1,53 раза.

Внесение биогумуса в сочетании с рыхлением и известкованием способствовало получению дополнительного урожая зерна ярового ячменя на нефтезагрязненной почве по ротациям севооборота соответственно 95, 24, 88 и 102 г/м<sup>2</sup>. Прибавки урожая от данного варианта реабилитации оказались ниже, чем прибавки от варианта с внесением полного минерального удобрения, хотя с точки зрения статистики в первой ротации севооборота эти два варианта дали примерно одинаковые результаты.

Среди тройных комбинаций вариант реабилитации «рыхление+известкование+биопрепарат» оказался худшим, хотя и обеспечил дополнительное получение соответственно по ротациям севооборота 82, 30, 61 и 55 г/м<sup>2</sup> урожая зерна ячменя по отношению к загрязненной почве. Эти прибавки оказались в 1,20 раза (2006 г.), 1,13 (2010 г.), 2,31 (2014 г.) и 2,89 раза (2018 г.) меньше прибавок урожая от лучшей тройной комбинации («рыхление+известкование+NPK»).

В целом за четыре ротации севооборота урожайность ярового ячменя по лучшему варианту реабилитации превышала урожайность на загрязненной почве в 2,26 раза.

Действие нефтяного загрязнения и испытанных приемов рекультивации нефтезагрязненной почвы на урожайность маслосемян ярового рапса по ротациям севооборота дано в табл. 27 и прил. 35.

«В первой ротации севооборота (давность загрязнения 3 года) от нефтяного загрязнения урожайность маслосемян снизилась по сравнению с контролем в 4,5 раза. Повышение урожайности маслосемян рапса от известкования нефтезагрязненной почвы оказалось статистически не существенным. Прибавки урожая маслосемян рапса от применения биогумуса и минеральных удобрений равнялись соответственно 28 и 33 г/м<sup>2</sup>,

что почти в два раза меньше прибавки от рыхления почвы (58 г/м<sup>2</sup>). Минимальная статистически доказуемая прибавка урожая маслосемян ярового рапса (19 г/м<sup>2</sup>) была получена от инокуляции почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1» (Нигматуллина, Гилязов, 2021).

Таблица 27

Действие приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на урожайность ярового рапса по ротациям севооборота

Варианты опыта	Урожайность маслосемян			
	1-ая ротация (2007 г.) *	2-ая ротация (2011 г.) *	3-ая ротация (2015 г.) *	4-ая ротация (2019 г.)
Контроль (незагрязненная почва)	$\frac{153}{100^{**}}$	$\frac{164}{100^{**}}$	$\frac{137}{100^{**}}$	$\frac{126}{100^{**}}$
Загрязненная почва (ЗП)	$\frac{34}{22}$	$\frac{79}{48}$	$\frac{95}{69}$	$\frac{90}{71}$
ЗП+ рыхление (Р)	$\frac{92}{60}$	$\frac{88}{54}$	$\frac{100}{73}$	$\frac{99}{79}$
ЗП+ Р+ известкование (И)	$\frac{96}{63}$	$\frac{95}{58}$	$\frac{103}{75}$	$\frac{103}{82}$
ЗП+ Р+ И+НРК	$\frac{129}{84}$	$\frac{167}{102}$	$\frac{186}{136}$	$\frac{179}{142}$
ЗП+ Р+ И+ биогумус	$\frac{124}{81}$	$\frac{148}{90}$	$\frac{175}{128}$	$\frac{158}{125}$
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	$\frac{115}{75}$	$\frac{123}{75}$	$\frac{134}{98}$	$\frac{117}{93}$
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	10	11	13	12

Прим.: \* - данные Равзутдинова А.Р. (212); \*\* - числитель в г/м<sup>2</sup>, знаменатель в процентах к контролю.

Во 2-ой ротации севооборота «урожайность маслосемян на нерекультивируемой загрязненной почве составила, по отношению к контролю, 48 %, что более чем в 2 раза выше показателя в 1-ой ротации (22 %). Прибавка урожая от рыхления нефтезагрязненной почвы оказалась

меньше наименьшей существенной разницы. Лишь сочетание рыхления с известкованием обеспечило получение достоверной прибавки урожая. В то же время, селективная прибавка урожая только от известкования была несущественной. Максимальная прибавка урожая ( $72 \text{ г/м}^2$ ) была получена от внесения полного минерального удобрения. Прибавка урожая маслосемян рапса от внесения биогумуса составила  $53 \text{ г/м}^2$ , что в 1,36 раза меньше прибавки от полного минерального удобрения. Прибавка урожая маслосемян рапса от инокуляции биопрепаратом Байкал ЭМ-1 составила  $28 \text{ г/м}^2$ , что в 2,57 раза меньше прибавки от полного минерального удобрения» (Нигматуллина, Гилязов, 2021).

«В третьей ротации севооборота рыхление нефтезагрязненной почвы, как селективное, таки в сочетании с известкованием, не дало статистически достоверной прибавки урожая маслосемян. Как и в предыдущей ротации севооборота, максимальная прибавка урожая маслосемян ( $83 \text{ г/м}^2$ ) была получена от внесения минеральных удобрений. Внесение биогумуса на фоне рыхления и известкования обеспечило получение  $72 \text{ г/м}^2$  прибавки урожая маслосемян, что в 1,15 раза меньше прибавки от внесения полного минерального удобрения. Использование на фоне рыхления и известкования биопрепарата Байкал ЭМ-1 обеспечило получение  $31 \text{ г/м}^2$  прибавки урожая маслосемян, что в 2,68 раза меньше прибавки от внесения полного минерального удобрения» (Нигматуллина, Гилязов, 2021).

«В четвертой ротации севооборота прибавка урожая маслосемян рапса от рыхления почвы вновь стала статистически значимой, однако прибавка урожая от известкования оказалась меньше наименьшей существенной разности. Наибольшая прибавка урожая ( $76 \text{ г/м}^2$ ), как и в предыдущих двух ротациях севооборота, была получена от внесения полного минерального удобрения. Прибавка урожая маслосемян от внесения биогумуса составила  $55 \text{ г/м}^2$ , что в 1,38 раза меньше прибавки, полученной от внесения минеральных удобрений. Прибавка урожая маслосемян от инокуляции нефтезагрязненной почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 составила  $14 \text{ г/м}^2$ , что

в 5,43 раза меньше прибавки, полученной от внесения минеральных удобрений» (Нигматуллина, Гилязов, 2021). Резюмируя, отметим, что в среднем за четыре ротации севооборота урожайность ярового рапса по лучшему варианту реабилитации («рыхление + известь + NPK») превышала урожайность на загрязненной почве в 2,46 раза с колебаниями от 3,79 до 1,96.

Действие приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на урожайность зерна проса по ротациям севооборота дано в табл. 28 и прил. 35.

Таблица 28

Действие приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы на урожайность проса по ротациям севооборота

Варианты опыта	Урожайность зерна			
	1-ая ротация (2008 г.) *	2-ая ротация (2012 г.) *	3-ая ротация (2016 г.)	4-ая ротация (2020 г.)
Контроль (незагрязненная почва)	$\frac{219}{100^{**}}$	$\frac{249}{100^{**}}$	$\frac{187}{100^{**}}$	$\frac{215}{100^{**}}$
Загрязненная почва (ЗП)	$\frac{99}{45}$	$\frac{101}{41}$	$\frac{138}{74}$	$\frac{178}{83}$
ЗП+ рыхление (Р)	$\frac{162}{74}$	$\frac{119}{48}$	$\frac{147}{79}$	$\frac{185}{86}$
ЗП+ Р+ известкование (И)	$\frac{172}{79}$	$\frac{130}{52}$	$\frac{148}{79}$	$\frac{189}{88}$
ЗП+ Р+ И+NPK	$\frac{195}{89}$	$\frac{281}{113}$	$\frac{252}{135}$	$\frac{316}{147}$
ЗП+ Р+ И+ биогумус	$\frac{190}{87}$	$\frac{222}{89}$	$\frac{235}{123}$	$\frac{275}{128}$
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	$\frac{185}{84}$	$\frac{165}{66}$	$\frac{181}{97}$	$\frac{226}{105}$
НСП <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	13	12	13	17

Прим.: \* - данные Равзутдинова А.Р. (212); \*\* - числитель в г/м<sup>2</sup>, знаменатель в процентах к контролю.

В 2008 году, то есть спустя 4 года после загрязнения, урожайность зерна снизилась по сравнению с контролем в 2,2 раз. В этот год наблюдения от приемов реабилитаций урожайность зерна проса возросла примерно в 1,6-2,0

раза. Максимальная урожайность зерна проса ( $195 \text{ г/м}^2$ ) была получена по варианту опыта с применением минеральных удобрений. Урожайные данные проса во второй ротации севооборота (2012 г.) не демонстрировали заметного самоочищения нефтезагрязненной почвы, ибо урожайность на ней без приемов реабилитации составил лишь 41 % к уровню контроля, то есть примерно на том же уровне, что было в первой ротации (45 % к контролю). Все испытанные варианты реабилитации обеспечили получение достоверной прибавки урожая в размере от 18 до  $181 \text{ г/м}^2$  зерна. Наибольшая прибавка урожая была получена при комплексном применении полного минерального удобрения с рыхлением и известкованием. Как реабилитационный фактор биогумус и биопрепарат Байкал ЭМ-1 существенно уступали минеральным удобрениям. Так, прибавки урожая зерна проса от биогумуса и инокуляции почвы биопрепаратом оказались соответственно в 1,64 и 4,31 раза меньше прибавок от полного минерального удобрения. Под действием известки прибавка урожая зерна возросла на  $11 \text{ г/м}^2$ , однако данная прибавка меньше  $\text{НСР}_{05}$ , следовательно, не можем утверждать, что известкование оказало положительное влияние на урожайность зерна проса.

Урожайные данные 2016 г. свидетельствуют о сохранении заметной фитотоксичности почвы и через 12 лет после загрязнения нефтью. Без приемов реабилитации на нефтезагрязненной почве урожайность зерна снизилась по отношению к контролю на  $49 \text{ г/м}^2$ . В третьей ротации севооборота значимость рыхления и известкования почвы резко упали: прибавки урожая от рыхления и известкования оказались меньше наименьшей существенной разницы. Это приемы реабилитации статистически значимого положительного влияния на урожайность проса не оказали. Максимальная урожайность зерна проса в 2016 г. была получена по

варианту опыта «рыхление + известкование + NPK» и составила 252 г/м<sup>2</sup>. В тройных сочетаниях реабилитационных приемов при замене минеральных удобрений на биогумус или биопрепарат урожай существенно снизился.

В четвертой ротации севооборота (2020 г.) урожайность зерна проса на незагрязненной почве составила 215 г/м<sup>2</sup>, что на 37 г/м<sup>2</sup> больше, чем на нефтезагрязненной почве. Рыхление и известкование нефтезагрязненной почвы в 2020 г. статистически достоверных прибавок урожая проса не дали.

Внесение полного минерального удобрения на фоне рыхления и известкования дало максимальную прибавку зерна (138 г/м<sup>2</sup>), благодаря чему урожайность проса оказалась в 1,47 раза выше, чем на незагрязненной почве. Применение биогумуса и инокуляции биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на фоне рыхления и известкования так же повысили урожайность зерна проса, однако уступали варианту с применением минеральных удобрений. Причем, применение биогумуса оказалось более эффективным, нежели применение препарата Байкал ЭМ-1. Урожайность проса по лучшему варианту реабилитации («рыхление + известь + NPK») по ротациям севооборота превышала урожайность на загрязненной почве в 1,78-2,78 раза.

Таким образом, по всем культурам полевого севооборота испытанные варианты реабилитации обеспечили получение достоверной прибавки урожая основной продукции. Во все годы наблюдений наибольшие урожайности, превышающие уровень урожайности на загрязненной почве в 1,8-3,8 раза, были получены при комплексном применении полного минерального удобрения с рыхлением и известкованием нефтезагрязненной почвы. Что касается отдельных приемов рекультивации, то значимость их заметно менялось в зависимости от давности загрязнения. «В первой ротации севооборота наиболее действенным приемом рекультивации было рыхление, то в дальнейшем главным фактором повышения урожайности сельскохозяйственных культур стало внесение полного минерального удобрения. Известкование, проведенное на фоне рыхления, в течение всего периода наблюдения статистически достоверной прибавки урожая не дало.

Прибавки урожая от минеральных удобрений в несколько раз превышали таковые от биогумуса и биопрепарата Байкал ЭМ-1, причем по мере роста давности загрязнения данное различие усилилось» (Нигматуллина, Гилязов, 2021).

Ещё более наглядно зависимость между размерами прибавок урожая зерна (маслосемян) сельскохозяйственных культур от отдельных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы и давностью загрязнения серой лесной почвы демонстрируется диаграммами рис. 39 и прил. 36.

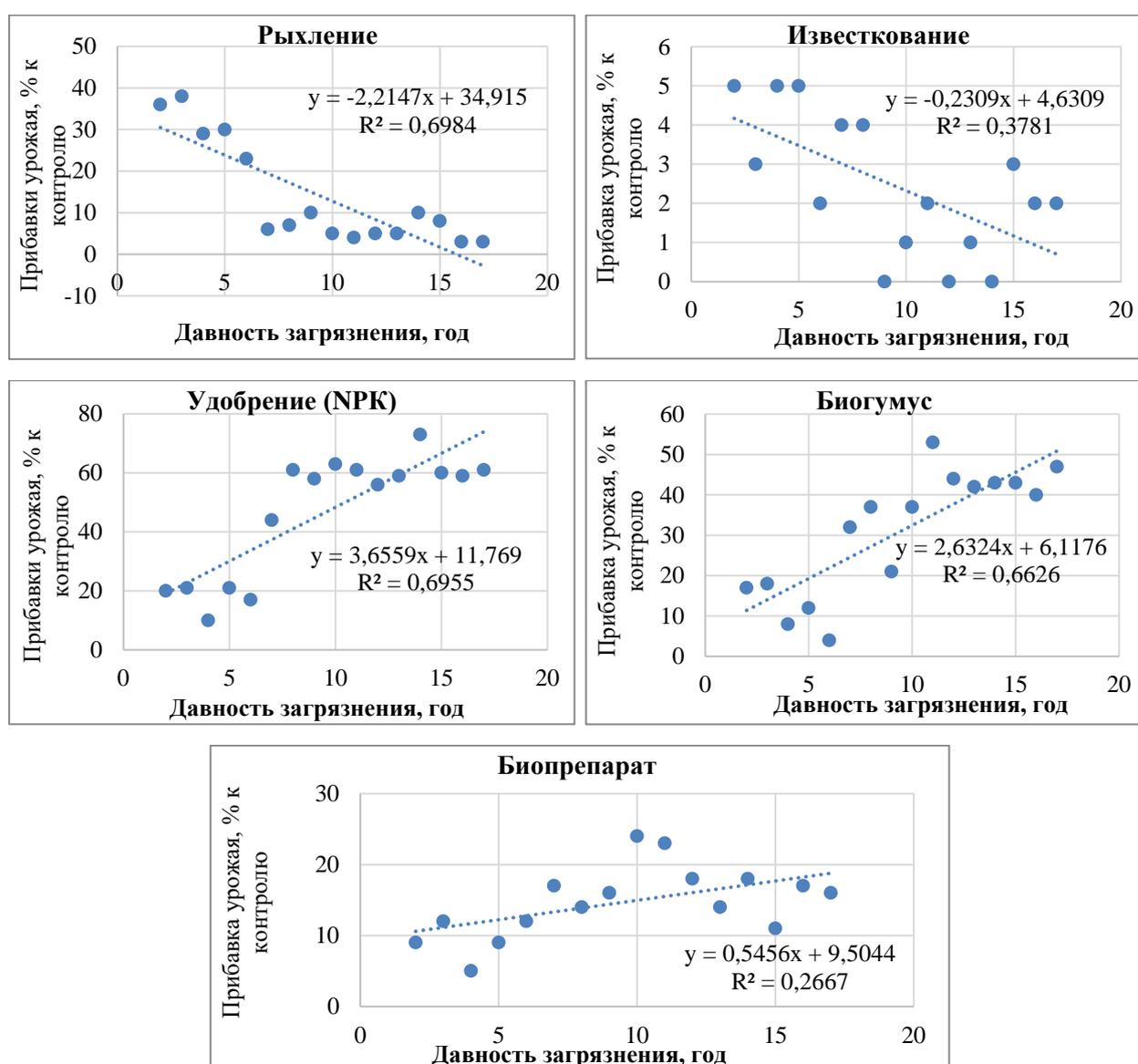


Рис. 39. Корреляция прибавок урожая зерна (маслосемян) сельскохозяйственных культур от приемов реабилитации в зависимости от давности нефтяного загрязнения серой лесной почвы

Представленные на рисунках 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. Прибавки урожая зерна (маслосемян) от внесения биогумуса и, особенно, биопрепарата, были меньше прибавок, полученных от внесения минеральных удобрений. Прибавки урожая от известкования были минимальными (до 4 % к уровню контроля) и находились в отрицательной зависимости от давности загрязнения.

Среднегодовые прибавки урожая зерна (маслосемян) сельскохозяйственных культур от отдельных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы по ротациям севооборота представлены на рис. 40.

Как видно, «значимость испытанных приемов рекультивации существенным образом изменилась во времени: если в первое время (в первой ротации севооборота – 2005-2008 гг.) на продуктивность сельскохозяйственных культур наибольшее положительное влияние оказало интенсивное рыхление почвы, то в последующие ротации севооборота на прибавку урожая зерна (маслосемян) сельскохозяйственных культур наибольшее действие обнаружило внесение минеральных удобрений и биогумуса» (Нигматуллина, Гилязов, 2021).

### ***3.5.3 Экономическая эффективность испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы***

Для оценки эффективности приемов воспроизводства плодородия нефтезагрязненной почвы, наряду с определением агрономической эффективности, необходимо определить экономическую эффективность путем сравнения произведенных затрат и стоимости произведенного продукта.

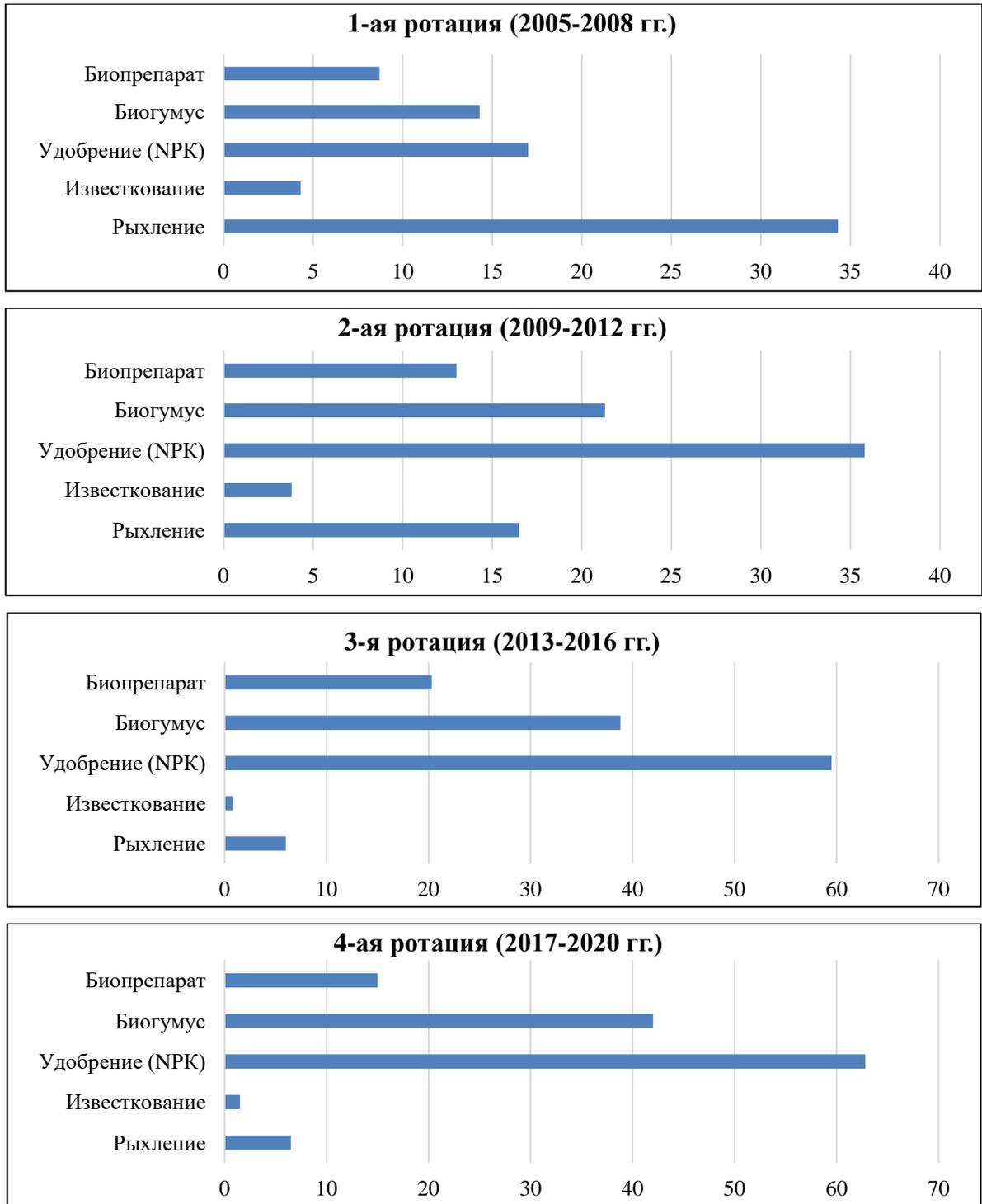


Рис. 40. Среднегодовые прибавки урожая зерна (маслосемян) с/х культур от испытанных приемов реабилитации нефтезагрязненной почвы по ротациям севооборота, % к уровню урожая на незагрязненной почве (контроль)

Зависимость экономической эффективности возделывания от нефтяного загрязнения и приемов реабилитации загрязненной серой лесной почвы (2006-2021 гг.) демонстрируется данными таблицы 29.

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.

Для некоторого упрощения расчетов экономической эффективности испытанных приемов реабилитации за весь период экспериментов основную продукцию всех культур севооборота перевели в зерновые единицы используя соответствующие коэффициенты (1,00 для яровой пшеницы и ячменя, 1,36 – ярового рапса, 0,81 – проса), а для определения затраты на возделывание культур использовали технологические карты возделывания условной яровой пшеницы. Урожайность соломы условной яровой пшеницы рассчитали исходя их фактических соотношений зерна к соломе яровой пшеницы в среднем за 2009, 2013, 2017 и 2021 гг. (прил. 37).

Урожайность испытанных культур в зерновых единицах по вариантам опыта дана в прил. 37. Стоимость товарной продукции была рассчитана исходя из средних цен реализации единиц зерна, которая составила 10500 руб./т.

Фактические и среднегодовые нормы внесения агрохимикатов и кратность рыхления нефтезагрязненной серой лесной почвы за 2004-2021 гг. приведены в прил. 38. Общие затраты на выращивание сельскохозяйственных культур по вариантам эксперимента были определены с использованием технологических карт, приведенных в прил. 39-45.

На незагрязненной почве стоимость товарной продукции с гектара составила 19635 рублей. На загрязненной почве без приемов реабилитации, стоимость товарной продукции упала до 10605 руб./га. Все приемы реабилитации значительно увеличили стоимость товарной продукции. На варианте опыта «ЗП+ Р+ И+НРК» была достигнута максимальная стоимость продукции - 23100 руб./га.

Суммарные расходы на 1 гектар в зависимости от испытанных приемов реабилитации составили от 12408 до 21495 руб. Максимальный размер общих затрат (21495 руб./га) обнаружился в случае применения минеральных удобрений в комплексе с рыхлением и известкованием почвы, в большой степени в связи с значительными затратами на покупку и внесение удобрений (около 35 % от суммарных затрат). Условная прибыль (или убыток) по вариантам эксперимента колебалась от -1803 до 6870 руб./га.

Изученные реабилитационные приемы загрязненной нефтью серой лесной почвы, за исключением рыхления, увеличили величину условного чистого дохода. По величине условной прибыли (1605 руб./га) лучшим вариантом реабилитации оказался сочетание внесения минеральных удобрений с рыхлением и известкованием нефтезагрязненной почвы. Использование вместо минеральных удобрений биопрепарата или биогумуса резко снизило показатели экономической эффективности.

Минимальная себестоимость зерновой единицы была на незагрязненной почве, а среди реабилитированных почв - при комплексном применении минеральных удобрений, известкования и рыхления нефтезагрязненной почвы (табл. 30).

Влияние нефтяного загрязнения серой лесной почвы и приемов её реабилитации на себестоимость зерновой единицы (2006-2021 гг.)

Варианты опыта	Среднегодовой выход зерновых единиц, т/га	Себестоимость зерновой единицы, руб./т
Контроль (незагрязненная почва)	1,87	6826
Загрязненная почва (ЗП)	1,01	12285
ЗП+ рыхление (Р)	1,24	10553
ЗП+ Р+ известкование (И)	1,32	10344
ЗП+ Р+ И+НРК	2,20	9770
ЗП+ Р+ И+ биогумус	1,91	10379
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	1,60	10368

### 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 (прил. 46, 47).

В процессе испытания реабилитационных приемов выполнены следующие виды работ: отбор и анализ почвенных проб с загрязненного нефтью участка, определение степени загрязнения почвы, норм внесения минеральных удобрений и биопрепарата Байкал ЭМ-1, разноглубинная (от 5 до 25 см) механическая обработка почвы в течение двух лет (2019-2020 гг.), инокуляция почвы биопрепаратом, внесение расчетных норм удобрений и посев ярового рапса (2021 г.).

Испытанные приемы позволили получить на реабилитированном участке 0,82 т/га маслосемян, что существенно не отличалось от урожайности (0,86 т/га) на рядом расположенном незагрязненном участке.

Во втором загрязненном участке 2020-2021 годах были выполнены следующие виды работ: отбор и анализ почвенных проб с загрязненного нефтью участка, установление степени загрязнения почвы, расчет норм внесения минеральных удобрений, разноглубинная (от 5 до 25 см) механическая обработка почвы в течение двух лет (2020-2021 гг.) и посев яровой пшеницы (2022 г.). Испытанные приемы позволили получить на реабилитированном участке 3,67 т/га зерна яровой пшеницы, что существенно не уступало урожайности на рядом расположенном незагрязненном участке (3,86 т/га).

Считаем, для восстановления плодородия нефтезагрязненных земель следует рекомендовать разноглубинную (от 5 до 25 см) механическую обработку почвы в течение двух лет и внесение полного минерального удобрения с учетом биологических особенностей возделываемых культур.

## 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 ( $pH_{\text{сол.}}$ , 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 ( $25 \text{ л/м}^2$ ) серой лесной почвы содержание подвижных форм Мо, Cu, 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 перноспороза ( $R^2=0,875$ ).

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/м<sup>2</sup>) 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абазов, З.А. Оценка влияния нефтяного загрязнения на почвенно-растительный покров на территории участка эксплуатации магистрального нефтепровода «Малгобек-Тихорецк» / З.А. Абазов, Х.А. Кетенчиев // Биологические науки. - Известия Горского государственного аграрного университета, 2014. - С. 202-209.
2. Абросимов А.А. Экология переработки углеводородных систем / А.А. Абросимов под ред. М.Ю. Доломатова, Э.Г. Теляшева. // М.: Химия, 2002. - 608 с.
3. Агроклиматические ресурсы Татарской АССР. – Л.: Гидрометиздат, 1974. – 128 с.
4. Аксенова, Т.Е. География Татарстана / Т.Е. Аксенова, Г.П. Бутаков, Н.Н. Лаптева, Ю.Г. Хабутдинов. - Казань: Магариф, 1994. – 143 с.
5. Алехин, В.Г. Биологическая активность и микробиологическая рекультивация почв, загрязненных нефтепродуктами / В.Г. Алехин, В. Т. Емцев, Е. А. Рогозина, А. И. Фахрутдинов // Биологические ресурсы и природопользование. – Нижневартовск, 1998. – Вып. 2. – С. 95–105.
6. Алиев, Н-К.К. Куда ведет Россию «Нефтяная гонка» - на Каспии / Н-К.К. Алиев, А.А. Мунгиев // Мат. IV Ассамблеи ассоциации университетов прикаспийских государств. Махачкала, 1999. - С. 95–97.
7. Андерсон Р.К. Биотехнологические методы ликвидации загрязнений почв нефтью и нефтепродуктами / Р. К. Андерсон // М.: ВНИИОЭНГ, 1994. - 24 с.
8. Антонец К.В. Комплексный мониторинг нефтегазовых загрязнений / К.В. Антонец // International agricultural journal, 2021. - №1. - С. 49-54.
9. Арсланов, Ш. С. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами / Ш. С. Арсланов, С. Т. ъ. Абдурахмонов // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 287-288.

10. Архипова, Н.С. Актуальные вопросы экологии и безопасности жизнедеятельности в Республике Татарстан: учебное пособие / Н.С. Архипова, Д.С. Елагина. – Казань: Казан. ун-т, 2016. – С. 37.
11. Ахметзянов А.И. Действие нефтяного загрязнения и приемов рекультивации на продуктивность сельскохозяйственных культур на серой лесной почве: специальность 35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение»: магистерская диссертация на соискание степени магистра / Ахметзянов Алмаз Ильсурович, 2020. – 95 с.
12. Бабаев, Э.Р. Фитоэкстракция тяжелых металлов из нефтезагрязненных почв Апшеронского полуострова / Э.Р. Бабаев, Э.М. Мовсумзаде // НефтеГазоХимия. – 2016 г. - № 3. – С. 27-30.
13. Барабанщиков, Д.А. Экологические проблемы нефтяной промышленности России / Д.А. Барабанщиков, А.Ф. Сердюкова // Молодой ученый. - 2016. - № 26. - С. 727–731.
14. Барахнина, А.В. Биостимуляторы для рекультивации почвы, загрязненной буровыми отходами / В. Б. Барахнина, А. И. Абдракипов, Г. Г. Ягафарова // Безопасность в техносфере. – 2011. – № 3. – С. 38–41.
15. Башмаков, Д.И. Аккумуляция тяжелых металлов некоторыми высшими растениями в разных условиях местообитания / Д.И. Башмаков, А.С. Лукаткин // Агрохимия. – 2002. – №9. – С. 66–71.
16. Белоусов, В.С. Обоснование и разработка биотехнологических приемов реабилитации экологически неблагоприятных ландшафтов / В. С. Белоусов, А. А. Швец // Наука Кубани. – 2007. – №4. – С. 53–56.
17. Белоусов, В.С. Пути восстановления плодородия почв, подверженных химической и биологической деградации в Западном Предкавказье / В.С. Белоусов, А.А. Швец // Энтузиасты аграрной науки / Тр. КубГАУ. – Краснодар, 2009. – Вып. №9. –С. 142–145.
18. Белых, Л.И. Закономерности распределения бенз(а)пирена в почвах агроэкосистем Южного Прибайкалья / Л.И. Белых, И.А. Рябчикова, В.А. Серышев // Агрохимия. - 2004. - №4. - С. 65-72.

19. Байкал ЭМ-1 – микробиологическое удобрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://senpolia.tskm.ru/preparats/baikal.shtml>. Дата обращения 29.02.2018.

20. Бобренко, Е. Г. Особенности рекультивации нефтезагрязненных земель на нефтегазодобывающем месторождении / Е.Г. Бобренко, Я.А. Югов // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2018. - №3 (14) – С. 1-13.

21. Бозров А.Р. Применение современных технологий трудноизвлекаемой нефти как главный фактор роста добычи в Российской Федерации / А.Р. Бозров // Инновации и инвестиции, 2020. - №1.- С. 277-280.

22. Боковикова, Т.Н. Использование нефтешламов в строительстве дорожных покрытий и одежд / Т.Н. Боковикова, Д.Р. Шпербер, Е.Р. Шпербер, С.С. Волкова // Нефтегазовое дело. - 2011. - № 2. - С. 311– 315.

23. Бондаренко А.Н. Оценка нефтяного загрязнения почв аридных территорий (на примере Астраханской области): Автореф. дис. канд. геогр. наук. – Астрахань, 2008. – 24 с.

24. Боронина А.А. Оценка содержания нефтепродуктов в образцах почв г. Казань / А.А. Боронина // Вестник магистратуры, 2021. №3-2 (114). – С. 3-5.

25. Бортник, Т.Ю. Последствие длительного использования систем удобрения на показатели плодородия почвы / Т.Ю. Бортник, К.С. Клековкин, А.Ю. Карпова, А.С. Башков // Плодородие. – 2022. – №3. – С. 42-45.

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.12

26. Бочарникова, Е.А. Влияние нефтяного загрязнения на свойства серо-бурых почв Апшерона и серых лесных почв Башкирии / Е.А. Бочарникова. - М.: Наука, 1990.- 160 с.

27. Булуктаев, А.А. Изменение эколого-биологических свойств светло-каштановых почв Калмыкии при загрязнении нефтепродуктами / А.А.

Булуктаев, Л.Х. Саганджиев, Ц.Д. Дорджиева // Известия Саратовского университета. - 2013. - Т.13. - № 1. - С. 102-107.

28. Валеева, А.А. Серые лесные почвы Республики Татарстан / А.А. Валеева, А.Б. Александрова, Г.Ф. Копосов // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. Науки, 2011. – Т. 153, кн. 2. – С. 238–249.

29. Вальков В.Ф. Почвенная экология сельскохозяйственных растений / В. Ф. Вальков - М, 1986. – 206 с.

30. Васильева Е. Е. Рекультивация нарушенных земель в Республике Татарстан / Е.Е. Васильева // Экологические проблемы промышленных городов: сб. научных трудов 3-ей всесоюзной научно-практической конференции. – Саратов: Изд-во Саратовского гос. технического ун-та, 2007. – С.33-38.

31. Васильев, А.В. Экологический мониторинг загрязнения почвы нефтесодержащими отходами / А.В. Васильев, Д.Е. Быков, А.А. Пименов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015 г. - № 4. – С. 269-272.

32. Васильев, А.К. Проблемы техногенного загрязнения земель сельскохозяйственного назначения / А.К. Васильев, И.А. Гущина // В сборнике: Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020). Материалы XVI Международной научно-технической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. В 2-х томах. - 2020. - С. 121-124.

33. Вержбицкий, В.В. Охрана окружающей среды в нефтегазовом деле: учеб. пособие / В.В. Вержбицкий, И.И. Андрианов, М.Д. Полтавская // Ставрополь: СКФУ, 2014. - 97 с.

34. Вершинин, А.А. Оценка биологической активности дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава в условиях нефтяного загрязнения / А.А. Вершинин, А.М. Петров, Д.В. Акайкин, Ю.А. Игнатъев // Почвоведение. - 2014. - №2.- С. 250-256.

35. Воеводина, Т.С. Влияние нефти на химические свойства чернозема обыкновенного южного Предуралья / Т.С. Воеводина, А.М. Русанов, А.В. Васильченко // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. - №10. – С.157-160.

36. Восстановление нефтезагрязнённых почвенных систем [под ред. М. И. Глазовской]. М.: Наука, 1988. - 254 с.

37. Габбасова И. М. Деградация и рекультивация почв Южного Приуралья: специальность 03.00.27: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Габбасова Илюся Масгутовна. – Москва, 2001. – 48 с.

38. Габбасова, И.М. Оценка состояния почв с давними сроками загрязнения сырой нефтью после биологической рекультивации / И.М. Габбасова, Ф.Х. Хазиев, Р.Р. Сулейманов // Почвоведение. 2002. - №10. - С.1259-1273.

39. Габбасова, И.М. Деградация и рекультивация почв Башкортостана / И.М. Габбасова. - Уфа: Гилем, 2004. - 283 с.

40. Гагарин А.И. Землепользование: проблемы, пути решений / А.И. Гагарин // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2009. - №3 (2). – С. 226-229.

41. Гаджиев, Н.Г. Внедрение культурных фитоценозов с целью улучшения состояния нарушенных почв (на примере Чеченской Республики)/ Н.Г. Гаджиев, , Р.А. Гакаев // В сборнике: Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник научных трудов, 2014. - С. 227-230.

42. Галаветдинов С.М. Действие нефтяного загрязнения и агрохимикатов на продуктивность ячменя в условиях серой лесной почвы: специальность 35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение»: магистерская диссертация на соискание степени магистра / Галаветдинов Салават Маратович, 2019. – 68 с.

43. Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*.

Методическое пособие / Ф.Б. Ганнибал // Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ГНУ ВИЗР Россельхозакадемии), 2011. - 68. с.

44. Гасанов А.Р. Почва, как важнейший природный ресурс / А.Р. Гасанов // Вестник Социально-педагогического института, 2020. - №4 (36). – С. 18-23.

45. Гайнутдинов, М.З. О токсичности нефти / М.З. Гайнутдинов, И.А. Гайсин, И.Т. Храмов, М.Ю. Гилязов // Проблемы разработки автоматизированных систем наблюдения, контроля и оценки состояния окруж. среды: Тез. докл. Всесоюз. науч. - техн. конф. - Казань, 1979. - С.141-143.

46. Гайсин, И.А. Микро- и макроудобрения в интенсивном земледелии / И.А. Гайсин. – Казань: Таткнигоиздат, 1989. – 126 с.

47. Гайсин, И.А. Полифункциональные хелатные микроудобрения /И.А. Гайсин, Ф.А. Хисамеева. – Казань: издательский дом «Меддок», 2007. – 230 с.

48. Гакаев Р.А. Нефтезагрязненные почвы чеченской республики: их современное состояние и перспективы оптимизации / Р.А. Гакаев // В сборнике: Человек и окружающая среда: друзья или враги? Материалы Международной научной конференции, 2011. – С. 7-9.

49. Гапонюк Э.И. Остаточное содержание пестицидов в объектах внешней среды и их биологическое значение / Э.И. Гапонюк // Загрязнение атмосферы и почвы. М.: Гидрометиздат, 1977. - Вып. 7 (76). - С. 65-88.

50. Гилязов, Е.Г. Экология и нефтегазовый комплекс / Е.Г. Гилязов, М.Д. Диаров, Р.Р. Муликов // Алматы: Галым, 2003. – Т. 4 – 832 с.

51. Гилязов, М.Ю. Агроэкологическая характеристика и приемы рекультивации нефтезагрязненных черноземов Республики Татарстан / М.Ю. Гилязов, И.А. Гайсин. – Казань: Фэн, 2003. – 228 с.

52. 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, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича. Казань, 2021. С. 275-282.

53. 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/ Авторский коллектив: Валиев А.Р., Зиганшин Б.Г., Васин А.В., Ахметов Т.М., Нежметдинова Ф.Т., Шайдуллин Р.Р., Дмитриев А.В., Сержанов И.М., ПартоевКурбонали, АхметАккёпрю, КамилЭкичи, БахаттинЦак и др. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. С 84-90.

54. Гилязов, М. Ю. Длительное применение удобрений и продуктивность пашни / М. Ю. Гилязов, А. А. Лукманов, М. Р. Муратов. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2016. – 220 с.

55. Гилязов, М.Ю. Изменение некоторых агрофизических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении товарной нефтью в условиях Татарстана / М.Ю. Гилязов // Почвоведение. – 2002. - № 12. - С. 1515 – 1519.

56. Гилязов, М.Ю. Изменение некоторых агрохимических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении его нефтью / М.Ю. Гилязов // Агрохимия. – 1980. - № 12. – С. 72 – 75.

57. Гилязов, М. Ю. Изменчивость химического состава урожая и нормативного выноса питательных веществ озимой ржи под действием агрохимикатов / М.Ю. Гилязов, Б.Р. Юнусов // Вестник Казанского

государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 12, № 4-2(47). – С. 24-26.

58. Гилязов, М.Ю. Нефтезагрязненные почвы Республики Татарстан / М.Ю. Гилязов // Агрехимический вестник. – 2001.- № 6. – С. 21-24.

59. Гилязов, М.Ю. Нефтезагрязненные почвы Республики Татарстан и приемы их рекультивации / М.Ю. Гилязов, И.А. Гайсин, А.А. Яппаров – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. - 244 с.

60. Гилязов, М. Ю. Технологии реабилитации нефтезагрязненных земель агроэкологическими приемами / М.Ю. Гилязов, А.Р. Равзутдинов // Актуальные вопросы использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ, Казань, 21 апреля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 69-74.

61. 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.

62. Глазовская, М.А. Скорость самоочищения почв от нефти в различных природных зонах / М.А. Глазовская, Ю.И. Пиковский // Природа., М.: Наука, 1980. - № 5. - С. 118–119.

63. Голованов, А. И. Введение в природообустройство / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин. – М.: МГУП, 2003. – С. 49.

64. Голованов, А.И. Рекультивация нарушенных земель / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, В.И. Сметанин. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 336 с.

65. Горшкова, Е.И. ОВ-режимы почв АБС «Чашниково» / Е.И. Горшкова, В.Г. Саакян // Вестник Московского ун-та Сер 17 (Почвоведение). 1985. № 4 - С. 42 – 48.

66. Горшкова, О. В. Агрехимические показатели нефтезагрязненных черноземов и особенности их сельскохозяйственной рекультивации в условиях Среднего Поволжья: диссертация... кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.04 / Горшкова Оксана Васильевна; [Место защиты: Самарский государственный аграрный университет]. - Кинель, 2019. - 179 с.

67. Горшкова, О. В. Ретроспективный анализ состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения в коридоре коммуникаций трубопроводов / О.В. Горшкова, Н.М. Троц, Н.В. Матыцина // Педагогика, наука и технологии как составные части эффективной экономики АПК : Сборник научно-практических материалов Международной научно-практической конференции, Казань, 31 мая – 02 2023 года. – Казань: Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса, 2023. – С. 360-365.

68. Горшкова, О. В. Техногенная деградация почв нефтедобывающих районов Самарской области / О.В. Горшкова, Н.М. Троц, Н.В. Матыцина // Инновационное развитие землеустройства : Сборник научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Самара, 31 марта 2023 года. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – С. 125-129.

69. ГОСТ Р 57447-2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200145086>. Дата обращения 10.02.2022.

70. ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения.

71. Гребенюк, Г. Н. Магистральные нефтепроводы и их воздействие на окружающую среду/ Г. Н. Гребенюк, Е. А. Чернявский, Г. К. Ходжаева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2011. - 13 (1-5). – С.1260-1263.

72. Грищенко О.М. Ботанические аномалии как поисково-разведочный критерий нефтегазоносности / О.М. Грищенко // Экология. - 1982. - № 1. - С. 18-22.

73. Давлятшин, И.Д. Состояние пахотных почв и урожайность зерновых культур в Республике Татарстан / И. Д. Давлятшин, А. А. Лукманов, Н. Б. Бакиров, И. С. Нуриев // Агрехимический вестник. – 2007. – № 3. – С. 2-4.

74. Давлятшин, И.Д. Справочник агрохимика /И.Д. Давлятшин, М.Ю. Гилязов, А.А. Лукманов и др. – Казань: ИД МеДДоК, 2013. – 300 с.

75. Девяткин, С.А. Влияние средств химизации на качество семенного материала ярового рапса / С.А. Девяткин, Т.Ф. Девяткина, Д.В. Бочкарев, М.Ю. Кустов, Е.О. Обломова // Материалы XXIV научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва : Материалы конференции. В 3-х частях, Саранск, 19–21 мая 2021 года / Сост. А.В. Столяров, отв. за выпуск П.В. Сенин. Том Часть 2. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2021. – С. 32-37.

76. Девяткина, Т.Ф. Эффективность фунгицидов в снижении вредоносности биотрофных патогенов на яровом рапсе / Т.Ф. Девяткина, С.С. Чигорин, А.И. Силаев, Д.В. Бочкарев, Е.О. Глазкова // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 1. – С. 4-10.

77. Девяткина, Т.Ф. Оценка эффективности фунгицидов в сдерживании альтернариоза и фомоза на яровом рапсе / Т.Ф. Девяткина, С.С. Чигорин, А.И. Силаев, Д.В. Бочкарев, В.Д. Бочкарев // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 5. – С. 19-27.

78. Девяткина, Т.Ф. Фитосанитарное состояние посевов ярового рапса в условиях юга Нечерноземной зоны РФ / Т.Ф. Девяткина, С.С. Чигорин, С.А. Девяткин, Е.О. Обломова, Д.В. Бочкарев // Защита растений от

вредных организмов, Краснодар, 21–25 июня 2021 года / Материалы X международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского государственного аграрного университета . – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 107-110.

79. Девяткина, Т.Ф. Сравнительная эффективность фунгицидов в снижении распространения и развития мучнистой росы на яровом рапсе / Т.Ф. Девяткина, С.С. Чигорин, Е.О. Глазкова, Д.В. Бочкарев // Защита растений от вредных организмов : Материалы XI международной научно-практической конференции, Краснодар, 19–23 июня 2023 года. Том Выпуск 11. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 114-117.

80. Дегтярева, И.А. Применение консорциума аборигенных углеводородокисляющих микроорганизмов для ремедиации черноземной и серой лесной почв Республики Татарстан / И.А. Дегтярева, А.Я. Давлетнина // Вестник Казанского технологического университета, 2015. - №18 (4). С. 275-278.

81. Демиденко, А.Я. Пути восстановления плодородия нефтезагрязненных почв черноземной зоны Украины / А.Я. Демиденко, В.М. Демурджан // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. - М.: Наука, - 1988. - С. 197–206.

82. Дмитриева, В.В. Влияние нефтяного загрязнения на морфофизиологические показатели некоторых травянистых растений / В.В. Дмитриева, Г.А. Петухова // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. - 2017. - № 2. - С. 9.

83. Довгополая Е.А. Эколого-экономическая эффективность плодородия почв / Е.А. Довгополая // Инженерный вестник Дона, 2012. - №22 (4-1). – С. 111.

84. Доля нефти в мировом энергопотреблении при энергопереходе сократится с 33 % до 20 % к 2050 г., газа - почти не изменится – прогноз

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.investing.com/news/commodities-news/article-2111484>. Дата обращения 23.12.2023.

85. Донец, Е.В. Влияние нефтяного загрязнения на прорастание семян хвойных пород / Е.В.Донец, А.И.Григорьев // Лесоведение. – 2008.– № 5. – С. 18–21.

86. Другов, Ю.С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов / Ю.С. Другов, А.А. Родин. - М., 2007. - 272 с.

87. Жидков, А.Н. Рекультивация нарушенных земель / А.Н. Жидков, Л.Л. Коженков // Лесохозяйственная информация, 2019. - №3. – С. 134-145.

88. Жолдакова, З.И. Опасность загрязнения водных объектов при нефтедобыче / З.И. Жолдакова, Н.И. Беляева // Гигиена и санитария. – 2015.- №94 (1). - С. 28–31.

89. Жумаев, К.К. Методы разработки высоковязкой нефти / К.К. Жумаев, М.К. Туракулова, И.У. Бурхонов // Теория и практика современной науки, №3 (45), 2019. – С. 126-129.

90. Заболотских, В.В. Технологические подходы к детоксикации и биовосстановлению нефтезагрязнённых земель / В.В. Заболотских, С.Н. Танких, А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2018. - №20 (5-3). - С. 341-351.

91. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2014-2019 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php>. Дата обращения 22.11.2021.

92. Заикин И. А. Методика оценки эколого-экономических последствий загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами / И.А. Заикин // Проблемы анализа риска. - 2005. Т. 2, № 1. - С. 6–28.

93. Заикина, В.Н. Биоиндикаторы оценки токсичности нефтезагрязненных почв / В.Н. Заикина, А.А. Околелова // Сборник докладов VII Международного заочного конкурса научно-исследовательских работ

«Перспективы науки – 2017» (24.11.2017). Том 2 (Естественные и технические науки). Казань: Рокета Союз, 2017. - С. 30–37.

94. Захарченко, А.В. Рекультивация нефтезагрязненной почвы по программе Cleansoil / А.В. Захарченко, Ю.В. Коржов, Е.Д. Лапшина, М.Г. Кульков, Д.М. Ярков, Д.И. Хорошев // Почвоведение. – 2011. – № 4. – С. 495–504.

95. Зачиняева, А.В. Сравнительная микологическая характеристика состояния почвы в техногенных условиях Крайнего Севера / А.В. Зачиняева, Е.В. Лебедева, Я.В. Зачиняев // Современная микология в России. - 2002. - №1. – С. 47.

96. Зволинский, В.П. Влияние нефти и нефтепродуктов на свойства почв и почвенные микроорганизмы / В.П. Зволинский, Е.К. Батовская, Н.А. Черных // Агрехимический вестник. - 2005. - № 2. - С. 22-25.

97. Звягинцев, Д.Г. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почвы нефтью / Д.Г. Звягинцев, В.С. Гузев, С.В. Левин, Г.И. Селецкий, А.А. Оборин // Почвоведение. - 1989. - №1. – С.72-78.

98. Иванов Д.В. Тяжелые металлы в почвах республики Татарстан (обзор) / Д.В. Иванов // Российский журнал прикладной экологии, 2015. - №4 (4). – С. 53-60

99. Иванов, А.В. Гигиеническая оценка загрязнения почв на территории нефтедобывающих районов Республики Татарстан / А.В. Иванов, Е.А. Тафеева // Гигиена и санитария, 2009. - № 3. - С. 41-44.

100. Иванова, Н.А. Влияние нефтяного загрязнения почв на ферментативную активность микроорганизмов и функциональные особенности растений / Н.А. Иванова, Л.Е. Корчагина, Ю.Н. Вернигорова // Перспективы науки. - 2015. - № 9 (72). - С. 142-146.

101. Изилиянов, А.Ю. Биоремедиация нефтезагрязненных почв / А.Ю. Изилиянов, Н.Н. Минина // Вестник науки. – 2021. - №1, - 6-1 (39). - С. 200-203.

102. Иларионов, С.А. Роль микромицетов в фитотоксичности нефтезагрязненных почв / С.А. Иларионов, А.В. Назаров, И.Г. Калачникова // Экология. - 2003. - № 5. - С. 341-346.

103. Ильина, В.Н. Состояние почвенно-растительного покрова в районе переезда на 1184 км Южно-Уральской железной дороги, поврежденного вследствие нефтяного загрязнения (результаты экологической экспертизы) / В.Н. Ильина, А.В. Виноградов, П.С. Мельников // Вестн. Самарск. гос. пед. ун-та. Естественногеографич. ф-т. Вып. 6: В 2 ч. Ч. 1. Самара: СГПУ, 2008. - С. 96-99.

104. Исакова Е. А. Особенности воздействия нефти и нефтепродуктов на почвенную биоту / Е. А. Исакова // Colloquium-journal. – 2019. – № 12 (36). – С. 7-10.

105. Исмаилов Н.М. Микробиология и ферментативная активность нефтезагрязненных почв / Н.М. Исмаилов // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. - С. 42–56.

106. Исмаилов, Н.М. Самоочистительная способность почв от нефти и нефтепродуктов в зависимости от структуры углеводородов / Н.М. Исмаилов, А.С. Гасимова // Аридные экосистемы. - 2016. - Т. 22. - № 4 (69). - С. 73-80.

107. Исмаилов, Н.М. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязнённых земель / Н.М. Исмаилов, Ю.И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем. - 1998. - С. 222-236.

108. Каштанов, А.А. Оператор обезвоживающей и обессоливающей установки: Учебн. пособие / А.А. Каштанов, С.С. Жуков // М.: Недра, 1985. - С. 9.

109. Кидин, В.П. Агрохимия / В.В. Кидин, С.П. Торшин. М.: Проспект, 2016. – 608 с.

110. Киреева, Н.А. Биологическая активность нефтезагрязненных почв / Н.А. Киреева, В.В. Водопьянов, А.М. Мифтахова // Уфа: Издательство «Гилем», 2001. - 376 с.

111. Киреева, Н.А. Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность серой лесной почвы / Н.А. Киреева, А.М. Мифтахова, Г.Г. Кузяхметов // *Агрохимия*. - 2001. - № 5. - С. 64-69.
112. Киреева, Н.А. Детоксикация нефтезагрязненных почв под посевами люцерны (*Medicago sativa* L.) / Н. А. Киреева, Е. М. Тарасенко, М. Д. Бакаева // *Агрохимия*. – 2004. – № 10. – С. 68–72.
113. Киреева, Н.А. Изменение свойств серой лесной почвы при загрязнении нефтью и в процессе рекультивации / Н.А. Киреева, Е.И. Новоселова, Ф.Х. Хазиев // *Башкирский экологический вестник*. - 1998. - № 3. - С. 3-7.
114. Киреева, Н.А. Комплексное биотестирование нефтезагрязненных почв / Н.А. Киреева, Т.Р. Кабиров, И.Е. Дубовик // *Теоретическая и прикладная экология*. - 2007. - № 1. - С. 28- 32.
115. Киреева, Н.А. Микромицеты почв, загрязненных нефтью, и их фитотоксичность / Н.А. Киреева, А.М. Галимзянова, А.М. Мифтахова // *Микология и фитопатология*. - 2000. - Т. 34. - Вып. 1. - С. 36-41.
116. Киреева, Н.А. Рост и развитие растений яровой пшеницы на нефтезагрязненных почвах и при биоремедиации / Н.А. Киреева, А.М, Мифтахова, Г.М. Салахова // *Агрохимия*. - 2006. - №1.- С.85-90.
117. Киреева, Н.А. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения почвы / Н.А. Киреева, А.М. Мифтахова, Г.Г. Кузяхметов // *Вестник Башкирского университета*. - 2001 - № 1. - С. 32-34.
118. Киреева, Н.А. Фосфогидролазная активность нефтезагрязненных почв / Н. А. Киреева, Е. И. Новоселова, Ф. Х. Хазиев // *Почвоведение*. 1997. – №6. – С. 723–725.
119. Киреева, Н.А. Фитотоксичность антропогенно-загрязненных почв / Н.А. Киреева, Г.Г. Кузяхметов, А.М. Мифтахова, В.В. Водопьянов // *Уфа: Гилем*, 2003. - 266 с.

120. Кириенко, О.А. Влияние загрязнения почвы нефтепродуктами на состав микробного сообщества / О.А. Кириенко, Е.Л. Имранова // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2015. – № 3. – С. 79–86.

121. Климова, Е.В. Агроэкологическая характеристика и приемы восстановления плодородия нефтезагрязненных почв / Е. В. Климова // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 2004. – № 2. – С. 302.

122. Климова, Е. В. Агроэкологическая характеристика и рекультивация нарушенных нефтедобывающими предприятиями земель в условиях Республики Татарстан / Е. В. Климова // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 2006. – № 3. – С. 588.

123. Ковалева, М.М. Фузариоз колоса. В кн.: Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие / М.М. Ковалёва, Т.Ю. Гагкаева // М.: Россельхозакадемия, 2008, С. 151–184.

124. Козловская Н. В. Трансформация почвы и почвенного покрова под влиянием пластовых минерализованных вод при нефтедобыче в условиях Удмуртии: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.16 / Козловская Наталья Викторовна. – Пермь, 2001. – 15 с.

125. Колесников, С.И. Биодиагностика экологического состояния почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков и др. - Ростов на // Д: изд-во ЗАО Ростиздат, 2007. - С. 192.

126. Колесниченко А.В. Процессы биodeградации в нефтезагрязненных почвах / А.В. Колесниченко // М.: Промэкобезопасность, 2004. - 194 с.

127. Коннова, Е. В. Восстановление нефтезагрязненных земель / Е. В. Коннова, А. Н. Иоппа // Молодёжь, наука, творчество - 2016: материалы XIV межвузовской научно-практической конференции студентов и аспирантов,

Омск, 23–26 мая 2016 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2016. – С. 615-616.

128. Коробкин, В.И. Экология и охрана окружающей среды: учебник / Коробкин В.И., Передельский Л.В. – М.: КноРус, 2017. – 329 с.

129. Королева, И.Е. Современные технологии очистки и восстановления земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / И.Е. Королева, Л.Т. Рязанцева, В.И. Федянин // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, 2011. - №1(2). - С. 65-67.

130. Коронелли Т. В. Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводов в окружающей среде (обзор) / Т. В. Коронелли // Прикладная биохимия и микробиология. – 1996. – 32, - № 6. – С. 579-585.

131. Корчина, Т. Я. Сравнительная характеристика интоксикации свинцом и кадмием населения Ханты- Мансийского автономного округа / Т.Я. Корчина, В.И. Корчин // Гигиена и санитария. – 2011. – № 3. – С. 8-10.

132. Кошелева, Н.Е. Многолетняя динамика и факторы накопления бенз(а)пирена в городских почвах (на примере ВАО Москвы) / Н.Е. Кошелева, Е.М. Никифорова // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. – 2011. – № 2. – С. 25–34.

133. Кудрявцева, О.В. Снижение экологических ущербов в энергетическом комплексе посредством определения масштабов загрязнения от разливов нефти на нефтепроводах / О.В. Кудрявцева, А.А. Попова // Государственное управление. Электронный вестник, 2017. - № 64. - С. 45-55.

134. Кузнецова, Т.В. Динамика микробного пула дерново-подзолистых почв при разных начальных уровнях нефтяного загрязнения / Т.В. Кузнецова, А.М. Петров, Р.Э. Хабибуллин // Вестник технологического университета. - 2017. - Т. 20. - № 17. - С. 116-120.

135. Кузнецова, Т.В. Состав микробных сообществ при различном содержании нефтепродуктов в серых лесных почвах / Т.В. Кузнецова, А.М.

Петров, И.В. Князев, Р.Э. Хабибуллин // Вестник Казанского технологического университета. - 2016. - Т. 19. - № 14. - С. 165–168.

136. Кулиев, А. Г. Токсичность нефтезагрязненных земель и возможность их рекультивации / А.Г. Кулиев, Ч.Т. Бахшиева // Почвы в биосфере : Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 10 сентября – 14 2018 года / Ответственный редактор А.И. Сысо. Том Часть 2. – Новосибирск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2018. – С. 329-332.

137. Куликова, И. Ю. Современные технологии очистки почвенных территорий и водных акваторий от нефтяного загрязнения / И. Ю. Куликова, И. С. Держинская // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2008. - Вып. 25. - С. 72-75.

138. Кураков, А.В. Биоиндикация и реабилитация экосистем при нефтяных загрязнениях / А.В. Кураков, В.В. Ильинский, С.В. Котелевцев, А.П. Садчиков, ред. Садчиков А.П., Котелевцев С.В. // М.: Изд. Трафикон», 2006. - 336 с.

139. Курочкин, М.Ф. Природные провинции и агропочвенные районы Татарской АССР / М.Ф. Курочкин // Агропроизводственная характеристика почв Татарии и их рациональное использование. Изд. 2-е, перераб. и доп. - Казань: Таткнигоиздат, 1968. - С. 94-110.

140. Кутлина Н.Г. Современные проблемы экологии и пути их решения: Сборник научных докладов III Международной научно-практической конференции 15-17 ноября 2022 года / Под ред. проф. Н.Г. Кутлина // Бирск: Бирский филиал УУНиТ, 2022. – С. 15.

141. Кутонова, Е.В. Определение нефтеемкости методом сорбции на примере углеродных волокнистых материалов / Е.В. Кутонова, Н.А. Кузина // Национальная ассоциация ученых, 2022. - №77. – С. 63-68.

142. Лавриненко, И. А. Формирование вторичных растительных сообществ на площадках нефтегазоразведочных скважин в Большеземельской тундре / И. А. Лавриненко, О. В. Лавриненко, Е. Е. Кулюгина // Сибирский экологический журнал. – 1998. – № 3. – С. 275-284.

143. Лавриненко, О. В. Технология рекультивации нефтезагрязненных почв / О. В. Лавриненко // Химия и инженерная экология: XVI международная научная конференция, посвященная 15-летию реализации принципов Хартии Земли в Республике Татарстан, Казань, 25–27 сентября 2016 года. – Казань: Фолиант, 2016. – С. 63-69.

144. Лаврова, О.Ю. Комплексный спутниковый мониторинг морей России / О.Ю. Лаврова, А.Г. Костяной, С.А. Лебедев // М.: ИКИ РАН, 2011. – - 480 с.

145. Лапа, В.В. Активность оксидаз в высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при разных уровнях минерального питания сельскохозяйственных культур/ В.В. Лапа, Н.А. Михайловская, С.А. Касьянчик, Т.В. Погирницкая // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – №2. – С.124–134.

146. Лапина, В.В. Распространенность и вредоносность черного зародыша зерновых культур / В.В. Лапина, А.С. Савельев, Д.В. Бочкарев, Ю.Н. Недайборщ // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6(188). – С. 13-20.

147. Лебедева, Е.В. Влияние нефтехимических загрязнений на микромицеты почвы / Е.В. Лебедева, И.Г. Каневская, Г.И. Трилесник // Вестник ЛГУ. -1988. - Сер. 3. - № 4. - С. 31-35.

148. Левшин, Л.В. Люминесценция и ее измерение: Молекулярная люминесценция / Л.В. Левшин, А.М. Салецкий // М.: МГУ, 1989. - 272 с.

149. Леднев А.В. Изменение свойств дерново-подзолистых суглинистых почв под действием загрязнения продуктами нефтедобычи и приемы их рекультивации. Автореф. дисс. д-ра сельскохоз. наук: 06.01.03. / А.В. Леднев // Киров, 2008. С. 39.

150. Леднёв А.В. Изменение свойств почв европейской части Нечерноземной зоны РФ под действием продуктов нефтедобычи и приемы их ремедиации / А.В. Леднёв // Ижевск: Цифра, - 2018. - 229 с.

151. Леднёв, А.В. Влияние нефтяного загрязнения на агрохимические и токсикологические показатели дерново-подзолистых почв / А.В. Леднёв, А.В. Ложкин // Агрохимический вестник. – 2019. - № 2. – С.72-78.

152. Литвиненко, С.Н. Защита нефтепродуктов от действия микроорганизмов / Литвиненко С.Н. – М.: Химия, 1977. – 143 с.

153. Логинов, О. Н. Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений / О.Н. Логинов, Н.Н, Силищев, Т.Ф. Бойко, Н.Ф. Галимзянова // Уфа: Гос. изд. научно-тех. литературы «Реактив», 2000. – 100 с.

154. Ломако Е.И. Воспроизводство плодородия почв Республики Татарстан/ Е.И. Ломако, Н.Б. Бакиров. – Казань: Изд-во Казанского университета, 2007. – 318 с.

155. Лукманов, А.А. Мониторинг плодородия почв Республики Татарстан / А.А. Лукманов, С.Ш. Нуриев, Р.И. Бектимиров //Агрохимический вестник. - 2013. - № 4. - С. 52–53.

156. Мажайский, Ю.А. Нейтрализация загрязненных почв. Монография / Под общ. ред. Ю.А. Мажайский - Рязань, МФ Мещерский ф-л ВНИИГиМ РСХА, 2008. – 528 с.

157. Мажайский, Ю.А. Экологическое обоснование технологий реабилитации загрязненных земель / Ю.А. Мажайский, В.И. Желязко // Земледелие №2, 2003. – С. 6-9.

158. Макаренкова, И. Ю. Экологическая оценка воздействия нефтегазовой деятельности на водные объекты Среднего Приобья: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Макаренкова Ирина Юрьевна. – Ростов н/Д, 2007. – 25 с.

159. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов / О.Е. Марфенина // М.: Медицина для всех. - 2005. – 196 с.

160. Махотлова, М.Ш. Влияние нефтяных загрязнений на окружающую среду / М.Ш. Махотлова, З.М. Темботов // Науки о земле, 2016. - С.105-107.

161. Мерзлякова Д.А. Изучение влияния нефти на агрохимические показатели почв / Д.А. Мерзлякова // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 37. – С. 1231-1246.

162. Мерзлякова, А.С. Изменение свойств нефтезагрязненных почв / А.С. Мерзлякова, А.А. Околелова, В.Н. Заикина, А.В. Пасикова // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология, 2017. Т.7. - № 2. - С.173-180.

163. Мерициди, И.А. Техника и технология локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / И.А. Мерициди, В.Н. Ивановский, А.Н. Прохоров и др. // Под ред. И.А. Мерициди. СПб.: НПО «Профессионал», 2008. - 824 с.

164. Мессинева, Е.М. Опыт восстановления почвы с помощью микроорганизмов / Е. М. Мессинева, Н.Б. Мануйлова, Н.В. Федотова // Антропогенная трансформация природной среды, 2012. - № 1. - С. 221–225.

165. Минеев В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.

166. Минкина, Т.М. Индикация химического загрязнения почв и растений / Т.М. Минкина, Т.В. Вардуни, С.С. Манджиева, С.Н. Сушкова // Изд.: Печатная лавка, Ростов-на-Дону, 2015. - 192 с.

167. Митракова, Н.В. Исследование устойчивости темно-серых почв Пермского края методом биотестирования при загрязнении почв тяжелыми металлами / Н.В. Митракова, И.Е. Шестаков // Антропогенная трансформация природной среды. – 2015. – № 1. – С. 143–147.

168. Мифтахова, А.М. Прямое и трансбиотическое влияние нефтяного загрязнения почв на высшие растения / А.М. Мифтахова: Автореф. дис... канд. биол. наук. - Уфа, 2002.-17 с.

169. Мотузова, Г. В. Экологический мониторинг почв: учебник / Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова. – М.: Академический Проект: Гаудеамус, 2007. – 237 с.
170. Мотузова, Г.В. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия / Г.В. Мотузова, Е.А. Карпова: учеб. пособие. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2013. - 304 с.
171. Муравьева, Н.В. Основные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов / Н.В. Муравьева, О.В. Кащенко // III Международная научно-практическая конференция «Экологическая безопасность и устойчивое развитие урбанизированных территорий» - Н. Новгород: ННГАСУ, 2023. – С. 74.
172. Мурзаков Б.Г. Экологическая биотехнология для нефтегазового комплекса / Б.Г. Мурзаков // М., 2005. - 200 с.
173. Мустафин, М.Р. Все о Татарстане (Экономико-географический справочник)/ М.Р. Мустафин, Р.Г. Хузеев. – Казань: Татарское книжное изд-во, 1994. – 164 с.
174. Мухортов, Д. И. Утилизация органических отходов при искусственном лесовосстановлении: автореф. дисс.... д-ра с.-х. наук / Д. И. Мухортов. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – 44 с.
175. Назаров А.В. Влияние нефтяного загрязнения почвы на растения / А.В. Назаров // Вестник Пермского университета. Серия: Биология, 2007. - №5. - С. 134-141.
176. Назаров А.В. Микробно-растительное взаимодействие при нефтяном загрязнении дерново-подзолистых почв Пермского Предуралья: Автореф. дис. канд. биол. наук. Пермь, - 2000. - 24с.
177. Назаров, А.В. Формирование растительности на экспериментальных загрязненных площадках / А.В. Назаров, С.А. Иларионов, Э.А. Азизова // Вестник Пермского университета. - 2000. - Вып. 2. - С. 80-84.

178. Назарюк, В.М. Роль минерального питания в повышении продуктивности растений и регулировании пищевого режима почвы, загрязненной нефтью / В.М. Назарюк, М.И. Кленова, Ф.Р. Калимуллина // *Агрехимия*. - 2007. - № 7. - С. 64-73.

179. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия» (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 апреля 2017 г. № 283 с.

180. 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, 23–24 ноября 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 154-163.*

181. 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.

182. Огорельцева В.В. Влияние нефтяного загрязнения на функциональные особенности растений и механизмы их регуляции / Огорельцева В.В. // В сборнике: теоретические и практические аспекты современной науки. сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 14-17.

183. Огородников, А.В. Влияние нефтяного загрязнения на водно-физические свойства и калийное состояние почв нефтегазоносных районов Томского Севера / А.В. Огородников, В.П. Середина // *Вопросы географии Сибири*. Вып. 23. Под ред. А.М. Малолетко и В.С. Хромых. Томск, 1999. - С. 170-178.

184. Околелова, А.А. Оценка содержания нефтепродуктов в почвах / А.А. Околелова, В.Н. Капля, А.Г. Лапченков // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 2019. – Том 43., №1. – С. 76–86.

185. Орлов Д.С. Теоретические и прикладные проблемы химии гумусовых веществ / Д.С. Орлов // Итоги науки и техники. Сер. Почвоведение и агрохимия. М., 1979. - Т. 2. - С. 58-132.

186. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – М.: Высш. Шк, 2002. – 334 с.

187. Осипов, А.В. Влияние антропогенных изменений на биологическую активность почв / А.В. Осипов, Т.В. Колесниченко, О.В. Димитриенко // Глобус, 2021. - №7 (64). – С. 26-29.

188. Осипова, Е.С. Влияние нефтяного загрязнения на биохимические и физиологические показатели растений / Е.С. Осипова, Г.А. Петухова // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. - 2014. - № 5-1. - С. 131-135.

189. 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.

190. Осипова Р.А. Действие нефтяного загрязнения агрохимикатов и механической обработки серой лесной почвы на продуктивность яровой пшеницы: специальность 35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение»: магистерская диссертация на соискание степени магистра / Осипова Регина Анатольевна, 2018. – 90 с.

191. 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.

192. 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. – 2019. – Т. 14, № S4-1(55). – С. 85-91.

193. Осипова, Р.А. Влияние загрязнения серой лесной почвы нефтью на поражаемость ярового рапса альтернариозом / Р.А. Осипова, М.Ю. Гилязов // В сборнике: Воспризводство 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 а. - С. 273-277.

194. 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 б. С. 45-50.

195. Панкова, Е. И. Вклад Н. И. Базелевич в развитие почвенной науки / Е. И. Панкова, Т. В. Турсина, А. А. Тишков // Почвоведение. – 2019. – № 11. – С. 1283-1295.

196. Переведенцев, Ю.П. Состояние окружающей среды Республики Татарстан в современный период: Учебное пособие / Ю.П. Переведенцев, Ю.Г. Хабутдинов, А.А. Николаев, А.П. Шлычков, Е.А. Минакова // Казань: Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина, 2007. – С. 92-93.

197. Пермяков, В.Н. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли / В.Н. Пермяков, В.Г. Парфенов, Ю.В. Сивков, учебное пособие. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. - 352 с.

198. Петров А.А. Углеводороды нефти / А.А. Петров. - М.: Наука, 1984. - 264 с.

199. Петров, А.М. Разработка нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Республики Татарстан для земель сельскохозяйственного назначения / А.М. Петров, Э.Р. Зайнулгабидинов, Л.М. Сунгатуллина, Р.Р. Шагидуллин, Д.В. Иванов, О.Ю. Тарасов, Б.Р. Григорьян // Вестник Казанского технологического университета, 2011.- № 23. - С. 129–135.

200. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах / Ю.И. Пиковский. - М.: Наука, 1988. - 122 с.

201. Пиковский, Ю.И. Лабораторно-аналитические методы при определении углеводородного состояния почв / Ю.И. Пиковский, Л.А. Коротков, М.А. Смирнова, Р.Г. Ковач // Почвоведение. 2017. - №10. С.1165-1178.

202. Пиковский, Ю.И. Основы нефтегазовой геоэкологии: учебное пособие / Ю.И. Пиковский, Н.М. Исмалов, М.Ф. Дорохова // под науч. Ред. Д-ра геогр. Наук, проф. А.Н. Геннадиева. – 2 –е изд., перераб. И доп. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 414 с.

203. Пиковский, Ю.И. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами / Ю.И. Пиковский, А.Н. Геннадиев, С.С. Чернянский, Г.Н. Сахаров // Почвоведение. - 2003. - № 9. - С.1132–1140.

204. Подавалов Ю.А. Экология нефтегазового производства / Ю.А. Подавалов. - М.: Инфра-Инженерия, 2010. - 412 с.

205. Полевой В. В. Физиология растений: Учеб. для биол. спец. вузов / В.В. Полевой– М.: Высшая школа, - 1989. – С. 276.

206. Полетаева, О.Ю. Тяжелые, свехвязкие, битуминозные, металлоносные нефти и нефтеносные песчаники / О.Ю. Полетаева, А.Ю. Леонтьев // НефтеГазоХимия, 2019. - №1. - С.19-24.

207. Полонский, В.И. Влияние низких уровней нефтезагрязнения почвы на активность оксидоредуктаз / В.И. Полонский, И.Ю. Борцова, Д.Е. Полонская, Т.С. Бородулина // Вестник КрасГАУ, 2011. - №6. – С. 90-93.

208. Полонский, В.И. О механизмах влияния нефтезагрязнения на прорастание семян пшеницы и салата / В.И. Полонский, Т.С. Бородулина, Д.Е. Полонская // Аграрная наука сельскохозяйственному производству Монголии, Сибири и Казахстана: Сборник научных докладов XIII Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1–2 (Улаанбаатор, 6–7 июня 2010 г.) Монгольская академия аграрных наук. – Улаанбаатор, 2010. – 777 с.

209. Полушина, Ю.В. Сравнение методов рекультивации нефтезагрязненных земель / Ю. В. Полушина, С. В. Овсянникова // Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "Россия молодая" : Конференция проходит при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Кемерово, 18–21 апреля 2017 года / Ответственный редактор Костюк Светлана Георгиевна. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2017. - С. 53011.

210. Пономарева, Л.В. Биоремедиация нефтезагрязненной почвы с использованием биопрепарата «Биосет» и пероксида кальция / Л.В. Пономарева, В.Г. Крунчак, В.А. Торгованова, Н.П. Цветкова, А.И. Осипов // Биотехнология. - 1998. - №1. - С. 79-84.

211. Постановление Правительства Российской Федерации от 10.07.2018 № 800 "О проведении рекультивации и консервации земель". Номер опубликования: 0001201807120031. Дата опубликования: 12.07.2018.

212. Равзутдинов, А. Р. Агрохимическая характеристика и восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы агроэкологическими приемами в условиях Республики Татарстан: специальность 06.01.04 "Агрохимия": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Равзутдинов Амир Рашидович, 2019. – 238 с.

213. Раменский Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский // М.: Сельхозгиз, 1956. – 472 с.

214. Рашид, И.Д. Исследование влияния нефтяного загрязнения на свойства гумуса и фитотоксичность почвы / И.Д. Рашид, Е.Н. Глазин // В сборнике: Системы обеспечения техносферной безопасности. Материалы III Всероссийской конференции и школы для молодых ученых. - 2016. - С. 82-83.

215. Рогозина, Е.А. Модели изменения различных типов почв под воздействием углеводородного загрязнения / Е.А. Рогозина, Р.А. Архангельская, Р.М.Свечина // Новые идеи, теоретические обобщения и методические решения в нефтяной геологии. СПб., 2004. - С. 131 – 139.

216. Роздяловская, Т.А. Отработка способов консервации подземных резервуаров с нефтесодержащими отходами предприятий Пермского края / Т.А. Роздяловская, А.Н. Чудинов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология, 2020. - №2. - С. 7-21.

217. Рубин, В.М. Гигиеническое обоснование нормативов ПДК нефтепродуктов в почвах Республики Беларусь / В.М. Рубин, И.И. Ильюкова, Л.М. Кремко, Ю.А. Присмотров, А.С. Самсонова, И.К. Володько, О.В. Лукашов // Гигиена и санитария. - 2013. -Т. 92. - № 2. - С. 99-101.

218. Руденко, Е.Ю. Биологическая рекультивация почв отходами пивоварения / Е.Ю. Руденко, В.В. Бахарев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. – № 4(54). – С. 133–136.

219. Рудых, А.С. Воздействие установки для переработки замазученных грунтов на окружающую среду / А.С. Рудых, А.В. Богданов // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Киров, 1 декабря 2022 г. – Киров : Вятский государственный университет, 2022. – С. 153.

220. Русаков Л.Ф. Селекция зерновых культур на устойчивость к болезням // Л.Ф. Русаков // Селекция и семеноводство. –М., 1946. – №1-2
221. Садек П. Растворитель для ВЭЖХ: пер. с англ. А.А. Горбатенко, Е.И. Ревинной / П. Садек. - М., 2006. - 704 с.
222. Сакович Н.Е. Методы и средства ликвидации розливов нефти и нефтепродуктов: монография / Н. Е. Сакович // Брянск: Брян. гос. аграр. ун-т, 2012. – 198 с.
223. Саксонов, М.А. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли / М.А. Саксонов, А.Д. Абалаков, Л.В. Данько, О.А. Бархатова, А.Э. Балаян, Д.И. Стом // Физико-химические и биологические методы. - Иркутск: Иркут. Ун-т, 2005.-114 с.
224. Сангаджиева, Л. Х. Химический состав пластовых вод и их влияние на загрязнение почвы / Л. Х. Сангаджиева, Д. Э. Самтанова // Геология, география и глобальная энергия. – 2013. – № 3 (50). – С. 168-178.
225. Седых, В.Н. Влияние отходов бурения и нефти на физиологическое состояние растений / В.Н. Седых, Л.А. Игнатьев // Сибирский экологический журнал. – 2002. – № 1. – С. 47–52.
226. Сейтменбетова, А.Т. Состояние микробиоты рекультивированных техногрунтов территории амбаров нефтяного месторождения Кара-Арна / А.Т. Сейтменбетова, С.Н. Досбергенов // Почвоведение и агрохимия, 2019. - №1. – С. 72-81.
227. Середина, В.П. Изучение некоторых термодинамических показателей калийного состояния пойменных почв Средней Оби / В.П. Середина, Т.С. Ре Пушкина // Рациональное использование почв и почвенного покрова Западной Сибири Томск: Изд-во Томского ун-та. - 1986 - С 35.
228. Середина, В.П. Особенности влияния нефтяного загрязнения на почвы средней тайги Западной Сибири / В.П. Середина, Е.В. Колесникова, В.А. Кондыков, А.И. Непотребный, С.А. Огнев // Нефтяное хозяйство, 2017. - № 5. - С. 108-112.

229. Сколько добыли нефти в Татарстане и какой объем в 2024 году: прогнозы [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://iqtisad.online/ru/news/объем-добычи-нефти-в-2023-году-прогнозы-и-перспективы>. Дата обращения 24.12.2023.

230. Смирнова, В.С. Влияние нефтезагрязнений на почву и растения / В.С. Смирнова, Е.В. Пономаренко // Царскосельские чтения, 2010, II (XIV), С. 149-153.

231. Соколов Л.И. Переработка и утилизация нефтесодержащих отходов / Л.И. Соколов // М.: Инфра- Инженерия, 2017. - 160 с.

232. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов/ Н.П. Солнцева. - М.: Изд-во МГУ, 1998. - 376 с.

233. Солнцева Н.П. Общие закономерности трансформации почв в районах добычи нефти (формы, проявления, основные процессы, модели) / Н.П. Солнцева // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. - С. 23-42.

234. Соловова, Г.К. Приемы повышения ферментативной активности почв Поволжья / Г.К. Соловова, В.В. Пронько // Плодородие. - 2005. - №4 – С. 13-15.

235. Сорокин, Н. Д. Рекультивация нарушенных и загрязнённых земель / Н. Д. Сорокин. – Санкт-Петербург: Знание, 2016. – 404 с.

236. Сотникова, Ю.М. Оценка фиторемедиационного потенциала сельскохозяйственных растений при нефтяном загрязнении почвы / Ю. М. Сотникова, В. В. Федяев, А. С. Григориади [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2021. – № 3(35). – С. 99-109.

237. Список стран по добыче нефти за 2020-2022 гг. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список\\_стран\\_по\\_добыче\\_нефти](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_добыче_нефти). Дата обращения 24.12.2023.

238. Станчева Й. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Том 4. Болезни технических культур. / Станчева Йорданка // Пенсофт, София – Москва, 2003. - С. 124-126.

239. Ступин Д.Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления: учебное пособие / Д. Ю. Ступин. - СПб: Изд-во «Лань», 2009. – 432 с.

240. Сулейманов, Р.Р. Изменение свойств нефтезагрязненной серой лесной почвы в процессе биологической рекультивации / Р.Р. Сулейманов, И.М. Габбасова, Р.Н. Ситдилов // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. - 2005. - №1.- С.109-115.

241. Сулейманов, Р.Р. Ферментативная активность и агрохимические свойства лугово-аллювиальной почвы в условиях нефтяного загрязнения / Р.Р.Сулейманов, Т.А. Абдрахманов, З.А. Жаббаров, Л.Т. Турсунов // Самарская Лука, 2007. Т. 16, № 3(21) - С. 575-580.

242. Суханов, П.А. Региональный мониторинг сельскохозяйственных земель на основе сети стационарных полигонов / П.А. Суханов, В.П. Якушев //Агрохимический вестник. - 2011. - № 1. - С. 14–16.

243. Сучков В.В. Риск здоровью населения, связанный с повышенным содержанием бенз(а)пирена в почве / В.В. Сучков, С.А. Хотимченко, О.В. Сазонова, Д.О. Горбачев, Т.К. Рязанова, Е.А. Семаева // Анализ риска здоровью. – 2017. – №2. – С.65–72.

244. Тишкина, Е.И. Влияние нефтяного загрязнения на свойства серых лесных почв Предуралья и пути восстановления их плодородия: автореф. дис... канд. биол. наук. – Воронеж, 1989. – 22 с.

245. Трещевская, Э.И. Сосновые насаждения в разных лесорастительных условиях нарушенных земель / Э. И. Трещевская, С. В. Трещевская, К. В. Бобрешов // Лесотехнич. журнал. – 2014. – № 3 (15). – С. 76–84.

246. Троц, Н.М. Агроэкологическая оценка состояния нефтезагрязненных черноземов степной зоны среднего Поволжья / Н.М.

Троц, О.В. Горшкова // Воспризводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях : Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, Казань, 17 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 58-62.

247. Троц, Н.М. Влияние нефтяных загрязнений на состояние черноземов лесостепного Заволжья / Н.М. Троц, О.В. Горшкова, Г.И. Чернякова // Научно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса в реализации Государственной программы развития сельского хозяйства до 2020 года : Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Курганской ГСХА имени Т.С. Мальцева, Курган, 18–19 апреля 2019 года / Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2019. – С. 853-856.

248. Троц, Н.М. Влияние нефтяных разливов на состояние плодородия черноземных почв лесостепи высокого Заволжья / Н.М. Троц, О.В. Горшкова, Г. И. Чернякова // Инновации в сельском хозяйстве и экологии : Материалы Международной научно-практической конференции, Рязань, 10 сентября 2020 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: ИП Жуков В.Ю., 2020. – С. 486-491.

249. Троц, Н.М. Особенности сельскохозяйственной рекультивации при химической деградации черноземов в степной зоне Заволжской провинции / Н.М. Троц, О.В. Горшкова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4. – С. 10-16.

250. Троц, Н.М. Оценка качественного состояния почвы после аварии напорного нефтепровода / Н.М. Троц, О.В. Горшкова, Г.И. Чернякова,

Л.В. Троц // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020) : Материалы XVI Международной научно-технической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. В 2-х томах, Уфа, 22 апреля 2020 года. Том 2. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. – С. 245-248.

251. Троц, Н.М. Рекультивация нефтезагрязненных кормовых угодий степного Заволжья / Н.М. Троц, О.В. Горшкова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3. – С. 15-21.

252. Троц, Н.М. Рекультивация черноземов Сыртового Заволжья, нарушенных процессами нефтедобычи / Н.М. Троц, О.В. Горшкова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 16-22.

253. Троц, Н.М. Оценка состояния земель сельскохозяйственного назначения Самарской области, находящихся в зоне нефтедобычи / Н.М. Троц, О.В. Горшкова // Аграрная Россия. – 2018. – № 4. – С. 10-13.

254. Тучкова, О.А. Структурообразователи для обеспечения экологической безопасности при разливах нефти и нефтепродуктов / О.А. Тучкова // Вестник технического университета. – 2017 г. - №16. – 44-46 с.

255. Тюленева, В. А. К вопросу исследования фильтрации нефти в почвах / В. А. Тюленева, В. А. Соляник, И. В. Васькина, В. С. Шалугин // Экологическая безопасность. Вестник КДПУ. – 2006. – № 2 (37). – С. 110-112.

256. Убаева, Р.Ш. Основы системной экологии / Р.Ш. Убаева, Р.А. Гакаев, И.В. Ирисханов // Назрань, 2015. – С. 186-188.

257. Уланов, В.В. К вопросу о безопасности трубопроводного транспорта нефти и газа / В.В.Уланов, П.Д. Гибадуллин // Neftegaz.RU. - 2022. - №12.

258. Усачева Ю.Н. Функциональная активность и численность микроорганизмов в условиях нефтяного загрязнения почв / Ю.Н. Усачева //

Вестник Нижневартковского государственного университета, 2013. - №3. - С. 56-59.

259. Утомбаева, А.А. Влияние остаточного содержания нефтяных загрязнений в аллювиальной луговой почве на рост высших растений / А.А. Утомбаева, А.М. Петров, Т.В. Кузнецова, И.В. Князев // В сборнике: Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. - 2019. - С. 126-128.

260. Фаизов, К.Ш. Экология Мангышлак - Прикаспийского нефтегазового региона / К.Ш. Фаизов, М.М. Раимжанова, Ж.С.Алимбеков // Алматы, 2003. - 235 с.

261. Фарахова, И. З. Агрохимические свойства и приемы рекультивации нефтезагрязненных серых лесных почв Предкамья Республики Татарстан: специальность 06.01.04 "Агрохимия": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Фарахова Ильсия Закариевна. – Казань, 2009. – 227 с.

262. Фарахова, И.З. Фитотоксичность нефтезагрязненной серой лесной почвы и характер её самоочищения в условиях Предкамья Республики Татарстан / И.З. Фарахова, М.Ю. Гилязов, Р.С. Сагдиев // Вестник казанского государственного аграрного университета, 2008. Т. 3.- № 1 (7). - С. 119-123.

263. Фатеев, А.И. Изменение агрохимических и микробиологических свойств нефтезагрязненного чернозема в рекультивационный период / А.И. Фатеев, Н.Н. Мирошниченко, Е.В. Панасенко, С. И. Христенко // Агрохимия. - 2004. - № 10. - С. 53- 60.

264. Федеральный закон от 16.07.1998 № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» (с изменениями и дополнениями).

265. ФККО. Федеральный квалификационный каталог отходов. 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://classinform.ru/fkko-2017.html>. Дата обращения 18.04.2023.

266. Хабусиев, С.З. Основные методы рекультивации нефтезагрязненных почв и водных объектов / С.З. Хабусиев, Р.У. Банкурова // Форум молодых ученых, 2018. - №12-4 (28). - С. 320-323.

267. Хазиев Ф.Х. Экология почв Башкортостана / Ф.Х. Хазиев // Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. – 312 с.

268. Хазиев, Ф.Х. Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активация разложения нефти / Ф.Х. Хазиев, Ф.Ф. Фатхиев // Агрехимия. - 1981.- №10.- С. 102-115.

269. Хаустов А.П. Охрана окружающей среды при добыче нефти / А. П. Хаустов, М. М. Редина. - М.: Дело, 2006 - 552 с.

270. Хачатрян О.М. Способы и методы борьбы с загрязнением компонентов окружающей среды нефтью и нефтепродуктами / О.М. Хачатрян // Точная наука. – 2020. – № 82. – С. 8-10.

271. Хусайнова, К.Н. Гигиеническая оценка влияния нефтепродуктов на окружающую среду / К.Н. Хусайнова // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2016 г. - №1. – 449-450 с.

272. Цомбуева, Б.В. Метод очистки почвы от нефтяного загрязнения с помощью природных сорбентов / Б.В. Цомбуева, З.В. Горяшкиева, Л.Ф. Щербакова // Вестник ВолГУ. Сер. 9. Естественные науки. - 2017. - Т. 7. - № 2. - С. 19-25.

273. Чекмарев, П. А. Мониторинг плодородия почв Самарской области / П. А. Чекмарев, С. В. Обущенко // Земледелие – 2016. – № 8. – С. 12-15.

274. Чугунова, Ю. Д. Биологические методы очистки почвы от нефтяных загрязнений / Ю. Д. Чугунова // Актуальные проблемы химии и образования, Астрахань, 20 ноября 2019 года / Составители и редакторы Л.А. Джигола, Ю.А. Очередко, О.С. Садомцева. – Астрахань: Федеральное

государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Астраханский государственный университет", 2019. – С. 97-99.

275. Чупахина, Г.Н. Адаптация растений к нефтяному стрессу / Г.Н. Чупахина, П.В. Масленников // Экология. - 2004. - № 5. - С. 330-335.

276. Чупина, И.П. Особенности правового режима сельскохозяйственных угодий / И.П. Чупина, Н.Н. Симачкова, Е.В. Зарубина, Л.А. Журавлева, Н.Б. Фатеева // Московский экономический журнал, 2023. - №1. – С. 182-192.

277. Шабанова Е.Е. Оптимизация ландшафтов и лесовозобновительных процессов в условиях нефтепромыслов Удмуртской республики: Автореф. дис. канд. с/х наук. – Екатеринбург, 2008. – 18 с.

278. Шакиров, К.Ш. Распространение серых лесных почв Татарии, их плодородие и рациональное использование: под ред. К.Ш. Шакирова / К.Ш. Шакиров, Р.Ш. Туктамышев. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1991. – С. 26-32.

279. Шамраев, А.В. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды / А.В. Шамраев, Т.С. Шорина // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2009. - №6 (100). - С. 642-645.

280. Шаркова С.Ю. Изменение химических характеристик почвы под действием нефтезагрязнения / С.Ю. Шаркова // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского, 2011, (25), - С. 610-613.

281. Шаркова, С.Ю. Агрохимические свойства серых лесных почв при загрязнении их нефтью / С.Ю. Шаркова, Е.В. Надежкина // Плодородие, 2008, (4), - С.45.

282. Шилова И.И. Влияние загрязнения нефтью на формирование растительности в условиях техногенных песков нефтегазодобывающих

районов Среднего Приобья / И.И. Шилова // Растения и промышленная среда. - Свердловск, 1978. - С.44-52.

283. Шпербер Е.Р. Разработка комплекса природоохранных технологий переработки отходов НПЗ Краснодарского края: дис. д-ра техн. наук: 03.02.08 / Шпербер Елизар Рубинович // Москва, 2016. - 332 с.

284. Шувалов Ю.В. Рациональные способы санирования очагов техногенного загрязнения углеводородными соединениями / Ю.В. Шувалов [и др.]. - СПб.: X-PRINT, 2008. - 256 с.

285. Шутко, А.П. Фитосанитарная диагностика болезней растений: учебное пособие / А.П. Шутко, Л.В. Тутуржанс // Ставрополь: АГРУС, 2018. - 111 с.

286. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. – М.: Мир, 2003. – 584 с.

287. Achakulwisut, P. Global, national, and urban burdens of pediatric asthma incidence attributable to ambient NO<sub>2</sub> pollution: Estimates from global datasets / P. Achakulwisut, M. Brauer, P. Hystad, S.C. Anenberg // The Lancet Planetary Health, 2019. - No. 3 (4). - P. 166-178.

288. Adam, G. Influence of diesel fuel on seed germination / G. Adam, H. Duncan // Environ. Pollut. – 2002. – V. 120. – P. 363–370.

289. Alekseeva T.P. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil Siberian / T.P. Alekseeva // Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agri-Science Centre. Russian Academy of Sciences. - 2017. - V. 33. - P. 85-91.

290. Alia, N. Self-cleaning of very heavily oil-polluted sites proceed seven under heavy-metal stress while involved bacteria exhibit bizarre pleomorphism / N. Alia, M. Khanafera, H. Al-Awadhia, S. Radwan // Ecotoxicology and Environmental Safety, 2020.-vol. 200. - P. 1-10.

291. Anbar, M. Reactivity of the hydroxyl radical in aqueous solutions / M. Anbar, P. Neta // Intern. J. Appl. Radiat. Isot. – 1967. – Vol. 18. – P. 495-523.

292. Anchugova, E.M. Approaches to the assessment of the efficiency of remediation of oil-polluted soils / E.M. Anchugova, E.N. Melekhina, M.Y. Markarova etc. // Eurasian Soil Science. - 2016. - Vol. 49, No. 2. - P. 234–237.

293. Bayramova A.R. Impact of oil pollution on soil fertility / Bayramova A.R. // East European Scientific Journal. - 2021. - № 10-2 (74). - C. 40-42.

294. Berkadu, A.A. Surfactant-Enhanced Soil Washing for Removal of Petroleum Hydrocarbons from Contaminated Soils: A Review / A.A. Berkadu, Q. Chen // Pedosphere. - 2018. - Vol. 28. - P. 383-410.

295. Bramley-Alves, J. Phytoremediation of hydrocarbon contaminants in subantarctic soils: an effective management option Environ / J. Bramley-Alves, J. Wasley, C.K. King // Manage. -2014. - №142. – P. 60-69.

296. Bykova, M.V. Assessment and abatement of the soil oil-contamination level in industrial areas / M.V. Bykova, M.A. Pashkevich, V.A. Matveeva, I.P. Sverchkov // Proceedings of the International forum-contest of young researchers «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources». St. Petersburg, 2018.- P. 347-361.

297. 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.

298. Dushenkov, S. M. Phytoremediation: a novel approach to an old problem / S.M. Dushenkov, Y. Kapulnik, M. Blaylock // Global Environmental Biotechnology. Ed. Wise D.L. Amsterdam: Elsevier Science B.V. – 1997. – P. 563-572.

299. Ebadi, A. Remediation of saline soil contaminated with crude oil using the Halophyte *Salicornia Persica* in conjunction with hydrocarbon-degrading bacteria / A. Ebadi, N.A. Khoshkholgh Sima, M. Hashemi, M. Olamaee, R. Ghorbani Nasrabadi // Journal of environmental management. – 2018. - №219. – P. 260-268.

300. Eludoyin A. Precipitation–soil water chemistry relationship: case study of an intensively managed grassland ecosystem in southwest England / A. Eludoyin // *Applied Water Science*. - 2020. - Vol. 10. - No. 125.

301. Emengini, E.J. Discrimination of plant stress caused by oil pollution and waterlogging using hyperspectral and thermal remote sensing / E.J. Emengini, G.A. Blackburn, J.C. Theobald // *Journal of Applied Remote Sensing*. - 2013. - V. 7. - P. 073476.

302. Ezeji, U.E. Clean up of Crude Oil-Contaminated Soil / U.E. Ezeji, S.O. Anyadoh, V.I. Ibekwe // *Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology*. – 2007. – Vol.1 (2). – P.54-59.

303. Gaskin, S. Screening of australian native grasses for rhizoremediation of aliphatic hydrocarbon-contaminated soil / S. Gaskin, K. Soole, R. Bentham // *Int. J. Phytorem.* – 2008. – V. 10. - No. 5. – P. 378–389.

304. Harmsen, J. Bioremediation of polluted sediment: a matter of time or effort / J. Harmsen // In: Leeson, A., Foote, E.A., Banks, M.K., Magar, V.S. (Eds.), *Phytoremediation, Wetlands and Sediments. The Sixth International in Situ and On-site Bioremediation Symposium*. Battelle Press, Columbus, 2001. - P. 279-287.

305. Ionescu (Țopa), S. Effects of oil pollution on seed germination and seedling emergence toxicity / S. Ionescu (Țopa), S. Mihăilescu, D. Strat, I.F. Gheorghe // *Romanian Biotechnological Letters*, 2020. - №25(1). – P. 1194-1201.

306. Khalilova H.Kh. Study of purification of oil contaminated soils / H.Kh. Khalilova // *Russian j. Chemical industry*. - 2013. - V. 90, - № 1. - P. 45–49 (in Russian).

307. Khamidullina, E.A. Impact of the oil and gas production process on the environment and human health / E.A. Khamidullina, P.A. Nayanov // *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. – 2022. - №979 (1). – P. 1-5.

308. Kicinska, A. Ecological risk associated with agricultural production in soils contaminated by the activities of the metal ore mining and processing industry – example from southern Poland / A. Kicinska, J. Wikar // *Soil & Tillage research*. - 2021. - Vol. 205. - P. 104817.

309. Kotova, E.I. Contribution of the atmospheric channel to lead contamination of soils in the Arctic territories / E.I. Kotova, I.A. Kuznetsova, V.V. Kryauchuynas, S.A. Iglovsky, N.S. Larionov // Arctic Environmental Research. - 2019. - No. 19 (2). - P. 56–64.

310. Mambwe, M. Remediation technologies for oil contaminated soil / M. Mambwe, K.K. Kalebaila, T. Johnson // Global Journal of Environmental Science and Management, 2021. - №7(3). – pp. 1-20.

311. Nwankwegu, A.S. Use of rice husk as bulking agent in bioremediation of automobile gas oil impinged agricultural soil / A.S. Nwankwegu, C.G. Anaukwu, C.O. Onwosi etc. // Soil and Sediment Contamination. - 2017. - Vol. 26. - No.1. - P. 96–114.

312. Olubodun, O.S. Effect of different crude oil fractions on growth and oxidative stress parameters of maize radicle / O.S. Olubodun, E.G. Eriyamremu // International Journal of Plant & Soil Science. - 2013. - V.2(1). - P. 144-154.

313. 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

314. Petrovic, J.V. Chemometric characterization of heavy metals in soils and shoots of the two-pioneer species sampled near the polluted water bodies in the close vicinity of the copper mining and metallurgical complex in Bor (Serbia): Phytoextraction and biomonitoring contexts / J.V. Petrovic, S.C. Alagic, S.M. Milic, S.B. Tomic, M.M. Bugarin // Chemosphere. - 2021. - Vol. 262. - P. 127808.

315. Polyak, Y.M. Effect of remediation strategies on biological activity of oilcontaminated soil / Y.M. Polyak, L.G. Bakina, M.V. Chugunova // A field study. Int. Biodet. Biodeg. – 2018. - №126. – P. 57-68.

316. Rogozina E.A. Actual issues of the problems of oil contaminated soil cleaning / E.A. Rogozina // Oil and Gas Geology. Theory and Practice. – 2006. - V.1. - P. 1–11.

317. Rusin, M. The effect of petroleum-derived substances on the growth and chemical composition of *Vicia Faba L.* / M. Rusin, J. Gospodarek, A. Nadgorska-Socha // Polish journal of environmental studies. – 2015. - №24(5). - P. 2157-2166.

318. Salanitro, J.P. Crude oil hydrocarbon bioremediation and soil ecotoxicity assessment / J.P. Salanitro, P.B. Dorn, M.H. Huesemann, K.O. Moore, I.A. Rhodes // Environ. Sci. Technol. –1997. – V. 31. – P. 1769–1776.

319. Saraeian, Z. Phytoremediation effect and growth responses of *Cynodon spp.* and *Agropyron desertorum* in a petroleum-contaminated soil / Z. Saraeian, M. Haghghi, N. Etemadi etc. // Soil and Sediment Contamination. - 2018. - Vol. 27. - No.5. - P. 393–407.

320. Sexton, A.J. Response of microorganisms in Arctic tundra soils to application of crude oil / A.J. Sexton R.M. Atlas // AbstrsAnnu. Meet. Amer. Soc. Microbiol. Atlantic City N.J., Washington, D.C. -1976. - P.194.

321. Simonich, S.L. Importance of vegetation in removing polycyclic aromatic hydrocarbons from the atmosphere / S.L. Simonich, R.A. Hites // Nature, 1994. - Vol. 370. - № 7. - P. 49-51.

322. Simonich, S.L. Organic pollutant accumulation in vegetation / S.L. Simonich, R.A. Hites // Environm. Sci. Tecnol., 1995. - Vol. 29, - № 12. - P. 2905-2914.

323. Udo, E.J. The effect of oil pollution of soil on germination, growth and nutrient uptake of corn / E.J. Udo, A.A. Faymi, J. Environ // Quality. - 1975. - Vol. 4. - No. 4. – P. 537-540.

324. Uzoije, A.P. Physiochemical Properties of Soil in Relation to Varying Rates of Crude Oil Pollution / A.P. Uzoije, J.C. Agunwamba // Journal of Environmental Science and Technology. - 2011. – № 4. – P. 313-323.

325. Vithanage, M. Metal release from serpentine soils in Sri Lanka / M. Vithanage, A.U. Rajapaksha, Ch. Oze, N. Rajakaruna, C.B. Dissanayake // *Environmental Monitoring and Assessment*. - 2019. - Vol. 186. - No. 6. - P. 3415–3429.
326. Wang, C. Petroleum pollution and its ecological impact on *Salsola glauca* Bunge in the Yellow River Delta Nature Reserve, China / C. Wang, J. Zuo, L. Liu, S. Qin, J. Yu, J. Liu // *Fresenius Environmental Bulletin*. – 2011. – V. 20 - No. 8. – P. 1904–1909.
327. Ying, Wang Effects of crude oil contamination on soil physical and chemical properties in Momoge wetland of China / Wang Ying, Feng Jiang, Lin Qianxin, Lyu Xianguo, Wang Xiaoyu, Wang Guoping // *Chinese Geographical Science*. - 2013. – V. 23. - Issue 6. - P. 708-715.
328. Yunker M.B. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition / M.B. Yunker, R.W. Macdonald, R. Vingarzan et al. // *Organic Geochemistry*. – 2002. – №33. – P. 489–515.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Агрометеорологические данные за вегетационные периоды 2018-2021 гг.

(метеопост Казанского ГАУ Ферма-2)

Месяц	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
	норма*	факт.	в % к норме	норма*	факт.	в % к норме
2018 г.						
Май	12,1	14,4	119	39,0	21,8	56
Июнь	16,9	16,7	99	56,0	34,4	61
Июль	19,0	22,3	117	59,0	55,8	95
Август	17,0	19,8	116	53,0	25,1	47
Сентябрь	10,6	14,1	133	50,0	25,5	51
2019 г.						
Май	12,1	16,6	137	39	38,8	99
Июнь	16,7	19,1	114	56	32,8	59
Июль	19,0	18,8	99	59	75,4	128
Август	17,0	16,1	95	53	80,5	152
Сентябрь	10,6	10,8	102	50	28,4	57
2020 г.						
Май	12,1	13,7	113	39	66,0	169
Июнь	16,7	16,8	101	56	71,0	127
Июль	19,0	22,2	117	59	72,0	122
Август	17,0	17,2	101	53	101,0	191
Сентябрь	10,6	13,3	125	50	23,0	46
2021 г.						
Май	13,3	18,73	141	41	20	49
Июнь	18,1	23,42	129	63	15,3	24
Июль	20,2	22,46	111	67	38,6	58
Август	17,6	22,37	127	59	10,7	18
Сентябрь	11,7	9,7	83	52	53,3	102

Прим.: \* - среднеголетние данные.

Дисперсионный анализ данных по влиянию старого нефтяного загрязнения семнадцатилетней давности на основные агрохимические свойства серой лесной почвы (2021 г.)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Обменная кислотность, рН сол.							
0	5,3	5,3	5,3	5,2	21,1	5,3	F <sub>φ&lt;</sub> F <sub>05</sub>
10	5,3	5,3	5,5	5,4	21,5	5,4	
20	5,4	5,4	5,2	5,3	21,3	5,3	
40	5,4	5,3	5,5	5,5	21,7	5,4	
Сумма, P	21,4	21,3	21,5	21,4	85,6	5,35	
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г							
0	4,4	4,3	4,4	4,4	17,5	4,4	F <sub>φ&lt;</sub> F <sub>05</sub>
10	4,4	4,4	4,6	4,2	17,6	4,4	
20	4,2	4,3	4,3	4,5	17,3	4,3	
40	4,3	4,4	4,1	4,1	16,9	4,2	
Сумма, P	17,3	17,4	17,4	17,2	69,3	4,3	
Емкость катионного обмена, ммоль/100 г							
0	21,3	21,1	21,3	21,2	84,9	21,2	F <sub>φ&lt;</sub> F <sub>05</sub>
10	22,0	21,4	20,9	20,9	85,2	21,3	
20	20,7	20,8	21,0	21,2	83,7	20,9	
40	20,9	21,3	20,5	21,4	84,1	21,0	
Сумма, P	84,9	84,6	83,7	84,7	337,9	21,1	
Содержание общего углерода, %							
0	1,68	1,66	1,62	1,72	6,68	1,67	
10	1,73	1,63	1,68	1,71	6,75	1,69	

продолжение приложения 2							
1	2	3	4	5	6	7	8
20	1,79	1,74	1,70	1,78	7,01	1,75	
40	1,92	2,01	1,89	1,95	7,77	1,94	
Сумма, Р	7,12	7,04	6,89	7,16	28,21	1,76	
Содержание общего азота, %							
0	0,12	0,12	0,13	0,11	0,48	0,12	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>
10	0,12	0,13	0,13	0,13	0,51	0,13	
20	0,13	0,13	0,14	0,12	0,52	0,13	
40	0,13	0,12	0,12	0,12	0,49	0,12	
Сумма, Р	0,50	0,50	0,52	0,48	2,00	0,13	
Содержание щелочногидролизуемого азота, мг/кг							
0	155	152	153	151	611	153	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>
10	151	150	150	154	605	151	
20	153	156	156	155	619	155	
40	153	150	151	153	607	152	
Сумма, Р	612	608	610	613	2443	153	
Нитрификационная способность, NO <sub>3</sub> мг/кг							
0	9,2	7,9	8,5	8,9	34,5	8,6	1,0
10	7,5	8,4	6,9	8,0	30,8	7,7	
20	1,6	2,2	2,8	1,8	8,4	2,1	
40	2,0	1,4	1,4	1,1	5,9	1,5	
Сумма, Р	20,3	19,9	19,6	19,8	79,6	4,98	
Содержание подвижных форм фосфора, мг/кг							
0	120	125	119	121	485	121	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
10	121	117	123	120	481	120	
20	120	120	123	124	487	122	
40	118	123	116	116	473	118	
Сумма, Р	479	485	481	481	1926	120	

продолжение приложения 2							
1	2	3	4	5	6	7	8
Содержание подвижных форм калия, мг/кг							
0	126	124	127	124	501	125	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
10	123	126	123	125	497	124	
20	124	124	125	123	496	124	
40	126	124	123	126	499	125	
Сумма, Р	499	498	498	498	1993	125	

Дисперсионный анализ данных по влиянию старого нефтяного загрязнения пятилетней давности на содержание подвижных форм микроэлементов в серой лесной почве (2019 г.), мг/кг

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Бор							
0	0,70	0,65	0,65	0,73	2,73	0,68	0,10
25	0,55	0,57	0,60	0,55	2,27	0,57	
Сумма, P	1,25	1,22	1,25	1,28	5,00	0,63	
Молибден							
0	0,21	0,21	0,22	0,21	0,85	0,21	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
25	0,20	0,21	0,20	0,20	0,81	0,20	
Сумма, P	0,41	0,42	0,42	0,41	1,66	0,21	
Марганец							
0	60	55	61	59	235	59	8
25	70	71	65	67	273	68	
Сумма, P	130	126	126	126	508	63,5	
Медь							
0	3,0	2,9	3,0	3,0	11,9	3,0	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
25	2,9	3,0	2,9	2,9	11,7	2,9	
Сумма, P	5,9	5,9	5,9	5,9	23,6	3,0	
Кобальт							
0	2,0	1,9	2,0	2,0	7,9	2,0	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
25	1,9	1,9	2,0	1,9	7,7	1,9	
Сумма, P	3,9	3,8	4,0	3,9	15,6	2,0	

Дисперсионный анализ данных по влиянию нефтяного загрязнения  
четырёхлетней давности на содержание тяжелых металлов в серой лесной  
почве (2018 г.), мг/кг

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Медь</b>							
0	11,0	11,7	11,5	10,6	44,8	11,2	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
12,5	10,7	10,4	10,9	11,3	43,3	10,8	
25	10,9	11,3	11,4	10,5	44,1	11,0	
50	11,5	11,0	11,8	11,6	45,9	11,5	
Сумма, P	44,1	44,4	45,6	44,0	178,1	11,1	
<b>Цинк</b>							
0	16,4	16,4	16,9	15,8	65,5	16,4	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
12,5	17,0	17,6	16,7	17,4	68,7	17,2	
25	16,4	16,7	16,9	16,0	66,0	16,5	
50	16,1	16,3	15,8	16,7	64,9	16,2	
Сумма, P	65,9	67,0	66,3	65,9	265,1	16,6	
<b>Свинец</b>							
0	5,3	5,7	4,9	5,0	20,9	5,2	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
12,5	5,6	5,0	5,8	5,3	21,7	5,4	
25	5,3	6,3	5,8	5,8	23,2	5,8	
50	6,1	5,2	5,8	6,4	23,5	5,9	
Сумма, P	22,3	22,2	22,3	22,5	89,3	5,6	
<b>Ртуть</b>							
0	0,008	0,009	0,007	0,009	0,033	0,008	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>

продолжение приложения 4							
1	2	3	4	5	6	7	8
12,5	0,009	0,009	0,011	0,007	0,036	0,009	
25	0,015	0,009	0,012	0,015	0,051	0,013	
50	0,007	0,013	0,011	0,010	0,041	0,010	
Сумма, Р	0,039	0,04	0,041	0,041	0,161	0,010	
Кадмий							
0	0,18	0,19	0,17	0,18	0,72	0,18	F <sub>φ&lt;F05</sub>
12,5	0,16	0,16	0,19	0,18	0,69	0,17	
25	0,19	0,20	0,18	0,18	0,75	0,19	
50	0,17	0,15	0,17	0,16	0,65	0,16	
Сумма, Р	0,70	0,70	0,71	0,70	2,81	0,18	

Дисперсионный анализ данных по влиянию нефтяного загрязнения  
семилетней давности на содержание тяжелых металлов в серой лесной почве  
(2021 г.), мг/кг

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Медь							
0	13,0	13,7	12,8	12,9	52,4	13,1	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
12,5	13,4	12,8	13,7	13,6	53,5	13,4	
25	12,4	13,0	12,2	12,9	50,5	12,6	
50	13,2	12,3	13,5	12,7	51,7	12,9	
Сумма, P	52,0	51,8	52,2	52,1	208,1	13,0	
Цинк							
0	16,0	15,1	15,4	15,6	62,1	15,5	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
12,5	15,7	16,5	16,4	15,7	64,3	16,1	
25	15,8	15,2	15,1	15,6	61,7	15,4	
50	15,5	16,0	16,0	15,7	63,2	15,8	
Сумма, P	63,0	62,8	62,9	62,6	251,3	15,7	
Свинец							
0	4,9	4,9	4,6	4,3	18,7	4,7	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
12,5	4,6	4,3	4,5	4,7	18,1	4,5	
25	4,7	5,3	4,9	5,0	19,9	5,0	
50	4,9	4,4	4,5	4,7	18,5	4,6	
Сумма, P	19,1	18,9	18,5	18,7	75,2	4,7	
Ртуть							
0	0,015	0,012	0,013	0,011	0,051	0,013	

продолжение приложения 5							
1	2	3	4	5	6	7	8
12,5	0,012	0,012	0,010	0,014	0,048	0,012	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
25	0,007	0,010	0,009	0,011	0,037	0,009	
50	0,011	0,010	0,012	0,008	0,041	0,010	
Сумма, Р	0,045	0,044	0,044	0,044	0,177	0,011	
Кадмий							
0	0,25	0,27	0,25	0,26	1,03	0,26	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
12,5	0,25	0,24	0,26	0,24	0,99	0,25	
25	0,24	0,24	0,23	0,25	0,96	0,24	
50	0,25	0,23	0,25	0,24	0,97	0,24	
Сумма, Р	0,99	0,98	0,99	0,99	3,95	0,25	

Дисперсионный анализ данных по влиянию уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы на распространенность и развитие полосатой пятнистости листьев на растениях ярового ячменя (2018 г.), %

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Распространенность полосатой пятнистости листьев</b>							
0 - контроль	13,2	15,1	15,2	16,0	59,5	14,9	4,2
10	30,8	35,1	31,2	27,7	124,8	31,2	
20	35,0	31,5	39,0	35,4	140,9	35,2	
40	38,6	37,2	43,6	39,8	159,2	39,8	
Сумма, P	117,6	118,9	129	118,9	484,4	30,3	
<b>Развитие полосатой пятнистости листьев</b>							
0 - контроль	3,3	3,8	3,8	4,0	14,9	3,7	3,8
10	15,0	10,0	10,8	11,9	47,7	11,9	
20	15,0	10,9	9,8	18,0	53,7	13,4	
40	12,7	16,0	16,0	15,0	59,7	14,9	
Сумма, P	46,0	40,7	40,4	48,9	176,0	11,0	

Дисперсионный анализ данных по влиянию уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы на распространенность и развитие стеблевой ржавчины злаковых культур на растениях ярового ячменя (2018 г.), %

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Распространенность стеблевой ржавчины злаковых культур							
0 - контроль	5,3	5,3	4,3	4,1	19	4,8	1,3
10	14,5	14,9	13,2	15,4	58	14,5	
20	24,8	24,4	25,8	24,5	99,5	24,9	
40	30,4	29,4	29,7	30,9	120	30,1	
Сумма, P	75,0	74,0	73,0	74,9	296,9	18,6	
Развитие стеблевой ржавчины злаковых культур							
0 - контроль	0,5	1,3	1,1	1,0	3,9	1	2,4
10	3,6	3,7	3,3	6,2	16,8	4,2	
20	6,2	6,1	6,5	6,1	24,9	6,2	
40	7,6	11,8	11,9	7,7	39	9,8	
Сумма, P	17,9	22,9	22,8	21,0	84,6	5,3	

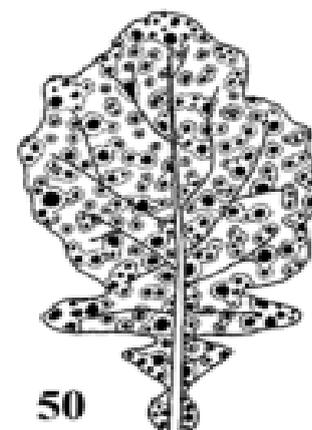
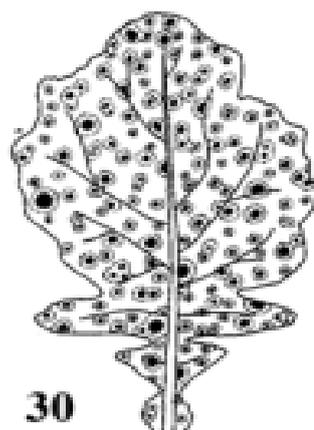
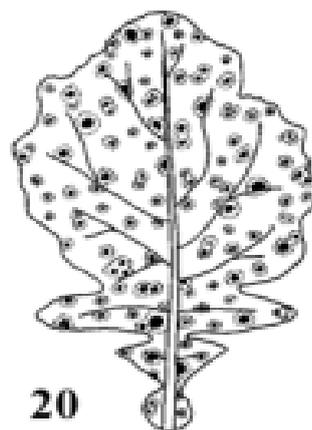
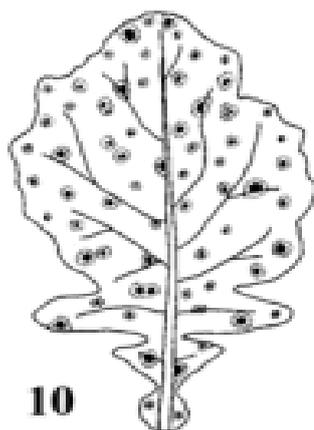
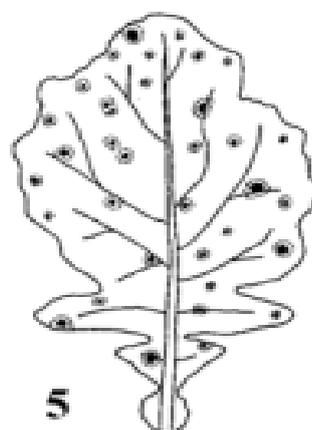
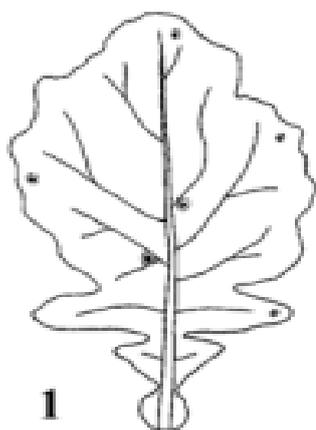
Действие уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы на поражаемость растений ярового рапса пероноспорозом (2019 г.)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Распространенность болезни, %	Развитие болезни, %
0 (контроль)	18,6	0,97
10	28,9	3,17
20	31,5	3,77
40	37,3	4,84
НСП <sub>05</sub>	4,0	0,73

Дисперсионный анализ данных по влиянию различных уровней нефтяного загрязнения серой лесной почвы на распространенность и развитие пероноспориоза на растениях ярового рапса (2019 г.), %

Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Распространенность пероноспориоза							
0 (контроль)	19,1	17,7	19,5	18,2	74,5	18,6	4,0
10	28,6	31,0	29,6	26,5	115,7	28,9	
20	34,8	30,0	35,0	26,3	126,1	31,5	
40	41,7	33,3	40,9	33,3	149,2	37,3	
Сумма, P	124,2	112	125	104,3	465,5	29,1	
Развитие пероноспориоза							
0 (контроль)	0,82	0,89	0,98	1,19	3,88	0,97	0,73
10	3,33	3,27	3,20	2,86	12,66	3,17	
20	3,49	3,50	3,50	4,58	15,07	3,77	
40	4,85	5,00	5,38	4,13	19,36	4,84	
Сумма, P	12,49	12,66	13,06	12,76	50,97	3,19	

Шкала оценки пораженности листьев ярового рапса  
альтернариозом, %



Действие уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы на поражаемость растений альтернариозом на урожайность ярового рапса

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Распространенность болезни, %	Развитие болезни, %	Урожайность маслосемян, г/м <sup>2</sup>	Урожайность соломы, г/м <sup>2</sup>
0	19,4	1,26	126	297
10	33,7	4,41	111	282
20	34,6	5,33	84	244
40	41,7	5,74	59	196
НСР <sub>05</sub>	6,0	0,50	11	20

Дисперсионный анализ данных по влиянию различных уровней нефтяного загрязнения серой лесной почвы на распространенность и развитие альтернариоза на растениях ярового рапса (2019 г.), %

Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Распространенность альтернариоза							
0 (контроль)	14,7	22,6	21,9	18,2	77,4	19,4	6,0
10	33,3	36,4	38,5	26,5	134,7	33,7	
20	25,0	40,0	36,7	36,8	138,5	34,6	
40	33,3	50	45,8	37,5	166,6	41,7	
Сумма, P	106,3	149	142,9	119	517,2	32,3	
Развитие альтернариоза							
0 (контроль)	0,74	1,26	1,22	1,82	5,04	1,26	0,50
10	4,33	4,64	4,00	4,65	17,62	4,41	
20	5,27	5,00	5,67	5,37	21,31	5,33	
40	5,62	6,00	5,58	5,75	22,95	5,74	
Сумма, P	15,96	16,9	16,47	17,59	66,92	4,18	

Дисперсионный анализ данных по влиянию уровня нефтяного  
загрязнения серой лесной почвы на распространённость и развитие  
гельминтоспориоза на растениях проса (2020 г.), %

Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Распространённость гельминтоспориоза							
0 - контроль	8,9	0	10,9	2,4	22,2	5,6	7,9
10	17,8	17,8	16,1	23,1	74,8	18,7	
20	34,3	29,3	43,5	23,1	130,2	32,6	
40	46,9	46,4	54,5	47,9	195,7	48,9	
Сумма, P	107,9	93,5	125	96,5	422,9	26,4	
Развитие гельминтоспориоза							
0 - контроль	2,2	0	4,4	1,6	8,2	2,1	4,2
10	8,9	8,9	8,1	12,0	37,9	9,5	
20	10,6	10,3	15,0	7,8	43,7	10,9	
40	19,0	16,0	14,0	20,0	69,0	17,3	
Сумма, P	40,7	35,2	41,5	41,4	158,8	9,9	

Дисперсионный анализ данных по влиянию уровня нефтяного  
загрязнения серой лесной почвы на распространенность и развитие  
септориоза на растениях яровой пшеницы (2021 г.), %

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Распространенность септориоза							
0 - контроль	8,5	10	9,5	4,2	32,2	8,1	7,3
10	13,4	20,0	24,0	19,2	76,6	19,2	
20	17,3	25,5	29,4	29,7	101,9	25,5	
40	28,9	20	22,2	23,1	94,2	23,6	
Сумма, P	68,1	75,5	85,1	76,2	304,9	19,1	
Развитие септориоза							
0 - контроль	2,1	0,5	0,5	0,2	3,3	0,8	3,0
10	1,7	5,0	5,0	4,8	16,5	4,1	
20	4,3	1,3	7,4	7,4	20,4	5,1	
40	7,2	5,0	5,6	5,8	23,6	5,9	
Сумма, P	15,3	11,8	18,5	18,2	63,8	4,0	

Дисперсионный анализ данных по влиянию уровня нефтяного загрязнения серой лесной почвы на распространенность и развитие альтерналиоза колоса на растениях яровой пшеницы (2021 г.), %

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Распространенность альтерналиоза колоса							
0 - контроль	13,8	15,7	18,9	20,6	69,0	17,3	6,8
10	27,6	21,2	23,9	30,4	103,1	25,8	
20	26,4	40,8	31,4	32,4	131,0	32,8	
40	42,4	40,0	38,9	40,9	162,2	40,6	
Сумма, P	110,2	117,7	113,1	124,3	465,3	29,1	
Развитие альтерналиоза колоса							
0 - контроль	1,3	1,3	1,9	2,4	6,9	1,7	2,9
10	6,8	5,3	6,0	5,1	23,2	5,8	
20	6,1	10,7	7,8	8,1	32,7	8,2	
40	11,8	18,0	17,4	13,0	60,2	15,1	
Сумма, P	26,0	35,3	33,1	28,6	123,0	7,7	

Влияние старого нефтяного загрязнения серой лесной почвы  
на поражаемость сельскохозяйственных культур основными болезнями

Год, культура, болезнь	Распространенность, %					Развитие, %				
	дозы нефти, л/м <sup>2</sup>				средние по нефти	дозы нефти, л/м <sup>2</sup>				средние по нефти
	0	10	20	40		0	10	20	40	
2018, ячмень, полосатая пятнистость	14,9	31,2	35,2	39,8	35,4	3,7	11,9	13,4	14,9	13,4
	Кратность роста болезни от нефти									
	-	2,09	2,36	2,67	<b>2,37</b>	-	3,22	3,62	4,03	<b>3,62</b>
2018, ячмень, стеблевая ржавчина	4,8	14,5	24,9	30,1	23,2	1,0	4,2	6,2	9,8	6,73
	Кратность роста болезни от нефти									
	-	3,02	5,19	6,27	<b>4,83</b>	-	4,2	6,2	9,8	<b>6,73</b>
2019, яровой рапс, пероноспороз	18,6	28,9	31,5	37,3	32,6	0,97	3,17	3,77	4,84	3,93
	Кратность роста болезни от нефти									
	-	1,55	1,69	2,01	<b>1,75</b>	-	3,27	3,89	4,99	<b>4,05</b>
2019, яровой рапс, альтернариоз	19,4	33,7	34,6	41,7	36,7	1,26	4,41	5,33	5,74	5,16
	Кратность роста болезни от нефти									
	-	1,74	1,78	2,15	<b>1,89</b>	-	3,5	4,23	4,56	<b>4,10</b>
2020, просо, гельминто- спориоз	5,6	18,7	32,6	48,9	33,4	2,1	9,5	10,9	17,3	12,6
	Кратность роста болезни от нефти									
	-	3,34	5,82	8,73	<b>5,96</b>	-	4,52	5,19	8,24	<b>5,98</b>
2021, яровая пшеница, альтернариоз	17,3	25,8	32,8	40,6	33,1	1,7	5,8	8,2	15,1	9,70
	Кратность роста болезни от нефти									
	-	1,49	1,90	2,35	<b>1,91</b>	-	3,41	4,82	8,88	<b>5,70</b>
2021, яровая пшеница, септориоз	8,1	19,2	25,5	23,6	22,8	0,8	4,1	5,1	5,9	5,03
	Кратность роста болезни от нефти									
	-	2,37	3,15	2,91	<b>2,81</b>	-	5,13	6,38	7,38	<b>6,30</b>

Дисперсионный анализ данных по влиянию старого нефтяного загрязнения  
серой лесной почвы на урожайность зерна (маслосемена)  
сельскохозяйственных культур, т/га

Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Яровой ячмень (полевой опыт, 2018 г.)							
0	1,94	2,03	1,85	1,83	7,65	1,91	0,14
10	1,54	1,61	1,73	1,60	6,48	1,62	
20	1,22	1,38	1,46	1,25	5,31	1,33	
40	0,91	0,79	0,83	0,74	3,27	0,82	
Сумма, P	5,61	5,81	5,87	5,42	22,71	1,42	
Яровой рапс (полевой опыт, 2019 г.)							
0 (контроль)	1,27	1,34	1,24	1,20	5,05	1,26	0,11
10	1,20	1,15	1,03	1,05	4,43	1,11	
20	0,85	0,79	0,82	0,90	3,36	0,84	
40	0,62	0,50	0,59	0,64	2,35	0,59	
Сумма, P	3,94	3,78	3,68	3,79	15,19	0,95	
Просо (полевой опыт, 2020 г.)							
0 (контроль)	2,29	2,14	2,17	2,01	8,61	2,15	0,17
10	2,01	2,09	2,13	2,20	8,43	2,11	
20	1,77	1,89	1,66	1,80	7,12	1,78	
40	1,30	1,20	1,41	1,32	5,23	1,31	
Сумма, P	7,37	7,32	7,37	7,33	29,39	1,84	
Яровая пшеница (полевой опыт, 2021 г.)							
0	1,32	1,25	1,33	1,15	5,05	1,26	

продолжение приложения 17							
1	2	3	4	5	6	7	8
10	1,09	1,24	1,11	1,20	4,64	1,16	0,14
20	1,03	0,96	0,99	1,17	4,15	1,04	
40	0,81	0,65	0,71	0,74	2,91	0,73	
Сумма, Р	4,25	4,10	4,14	4,26	16,75	1,05	

Дисперсионный анализ данных по влиянию старого нефтяного загрязнения  
серой лесной почвы на урожайность соломы  
сельскохозяйственных культур, т/га

Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Яровой ячмень (полевой опыт, 2018 г.)							
0	2,23	2,29	2,16	2,05	8,73	2,18	0,17
10	1,81	2,04	2,13	1,81	7,79	1,95	
20	1,94	1,91	1,77	1,81	7,43	1,86	
40	1,47	1,31	1,42	1,28	5,48	1,37	
Сумма, P	7,45	7,55	7,48	6,95	29,43	1,84	
Яровой рапс (полевой опыт, 2019 г.)							
0 (контроль)	2,95	3,10	2,96	2,88	11,89	2,97	0,20
10	2,75	2,94	2,96	2,64	11,29	2,82	
20	2,50	2,38	2,39	2,48	9,75	2,44	
40	2,02	1,83	1,91	2,07	7,83	1,96	
Сумма, P	10,22	10,25	10,22	10,07	40,76	2,55	
Просо (полевой опыт, 2020 г.)							
0 (контроль)	5,58	5,31	5,20	5,18	21,27	5,32	0,35
10	5,25	5,28	5,53	5,42	21,48	5,37	
20	4,77	5,24	4,82	5,16	19,99	5,00	
40	4,47	4,19	4,58	4,21	17,45	4,36	
Сумма, P	20,07	20,02	20,13	19,97	80,19	5,01	
Яровая пшеница (полевой опыт, 2021 г.)							
0	1,46	1,31	1,51	1,28	5,56	1,39	

продолжение приложения 18							
1	2	3	4	5	6	7	8
10	1,25	1,46	1,30	1,40	5,45	1,36	0,16
20	1,28	1,17	1,24	1,32	5,01	1,25	
40	1,01	0,86	0,89	0,99	3,75	0,94	
Сумма, Р	5,00	4,80	4,94	4,99	19,73	1,23	

Влияние различных уровней нефтяного загрязнения серой лесной почвы на основные элементы структуры урожая ярового рапса в четвертой ротации севооборота (2019 г.)

Показатели структуры урожаея	Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>			
	0 (контроль)	10	20	40
Число растений, шт./м <sup>2</sup>	$\frac{108}{100^*}$	$\frac{102}{94}$	$\frac{96}{89}$	$\frac{87}{81}$
Число продуктивных стручков, шт./растение	$\frac{23,5}{100}$	$\frac{22,9}{97}$	$\frac{20,9}{89}$	$\frac{19,2}{82}$
Число семян в стручке, шт.	$\frac{11,0}{100}$	$\frac{10,6}{96}$	$\frac{9,7}{88}$	$\frac{8,8}{80}$
Масса 1000 семян, г	$\frac{4,52}{100}$	$\frac{4,48}{99}$	$\frac{4,32}{96}$	$\frac{4,02}{89}$
Вес семян с одного растения, г	$\frac{1,168}{100}$	$\frac{1,087}{93}$	$\frac{0,876}{75}$	$\frac{0,679}{58}$

Прим.: \* - в процентах к уровню контроля.

Влияние различных уровней нефтяного загрязнения серой лесной почвы на основные элементы структуры урожая яровой пшеницы в пятой ротации севооборота (2021 г.)

Показатели структуры урожая	Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>			
	0 (контроль)	10	20	40
Число растений, шт./м <sup>2</sup>	$\frac{253}{100^*}$	$\frac{248}{98}$	$\frac{243}{96}$	$\frac{221}{87}$
Число колосьев, шт./м <sup>2</sup>	$\frac{256}{100}$	$\frac{249}{97}$	$\frac{243}{95}$	$\frac{220}{86}$
Числозерен в колосе, шт.	$\frac{17,0}{100}$	$\frac{16,3}{96}$	$\frac{15,3}{90}$	$\frac{12,7}{75}$
Масса 1000 семян, г	$\frac{28,9}{100}$	$\frac{28,6}{99}$	$\frac{28,0}{97}$	$\frac{26,1}{90}$
Вес зерна с одного растения, г	$\frac{0,491}{100}$	$\frac{0,466}{95}$	$\frac{0,428}{87}$	$\frac{0,331}{67}$

Прим.: \* - в процентах к уровню контроля.

Дисперсионный анализ данных по влиянию нефтяного загрязнения серой  
лесной почвы на содержание общего азота в побочной продукции  
сельскохозяйственных культур, %

Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Яровой ячмень (полевой опыт, 2018 г.)							
0	0,56	0,55	0,51	0,53	2,15	0,54	0,04
10	0,55	0,55	0,59	0,58	2,27	0,57	
20	0,52	0,58	0,53	0,58	2,21	0,55	
40	0,58	0,61	0,58	0,63	2,40	0,60	
Сумма, P	2,21	2,29	2,21	2,32	9,03	0,56	
Яровой рапс (полевой опыт, 2019 г.)							
0	0,59	0,68	0,65	0,65	2,57	0,64	0,06
10	0,60	0,57	0,63	0,64	2,44	0,61	
20	0,60	0,58	0,53	0,58	2,29	0,57	
40	0,57	0,54	0,51	0,57	2,19	0,55	
Сумма, P	2,36	2,37	2,32	2,44	9,49	0,59	
Просо (полевой опыт, 2020 г.)							
0	0,75	0,80	0,72	0,78	3,05	0,76	0,09
10	0,78	0,66	0,78	0,66	2,88	0,72	
20	0,67	0,63	0,62	0,69	2,61	0,65	
40	0,62	0,70	0,65	0,68	2,65	0,66	
Сумма, P	2,82	2,79	2,77	2,81	11,19	0,70	
Яровая пшеница (полевой опыт, 2021 г.)							
0	0,62	0,68	0,64	0,65	2,59	0,65	

продолжение приложения 21							
1	2	3	4	5	6	7	8
10	0,70	0,66	0,67	0,69	2,72	0,68	0,05
20	0,67	0,74	0,71	0,69	2,81	0,70	
40	0,74	0,73	0,68	0,70	2,85	0,71	
Сумма, Р	2,73	2,81	2,7	2,73	10,97	0,69	

Дисперсионный анализ данных по влиянию нефтяного загрязнения серой лесной почвы на содержание общего фосфора в соломе ярового ячменя  
(полевой опыт, 2018 г.), %

Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
0	0,16	0,14	0,15	0,14	0,59	0,15	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>
10	0,15	0,15	0,16	0,17	0,63	0,16	
20	0,15	0,16	0,16	0,17	0,64	0,16	
40	0,17	0,17	0,14	0,17	0,65	0,16	
Сумма, P	0,63	0,62	0,61	0,65	2,51	0,16	

Дисперсионный анализ данных по влиянию нефтяного загрязнения серой  
лесной почвы на содержание общего калия в побочной продукции  
сельскохозяйственных культур, %

Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Яровой ячмень (полевой опыт, 2018 г.)							
0	1,07	1,06	1,13	1,10	4,36	1,09	0,06
10	1,08	1,15	1,14	1,12	4,49	1,12	
20	1,13	1,08	1,10	1,14	4,45	1,11	
40	1,21	1,19	1,16	1,15	4,71	1,18	
Сумма, P	4,49	4,48	4,53	4,51	18,01	1,13	
Яровой рапс (полевой опыт, 2019 г.)							
0	0,96	1,05	0,93	0,94	3,88	0,97	0,08
10	1,09	0,98	1,02	1,02	4,11	1,03	
20	1,10	1,05	1,08	1,06	4,29	1,07	
40	1,06	1,11	1,10	1,14	4,41	1,10	
Сумма, P	4,21	4,19	4,13	4,16	16,69	1,04	
Просо (полевой опыт, 2020 г.)							
0	1,52	1,46	1,61	1,54	6,13	1,53	0,10
10	1,50	1,49	1,53	1,60	6,12	1,53	
20	1,69	1,70	1,60	1,58	6,57	1,64	
40	1,71	1,72	1,65	1,73	6,81	1,70	
Сумма, P	6,42	6,37	6,39	6,45	25,63	1,60	
Яровая пшеница (полевой опыт, 2021 г.)							
0	0,98	1,11	1,04	1,08	4,21	1,05	

продолжение приложения 23							
1	2	3	4	5	6	7	8
10	1,09	0,97	1,04	1,07	4,17	1,04	0,09
20	1,10	1,15	1,20	1,11	4,56	1,14	
40	1,18	1,17	1,12	1,18	4,65	1,16	
Сумма, Р	4,35	4,4	4,4	4,44	17,59	1,10	

Дисперсионный анализ данных по влиянию нефтяного загрязнения серой лесной почвы на содержание общего азота в маслосеменах ярового рапса  
(полевой опыт, 2019 г.), %

Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
0	3,25	3,38	3,24	3,42	13,29	3,32	0,09
10	3,32	3,35	3,39	3,37	13,43	3,36	
20	3,05	3,08	3,13	3,22	12,48	3,12	
40	2,91	2,88	2,85	3,03	11,67	2,92	
Сумма, P	12,53	12,69	12,61	13,04	50,87	3,18	

Влияние уровня нефтяного загрязнения на содержание общего содержания азота, фосфора и калия в растениях яровой пшеницы в 2017 г.\*  
(давности нефтяного загрязнения 13 лет)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Зерно			Солома		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
	% на абсолютно сухой вес					
0 - контроль	2,24	0,87	0,70	0,44	0,17	0,96
10	2,27	0,88	0,71	0,44	0,17	0,96
20	2,30	0,89	0,74	0,44	0,18	0,98
40	2,32	0,90	0,75	0,45	0,18	0,99

Прим.: \* - данные получены во время обучения в магистратуре (187).

Дисперсионный анализ данных по влиянию приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие полосатой пятнистости листьев на растениях ярового ячменя (2018 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Распространенность болезни, %							
Контроль	13,2	15,1	15,2	16,0	59,5	14,9	2,7
Загрязненная почва (ЗП)	35,0	31,5	39,0	35,4	140,9	35,2	
ЗП+ рыхление (Р)	25,5	24,4	28,0	26,4	104,3	26,1	
ЗП+ Р+ известков. (И)	27,3	30,0	27,7	24,6	109,6	27,4	
ЗП+ Р+ И+НРК	14,5	16,4	15,2	14,9	61,0	15,3	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	19,6	21,5	21,0	22,1	84,2	21,1	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	23,5	21,7	20,7	21,0	86,9	21,7	
Сумма, Р	158,6	160,6	166,8	160,4	646,4	23,1	
Развитие болезни, %							
Контроль	3,3	3,8	3,8	4,0	14,9	3,7	3,8
Загрязненная почва (ЗП)	13,0	12,9	12,8	15,0	53,7	13,4	
ЗП+ рыхление (Р)	9,4	15,0	7,0	6,6	38,0	9,5	
ЗП+ Р+ известков. (И)	6,8	7,5	10,0	10,2	34,5	8,6	
ЗП+ Р+ И+НРК	3,6	4,1	3,8	3,7	15,2	3,8	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	9,8	5,4	5,2	11,0	31,4	7,9	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	12,0	11,0	5,2	5,2	33,4	8,4	
Сумма, Р	57,9	59,7	47,8	55,7	221,1	7,9	

Дисперсионный анализ данных по влиянию приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие стеблевой ржавчины злаковых на растениях ярового ячменя (2018 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Распространенность болезни, %							
Контроль	5,3	5,3	4,3	4,1	19,0	4,8	3,3
Загрязненная почва (ЗП)	24,8	24,4	25,8	24,5	99,5	24,9	
ЗП+ рыхление (Р)	12,6	14,7	13,1	14,3	54,7	13,7	
ЗП+ Р+ известкование (И)	12,7	12,9	14,3	12,1	52,0	13,0	
ЗП+ Р+ И+НРК	6,2	4,8	6,3	6,3	23,6	5,9	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	10,8	10,6	11,5	10,3	43,2	10,8	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	10,7	12,8	11,6	11,2	46,3	11,6	
Сумма, Р	79,1	83,5	90,9	84,8	338,3	12,1	
Развитие болезни, %							
Контроль	0,53	1,34	1,08	1,02	3,97	0,99	1,5
Загрязненная почва (ЗП)	6,21	6,11	6,45	6,13	24,90	6,23	
ЗП+ рыхление (Р)	3,14	3,67	3,27	3,57	13,65	3,41	
ЗП+ Р+ известкование (И)	3,18	3,23	3,58	1,21	11,20	2,80	
ЗП+ Р+ И+НРК	1,56	1,19	0,63	1,56	4,94	1,24	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	2,71	1,06	2,88	1,03	7,68	1,92	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	1,07	5,14	1,16	0,56	7,93	1,98	
Сумма, Р	18,4	21,74	19,05	15,08	74,27	2,65	

Дисперсионный анализ данных по влиянию приемов реабилитации  
нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие  
пероноспороза на растениях ярового рапса (2019 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Распространенность болезни, %							
Контроль	19,1	17,7	19,5	18,2	74,5	18,6	3,7
Загрязнен. почва (ЗП)	34,8	30,0	35,0	26,3	126,1	31,5	
ЗП+ рыхление (Р)	29,0	22,7	27,5	28,9	108,1	27,0	
ЗП+ Р+ известков. (И)	26,5	20,7	25,7	26,7	99,6	24,9	
ЗП+ Р+ И+НРК	14,5	11,4	10,0	12,9	48,8	12,2	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	18,9	23,1	19,5	18,5	80	20,0	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	18,8	19,6	20,4	20,0	78,8	19,7	
Сумма, Р	161,6	145,2	157,6	151,5	615,9	22,0	
Развитие болезни, %							
Контроль	0,82	0,89	0,98	1,19	3,88	0,97	0,60
Загрязнен. почва (ЗП)	3,49	3,50	3,50	4,58	15,07	3,77	
ЗП+ рыхление (Р)	1,45	1,23	1,76	1,44	5,88	1,47	
ЗП+ Р+ известков. (И)	1,32	2,03	1,29	1,67	6,31	1,58	
ЗП+ Р+ И+НРК	0,15	0,57	0,10	0,13	0,95	0,24	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	0,95	2,31	1,95	0,93	6,14	1,54	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	1,94	2,90	2,04	2,00	8,88	2,22	
Сумма, Р	10,12	13,43	11,62	11,94	47,11	1,68	



Дисперсионный анализ данных по влиянию приемов реабилитации  
нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие  
альтернариоза на растениях ярового рапса (2019 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Распространенность болезни, %							
Контроль	16,2	21,0	21,9	18,2	77,3	19,3	5,0
Загрязненная почва (ЗП)	26,8	34,6	36,7	36,8	134,9	33,7	
ЗП+ рыхление (P)	22,6	31,8	34,5	24,4	113,3	28,3	
ЗП+ P+ известкование (И)	23,5	31,0	31,4	30,0	115,9	29,0	
ЗП+ P+ И+NPK	16,4	20,5	12,5	8,6	58	14,5	
ЗП+ P+ И+ биогумус	21,6	23,1	26,8	14,8	86,3	21,6	
ЗП+ P+ И+ биопрепарат	20,8	23,5	24,5	22,0	90,8	22,7	
Сумма, P	147,9	185,5	188,3	154,8	676,5	24,2	
Развитие болезни, %							
Контроль	0,74	1,26	1,22	1,82	5,04	1,26	0,73
Загрязненная почва (ЗП)	4,27	6,0	4,67	6,37	21,31	5,33	
ЗП+ рыхление (P)	2,94	2,82	3,90	3,44	13,1	3,28	
ЗП+ P+ известкование (И)	2,06	2,55	2,43	3,00	10,04	2,51	
ЗП+ P+ И+NPK	0,82	1,02	0,63	0,43	2,9	0,73	
ЗП+ P+ И+ биогумус	2,16	3,62	2,68	2,48	10,94	2,74	
ЗП+ P+ И+ биопрепарат	2,08	2,35	2,45	2,20	9,08	2,27	
Сумма, P	15,07	19,62	17,98	19,74	72,41	2,59	

## РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
№ 2827107**Способ снижения заболеваемости растений ярового  
рапса альтернариозом на нефтезагрязненных серых  
лесных почвах**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский государственный аграрный университет"  
(ФГБОУ ВО Казанский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Гилязов Миннегали Юсупович (RU), Минакаев Рогать  
Вагизович (RU), Михайлова Марина Юрьевна (RU),  
Нигматуллина Регина Анатольевна (RU)*

Заявка № 2023126090

Приоритет изобретения 12 октября 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 23 сентября 2024 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 12 октября 2043 г.



Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

Дисперсионный анализ данных по влиянию приемов реабилитации  
нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие  
гельминтоспориоза на растениях проса (2020 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Распространенность болезни, %							
Контроль	8,9	0	10,9	2,4	22,2	5,6	7,2
Загрязненная почва (ЗП)	34,3	29,3	43,5	23,1	130,2	32,6	
ЗП+ рыхление (Р)	13,5	10,7	23,1	0	47,3	11,8	
ЗП+ Р+ известкование (И)	7,8	5,9	17,1	10,5	41,3	10,3	
ЗП+ Р+ И+НРК	9,0	9,6	6,6	6,3	31,5	7,9	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	15,8	18,1	14,1	16,3	64,3	16,1	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	7,8	2,3	13,2	10,6	33,9	8,5	
Сумма, Р	97,1	75,9	128,5	69,2	370,7	13,2	
Развитие болезни, %							
Контроль	2,2	2,0	3,4	0,6	8,2	2,1	2,2
Загрязненная почва (ЗП)	10,6	7,3	15,0	10,8	43,7	10,9	
ЗП+ рыхление (Р)	6,7	5,3	9,0	3,0	24,0	6,0	
ЗП+ Р+ известкование (И)	5,9	5,9	10,0	5,3	27,1	6,8	
ЗП+ Р+ И+НРК	2,2	2,4	3,3	3,2	11,1	2,8	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	7,9	4,5	7,1	4,1	23,6	5,9	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	3,9	3,2	4,6	5,3	17,0	4,3	
Сумма, Р	39,4	30,6	52,4	32,3	154,7	5,5	

Дисперсионный анализ данных по влиянию приемов реабилитации  
нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие  
септориоза на растениях яровой пшеницы (2021 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Распространенность болезни, %							
Контроль	8,5	10,0	9,5	4,2	32,2	8,1	5,1
Загрязненная почва (ЗП)	17,3	25,5	29,4	29,7	101,9	25,5	
ЗП+ рыхление (Р)	15,5	14,6	6,3	0	36,4	9,1	
ЗП+ Р+ известкование (И)	13,6	13,0	15,4	14,3	56,3	14,1	
ЗП+ Р+ И+НРК	6,7	6,0	4,8	8,3	25,8	6,5	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	9,5	11,2	8,1	2,8	31,6	7,9	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	7,1	6,0	11,0	8,3	32,4	8,1	
Сумма, Р	82,2	81,3	82,5	70,6	316,6	11,3	
Развитие болезни, %							
Контроль	1,1	0,5	0,5	1,2	3,3	0,8	1,4
Загрязненная почва (ЗП)	4,3	3,3	6,4	6,4	20,4	5,1	
ЗП+ рыхление (Р)	3,0	3,6	1,6	0,9	9,1	2,3	
ЗП+ Р+ известкование (И)	3,4	3,2	1,8	2,6	11,0	2,8	
ЗП+ Р+ И+НРК	1,3	0,3	1,2	1,1	3,9	1,0	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	2,4	1,8	2,0	1,1	7,3	1,8	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	1,8	1,5	2,8	2,1	8,2	2,1	
Сумма, Р	17,3	14,2	16,3	15,4	63,2	2,3	

Дисперсионный анализ данных по влиянию приемов реабилитации  
нефтезагрязненной серой лесной почвы на распространенность и развитие  
альтернариоза колоса на растениях яровой пшеницы (2021 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Распространенность болезни, %							
Контроль	13,8	15,7	18,9	20,6	69,0	17,3	5,0
Загрязненная почва (ЗП)	26,4	40,8	31,4	32,4	131,0	32,8	
ЗП+ рыхление (Р)	23,9	19,8	22,0	17,8	83,5	20,9	
ЗП+ Р+ известков. (И)	20,5	20,4	23,1	23,8	87,8	22,0	
ЗП+ Р+ И+НРК	13,5	11,2	10,8	11,1	46,6	11,7	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	16,2	14,6	17,4	14,5	62,7	15,7	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	18,6	20,2	17,0	25,3	81,1	20,3	
Сумма, Р	132,9	142,7	140,6	145,5	561,7	20,1	
Развитие болезни, %							
Контроль	1,3	1,3	1,9	2,4	6,9	1,7	2,0
Загрязненная почва (ЗП)	7,1	9,7	7,8	8,1	32,7	8,2	
ЗП+ рыхление (Р)	6,0	7,9	6,3	5,7	25,9	6,5	
ЗП+ Р+ известков. (И)	8,1	5,1	5,8	8,9	27,9	7,0	
ЗП+ Р+ И+НРК	1,3	2,3	1,0	1,1	5,7	1,4	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	4,1	1,5	3,8	1,6	11,0	2,8	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	2,8	3,0	2,2	6,3	14,3	3,6	
Сумма, Р	30,7	30,8	28,8	34,1	124,4	4,4	

Дисперсионный анализ данных по влиянию приемов реабилитации  
нефтезагрязненной серой лесной почвы на урожайность основной продукции  
(зерно) сельскохозяйственных культур, т/га

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
2017 г., зерно яровой пшеницы							
Контроль	2,41	2,50	2,43	2,35	9,69	2,42	0,13
Загрязненная почва (ЗП)	1,82	1,80	1,88	1,73	7,23	1,81	
ЗП +рыхление (Р)	1,84	1,85	2,02	2,01	7,72	1,93	
ЗП+ Р+ известкование (И)	1,93	2,05	1,96	1,87	7,81	1,95	
ЗП +Р+И+ NPK	3,26	3,51	3,47	3,32	13,56	3,39	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	3,10	3,04	2,94	2,85	11,93	2,98	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	2,25	2,32	2,23	2,41	9,21	2,30	
Сумма, Р	16,61	17,07	16,93	16,54	67,15	2,40	
2018 г., зерно ярового ячменя							
Контроль	1,94	2,03	1,85	1,83	7,65	1,91	0,15
Загрязненная почва (ЗП)	1,22	1,38	1,46	1,25	5,31	1,33	
ЗП +рыхление (Р)	1,60	1,60	1,48	1,44	6,12	1,53	
ЗП+ Р+ известкование (И)	1,62	1,58	1,51	1,42	6,13	1,53	
ЗП +Р+И+ NPK	3,00	3,03	2,85	2,81	11,69	2,92	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	2,25	2,40	2,30	2,44	9,39	2,35	
ЗП+ Р+ И+биопрепарат	1,93	1,79	1,77	2,04	7,53	1,88	
Сумма, Р	13,56	13,81	13,22	13,23	53,82	1,92	
2019 г., маслосемяна ярового рапса							
Контроль	1,30	1,35	1,21	1,19	5,05	1,26	0,12
Загрязненная почва (ЗП)	0,92	0,87	0,76	0,80	3,35	0,84	
ЗП +рыхление (Р)	0,86	1,01	1,05	1,05	3,97	0,99	
ЗП+ Р+ известкование (И)	1,06	1,12	0,94	1,00	4,12	1,03	
ЗП +Р+И+ NPK	1,90	1,75	1,72	1,78	7,15	1,79	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	1,68	1,65	1,56	1,44	6,33	1,58	

продолжение приложения 35							
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	1,22	1,31	1,03	1,13	4,69	1,17	
Сумма, Р	8,94	9,06	8,27	8,39	34,66	1,24	
2020 г., зерно проса							
Контроль	2,18	2,25	2,06	2,12	8,61	2,15	0,17
Загрязненная почва (ЗП)	1,77	1,65	1,90	1,79	7,11	1,78	
ЗП +рыхление (Р)	1,75	1,84	1,88	1,94	7,41	1,85	
ЗП+ Р+ известкование (И)	1,99	1,87	1,90	1,80	7,56	1,89	
ЗП +Р+И+ NPK	3,00	3,22	3,32	3,09	12,63	3,16	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	2,87	2,74	2,60	2,80	11,01	2,75	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	2,12	2,31	2,40	2,21	9,04	2,26	
Сумма, Р	15,68	15,88	16,06	15,75	63,37	2,26	
2021 г., зерно яровой пшеницы							
Контроль	1,20	1,35	1,31	1,19	5,05	1,26	0,09
Загрязненная почва (ЗП)	1,11	1,04	0,99	1,13	4,27	1,07	
ЗП +рыхление (Р)	1,15	1,08	1,08	1,12	4,43	1,11	
ЗП+ Р+ известкование (И)	1,16	1,07	1,15	1,15	4,53	1,13	
ЗП +Р+И+ NPK	1,83	2,00	1,91	1,87	7,61	1,90	
ЗП+ Р+ И+ биогумус	1,76	1,69	1,70	1,77	6,92	1,73	
ЗП+ Р+ И+ биопрепарат	1,28	1,42	1,34	1,33	5,37	1,34	
Сумма, Р	9,49	9,65	9,48	9,56	38,18	1,36	

Динамика изменения прибавок урожая основной продукции от приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы в зависимости от давности загрязнения

Год, культура	Давность загрязнения, год	Прибавки урожая от приемов реабилитации, проценты к уровню урожая на незагрязненной почве (контроль)				
		Рыхление	Известкование	Удобрение (NPK)	Биогумус	Биопрепарат
2006, ячмень	2	36	5	20	17	9
2007, яровой рапс	3	38	3	21	18	12
2008, просо	4	29	5	10	8	5
2009, яровая пшеница	5	30	5	21	12	9
2010, ячмень	6	23	2	17	4	12
2011, яровой рапс	7	6	4	44	32	17
2012, просо	8	7	4	61	37	14
2013, яровая пшеница	9	10	0	58	21	16
2014, ячмень	10	5	1	63	37	24
2015, яровой рапс	11	4	2	61	53	23
2016, просо	12	5	0	56	44	18
2017, яровая пшеница	13	5	1	59	42	14
2018, ячмень	14	10	0	73	43	18
2019, яровой рапс	15	8	3	60	43	11
2020, просо	16	3	2	59	40	17
2021, яровая пшеница	17	3	2	61	47	16

Урожайность испытанных культур в зерновых единицах\* в зависимости от приемов реабилитации нефтезагрязненной серой лесной почвы, г/м<sup>2</sup>

Год, культура	Контроль (незагрязненная почва)	Загрязненная почва (ЗП)	ЗП+ рыхление (Р)	ЗП+ Р +известкование (И)	ЗП+ Р +И + NPK	ЗП+ Р +И + биогумус	ЗП+ Р +И +биопрепарат
2006, ячмень	164	50	108	116	149	145	132
2007, яровой рапс	208	46	125	131	175	169	156
2008, просо	177	80	131	139	158	154	150
2009, яр. пшеница	289	61	147	162	223	197	188
2010, ячмень	81	42	61	62	76	66	72
2011, яровой рапс	223	107	65	129	227	201	167
2012, просо	202	82	96	105	228	180	134
2013, яр. пшеница	193	103	122	122	234	162	152
2014, ячмень	206	124	134	136	265	212	185
2015, яровой рапс	186	129	136	140	253	238	182
2016, просо	151	112	119	120	204	190	147
2017, яр. пшеница	242	181	193	195	339	298	230
2018, ячмень	191	133	153	153	292	235	188
2019, яровой рапс	171	122	135	140	243	215	159
2020, просо	174	144	150	153	256	223	183
2021, яр. пшеница	126	104	111	113	190	173	134
Зерновые единицы в среднем за 2006-2021 гг., г/м <sup>2</sup>	187	101	124	132	220	191	160
Солома/зерно яровой пшеницы в среднем за 2009, 2013, 2017, 2021 гг.	1,09	1,46	1,27	1,28	1,10	1,16	1,18
Условная урожайность соломы в среднем за 2006-2021 гг., г/м <sup>2</sup>	204	147	157	169	242	222	189

Прим.: \* - коэффициенты перевода в зерновые единицы для яровой пшеницы и ячменя 1,00; для ярового рапса и проса соответственно 1,36 и 0,81.

**Фактические и среднегодовые нормы внесения агрохимикатов и кратность  
рыхления нефтезагрязненной серой лесной почвы**

Год	Культура	Биогумус, т/га	Известь, т/га	Минеральные удобрения, кг д. в./га			Биопрепарат, л/га	Рыхление почвы, кратность
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
2004	ВОС (зерно)	3	6	50	20	10	300	9
2005	Яровая пшеница			50	20	10	300	9
2006	Ячмень			0	0	0	300	2
2007	Яровой рапс	3		94	123	81	300	2
2008	Просо			34	44	58	300	3
2009	Яровая пшеница		6	75	65	59	300	2
2010	Ячмень	3		65	50	41	300	2
2011	Яровой рапс			94	121	79	300	2
2012	Просо			77	32	91	300	3
2013	Яровая пшеница	3		82	49	55	300	2
2014	Ячмень		6	43	72	53	300	2
2015	Яровой рапс			94	119	78	300	2
2016	Просо	3		77	32	91	300	2
2017	Яровая пшеница			82	51	52	300	2
2018	Ячмень			54	50	41	300	2
2019	Яровой рапс	3	6	49	68	53	300	2
2020	Просо			72	44	88	300	3
2021	Яровая пшеница			96	53	53	300	2
Сумма за 2004-2021 гг.		18	24	1188	1013	993	5400	53
Среднегодовые за 2006-2021 гг.*		1,125	1,50	74	63	62	338	3,31

Прим.: \* - с учетом затрат на реабилитацию в 2004-2005 гг.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Яровая пшеница 2006-2021 г.																														Незагрязненная почва		
культура		яровая пшеница		урожайность		ц/га		валовой сбор, ц		Стоимость ГСМ, руб.		43,5																				
сорт		Иолдыз		основной		18,70		1870		Стоимость 1 т/км, руб.		35																				
площадь, га		100		побочной		20,4		2040		стоимость 1 кВт.ч., руб.		5,1																				
										расстояние, км		5																				
№п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата			Количество человек для выполнения нормы		Норма выработки	Количество нормосмен в объеме работы	Затраты труда, чел. час.		Тарифная ставка за норму, руб.		Тарифный фонд оплаты труда на весь объем работ, руб.		Дополнительная оплата за качество и сроки, руб.	Повышенная оплата на уборке, руб.	Горючее		Автотранспорт		Электроэнергия		Прочие прямые затраты, руб.			
			в физическом выражении	эталонная сменная выработка	в условных, эталонных га	начало работ	рабочих дней	марка трактора, автомобиля, комбайна	СХМ		тракторов - машинистов	вспомогательных работников			трактористов-машинистов	вспомогательных работников	трактористов-машинистов	вспомогательных работников	трактористов-машинистов	вспомогательных работников			трактористов-машинистов	вспомогательных работников	на единицу, кг	всего, ц	стоимость всего, руб.	количество т/км		стоимость, руб.	количество, кВт.ч	стоимость, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1		9,80	10,20	71,43		183,4		1871,43		1871,43	2620,00	10,30	10,30	44805								
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7	1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1		61,00	1,64	11,48		161,82		265,28		265,28	371,39	1,80	1,80	7830								
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КПИР-3,6	1	1		18,00	5,56	38,89		161,82		899,00	0,00	899,00	1258,60	2,50	2,50	10875								
4	Рыхление почвы	га	0	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КСН-3	1	1		25,00	0,00	0,00		161,82		0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0								
5	Погрузка мин.удобрений	т	3	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,02	0,14		95,12		1,89		1,89	1,89	2,65	0,01	39,15								
6	Перевозка удобрений	т	3	3,7	1,5	1	КАМАЗ																	0	15	525,00						
7	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3	2	МТЗ-1221	Amazona	1	1		56,00	1,79	12,50	0,00	183,4	93,22	327,50	0,00	327,50	458,50	3,60	3,60	15660								
8	Инкрустация семян	т	22	4,9	0,5	1	эл.дв.	ПС-10А	1	1	1	67,60	0,33	2,28	2,28	95,12	62,26	30,96	20,26	51,22	71,71					9,1	46,41					
9	Погрузка семян	т	22	3,7	2,6	1	КАМАЗ																	0	110	3850,00						
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6	1	КАМАЗ																	0	110	3850,00						
11	Посев	га	100	7,7	27	2	МТЗ-1221	СЗП-3,6	2	1	2	20,00	5,00	35,00	70,00	183,4	93,22	917,00	932,20	1849,20	2588,88	5,70	5,70	24795								
12	Прикатывание	га	100	7,7	18,5	1	МТЗ-82	ЗККЩ-6	1	1		67,00	1,49	10,45		142,68		212,96		212,96	298,14	1,50	1,50	6525								
13	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	1	МТЗ-82	СТК-5	1	1		31,70	0,66	4,64		95,12		63,01		63,01	88,22	1,20	0,25	1096,2								
14	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1		54,00	1,85	12,96		122,26		226,41		226,41	316,97	0,86	0,86	3741								
15	Прямое комбайнирование	га	100			3	ДОН-1500		1	1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	143,5	111,08	1195,83	925,67	2121,50	2970,10	12,30	12,30	53505								
16	Транспортировка зерна на ток	т	187,0				КАМАЗ																0	935	32725,00							
17	Очистка	т	187,0				эл.двиг.	ОВС-25	1			40,00	4,68		98,18		69,74		978,10	978,10	1369,34			0		54,23	276,573					
18	транспортировка зерна на склад	т	172,0				КАМАЗ																0	860,2	30107,00							
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>										<b>41,69</b>	<b>258,11</b>	<b>228,79</b>				<b>6025,12</b>	<b>2856,23</b>	<b>8881,35</b>	<b>12433,89</b>	<b>x</b>	<b>38,89</b>	<b>169158,45</b>	<b>1920,20</b>	<b>67207,00</b>	<b>63,33</b>	<b>322,98</b>	<b>0,00</b>			

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
22	18000	<b>396000</b>	

на 1 га	всего
Амортизация 503,43	<b>50342,83</b>
Текущий ремонт 75,51	<b>7551,42</b>

Расход Г	Кол-во	ц	Цена	Сумма, руб
ДТ., ц	38,89	4350		169158,5
Смаз мат	0,24	2174		513,2
6,07%				
<b>Всего</b>	<b>39,12</b>			<b>169671,6099</b>

<b>Тарифный фонд зарплаты</b>	<b>8881,35</b>
Доплаты:	
за продукцию	2220,34
за качество и срок	8881,35
за классность	1154,58
Повышенная оплата на уборке	12433,89
<b>Итого доплат</b>	<b>24690,16</b>
Отпуска	3021,44
Доплата за стаж	5488,94
Итого зарплаты с отпусками	42081,89
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>53107,35</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>531,07</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>28,40</b>

<b>Всего прямые затраты</b>	<b>1171061,03</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>11710,61</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>626,24</b>
<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>32557,83</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>105395,49</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>1276456,52</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>12764,57</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>682,60</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

		культура		яровая пшеница		урожайность		ц/га	валовой сбор, ц		Яровая пшеница 2006-2021 г.		Загрязненная почва (ЗП)		Стоимость ГСМ, руб.		43,5												
		сорт		Иолдыз		основной		10,10	1010		Норма высева, т/га		0,22	Стоимость 1 т/км, руб.		35													
		площадь, га		100		побочной		14,7	1470				стоимость 1 кВт.ч., руб.		5,1														
														расстояние, км		5													
№п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата			Количество человек для выполнения нормы		Норма выработки	Количество нормисмен в объеме работы	Затраты труда, чел. час.		Тарифная ставка за норму, руб.		Тарифный фонд оплаты труда на весь объем работ, руб.		Дополнительная оплата за качество и сроки, руб.	Повышенная оплата на уборке, руб.	Горючее		Автотранспорт		Электроэнергия		Прочие прямые затраты, руб.
			в физическом выражении	эталонная сменная выработка	в условных, эталонных га	начало работ	рабочих дней	марка трактора, автомобиля, комбайна	СХМ		тракторов - машинистов	вспомогательных работников			тракторов-машинистов	вспомогательных работников	тракторов - машинистов	вспомогательных работников	на единицу, кг	всего, ц			стоимость всего, руб.	количество т/км	стоимость, руб.	количество, кВт.ч	стоимость, руб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1		9,80	10,20	71,43		183,4		1871,43		1871,43	2620,00	10,30	10,30	44805					
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7	1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1		61,00	1,64	11,48		161,82		265,28		265,28	371,39	1,80	1,80	7830					
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КПИР-3,6	1	1		18,00	5,56	38,89		161,82		899,00	0,00	899,00	1258,60	2,50	2,50	10875					
4	Рыхление почвы	га	0	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КСН-3	1	1		25,00	0,00	0,00		161,82		0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0						
5	Погрузка мин удобрений	т	3	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,02	0,14		95,12		1,89		1,89	2,65	0,30	0,01	39,15					
6	Перевозка удобрений	т	3	3,7	1,5	1	КАМАЗ														0			15	525,00				
7	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3	2	МТЗ-1221	Amazone	1	1		56,00	1,79	12,50	0,00	183,4	93,22	327,50	0,00	327,50	458,50	3,60	3,60	15660					
8	Инкрустация семян	т	22				эл.дв.	ПС-10А	1	1	1	67,60	0,33	2,28	2,28	95,12	62,26	30,96	20,26	51,22	71,71					9,1	46,41		
9	Погрузка семян	т	22	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,15	1,02		95,12		13,86		13,86	19,40	0,30	0,07	287,1					
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6	1	КАМАЗ														0			110	3850,00				
11	Посев	га	100	7,7	27	2	МТЗ-1221	СЗП-3,6	2	1	2	20,00	5,00	35,00	70,00	183,4	93,22	917,00	932,20	1849,20	2588,88	5,70	5,70	24795					
12	Прикатывание	га	100	7,7	18,5	1	МТЗ-82	ЗКШ-6	1	1		67,00	1,49	10,45		142,68		212,96		212,96	298,14	1,50	1,50	6525					
13	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	1	МТЗ-82	СТК-5	1	1		31,70	0,66	4,64		95,12		63,01		63,01	88,22	1,20	0,25	1096,2					
14	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1		54,00	1,85	12,96		122,26		226,41		226,41	316,97	0,86	0,86	3741					
15	Прямое комбайнирование	га	100			3	ДОН-1500		1	1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	143,5	111,08	1195,83	925,67	2121,50	2970,10	12,30	12,30	53505					
16	Транспортировка зерна на ток	т	101,0				КАМАЗ														0			505	17675,00				
17	Очистка	т	101,0				эл.двиг.	ОВС-25	1		3	40,00	2,53		53,03		69,74		528,28	528,28	739,59			0		29,29	149,379		
18	транспортировка зерна на склад	т	92,9				КАМАЗ														0			464,6	16261,00				
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>											<b>39,54</b>	<b>258,11</b>	<b>183,64</b>			<b>6025,12</b>	<b>2406,41</b>	<b>8431,53</b>	<b>11804,14</b>	<b>x</b>	<b>38,89</b>	<b>169158,45</b>	<b>1094,60</b>	<b>38311,00</b>	<b>38,39</b>	<b>195,79</b>	<b>0,00</b>

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
22	18000		<b>396000</b>

Внесение удобрений	Количество, т	Цена	Рублей
<b>из них органические</b>			
ам. Селитра	0	15200	<b>0</b>
аммофос (12:52:0)	3	28600	<b>85800</b>
хлористый калий	0	14300	<b>0</b>
Известь	0	145	<b>0</b>
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	3	1950	<b>5850</b>
Пува супер 7,5, л	100	1910	<b>191000</b>
Вивал ТТ, л	55	2030	<b>111650</b>

Амортизация	на 1 га	всего
503,43		<b>50342,83</b>
Текущий ремонт	на 1 га	всего
75,51		<b>7551,42</b>

Расход	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб
ДТ, ц	38,89	4350	169158,5
Смаз мат	0,24	2174	513,2
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>39,12</b>		<b>169671,6089</b>

Тарифный фонд зарплаты	8431,53
Доплаты:	
за продукцию	2107,88
за качество и срок	8431,53
за классность	1096,10
Повышенная оплата на уборке	11804,14
<b>Итого доплат</b>	<b>23439,65</b>
Отпуска	2868,41
Доплата за стаж	5210,94
Итого зарплаты с отпусками	39950,53
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>50417,67</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>504,18</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>49,92</b>

Всего прямые затраты	1138367,24
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>11383,67</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>1127,10</b>
Прочие прямые затраты	31577,02
Накладные расходы	102453,05
Итого затрат	1240820,29
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>12408,20</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>1228,53</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Яровая пшеница 2006-2021 гг. ЗП+Рыхлаение																														
культура		яровая пшеница		урожайность		ц/га		валовой сбор, ц		Стоимость ГСМ, руб.		43,5																		
сорт		Иолдыз		основной		13,20		1320		Стоимость 1 т/км, руб.		35																		
площадь, га		100		побочной		15,7		1570		стоимость 1 кВт.ч., руб.		5,1																		
										Норма высева, т/га		0,22																		
										расстояние, км		5																		
№п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата			Количество человек для выполнения нормы		Норма выработки	Затраты труда, чел. час.		Тарифная ставка за норму, руб.		Тарифный фонд оплаты труда на весь объем работ, руб.		Дополнительная оплата за качество и сроки, руб.	Повышенная оплата на уборке, руб.	Горючее		Автотранспорт		Электроэнергия		Прочие прямые затраты, руб.		
			в физическом выражении	эталонная сменная выработка	в условных, эталонных га	начало работ	рабочих дней	марка трактора, автомобиля, комбайна	СХМ		тракторов - машинистов	вспомогательных работников		Количество нормисмен в объеме работы	тракторов-машинистов	вспомогательных работников	тракторов-машинистов	вспомогательных работников	тракторов-машинистов			вспомогательных работников	на единицу, кг	всего, ц	стоимость всего, руб.	количество т/км	стоимость, руб.		количество, кВт.ч	стоимость, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1	9,80	10,20	71,43		183,4		1871,43		1871,43	2620,00	10,30	10,30	44805							
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7	1	ДТ-75	БЭТС-1	24	1	61,00	1,64	11,48		161,82		265,28		265,28	371,39	1,80	1,80	7830							
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КПИР-3,6	1	1	18,00	5,56	38,89		161,82		899,00	0,00	899,00	1258,60	2,50	2,50	10875							
4	Рыхление почвы	га	331	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КСН-3	1	1	25,00	13,24	92,68		161,82		2142,50	0,00	2142,50	2999,50	2,50	8,28	35996,25							
5	Погрузка мин.удобрений	т	3	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1	151,00	0,02	0,14		95,12		1,89		1,89	2,65	0,30	0,01	39,15							
6	Перевозка удобрений	т	3	3,7	1,5	1	КАМАЗ																0	15	525,00					
7	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3	2	МТЗ-1221	Amazone	1	1	56,00	1,79	12,50	0,00	183,4		93,22	327,50	0,00	327,50	458,50	3,60	3,60	15660						
8	Инкрустация семян	т	22			1	эл.дв.	ПС-10А	1	1	67,60	0,33	2,28	2,28	95,12	62,26	30,96	20,26	51,22	71,71							9,1	46,41		
9	Погрузка семян	т	22	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1	151,00	0,15	1,02		95,12		13,86		13,86	19,40	0,30	0,07	287,1							
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6	1	КАМАЗ																0	110	3850,00					
11	Посев	га	100	7,7	27	2	МТЗ-1221	СЭП-3,6	2	1	20,00	5,00	35,00	70,00	183,4	93,22	917,00	932,20	1849,20	2588,88	5,70	5,70	24795							
12	Прикатывание	га	100	7,7	18,5	1	МТЗ-82	ЗКШ-6	1	1	67,00	1,49	10,45		142,68		212,96		212,96	298,14	1,50	1,50	6525							
13	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	1	МТЗ-82	СТК-5	1	1	31,70	0,66	4,64		95,12		63,01		63,01	88,22	1,20	0,25	1096,2							
14	Отрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1	54,00	1,85	12,96		122,26		226,41		226,41	316,97	0,86	0,86	3741							
15	Прямое комбайнирование	га	100			3	ДОН-1500		1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	143,5	111,08	1195,83	925,67	2121,50	2970,10	12,30	12,30	53505							
16	Транспортировка зерна на ток	т	132,0				КАМАЗ															0	660	23100,00						
17	Очистка	т	132,0				эл.двиг.	ОВС-25	1		40,00	3,30		69,30	69,74		690,43		690,43	966,60			0			38,28	195,228			
18	транспортировка зерна на склад	т	121,4				КАМАЗ															0	607,2	21252,00						
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>											<b>53,56</b>	<b>351,79</b>	<b>199,91</b>			<b>8167,62</b>	<b>2568,55</b>	<b>10736,17</b>	<b>15030,64</b>	<b>x</b>	<b>47,16</b>	<b>205154,70</b>	<b>1382,20</b>	<b>48727,00</b>	<b>47,38</b>	<b>241,64</b>	<b>0,00</b>	

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	22	18000	<b>396000</b>

Внесение удобрений	Количество, т	Цена	Рублей
<b>из них органические</b>			
ам. Селитра	0	15200	<b>0</b>
аммофос (12:52:0)	3	28600	<b>85800</b>
хлористый калий	0	14300	<b>0</b>
Известь	0	145	<b>0</b>
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	3	1950	<b>5850</b>
Пула супер 7,5, л	100	1910	<b>191000</b>
Виал ТТ, л	55	2030	<b>111650</b>

Амортизация	на 1 га	всего
	503,43	<b>50342,83</b>
Текущий ремонт	75,51	<b>7551,42</b>

Расход Г	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	47,16	4350	205154,7
Смаз мат	0,29	2174	622,4
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>47,45</b>		<b>205777,0582</b>

Тарифный фонд зарплаты	<b>10736,17</b>
Доллаты:	
за продукцию	2684,04
за качество и срок	10736,17
за классность	1395,70
Повышенная оплата на уборке	15030,64
<b>Итого доплат</b>	<b>29846,56</b>
Отпуска	3652,45
Доплата за стаж	6635,28
Итого зарплат с отпусками	50870,46
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>64198,51</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>641,99</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>48,64</b>

<b>Всего прямые затрат</b>	<b>1200581,92</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>12005,82</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>909,53</b>
<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>33443,46</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>108052,37</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>1308634,29</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>13086,34</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>991,39</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Яровая пшеница 2006-2021 гг. ЗП+Рыхление+Известкование																													
культура		яровая пшеница		урожайность		ц/га		валовой сбор,ц		Стоимость ГСМ, руб.		43,5																	
сорт		Йолдыз		основной		13,20		1320		Стоимость 1 т/км, руб.		35																	
площадь, га		100		побочной		16,9		1690		стоимость 1 кВт.ч., руб.		5,1																	
										расстояние, км		5																	
№п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата			Количество человек для выполнения нормы		Норма выработки	Количество нормисмен вобъеме работы	Затраты труда, чел. час.		Тарифная ставка за норму, руб.		Тарифный фонд оплаты труда на весь объем работ, руб.		Дополнительная оплата за качество и сроки, руб.	Повышенная оплата на уборке, руб.	Горючее		Автотранспорт		Электроэнергия		Прочие прямые затраты, руб.
			в физическом выражении	эталонная сменная выработка	в условных, эталонных га	начало работ	рабочих дней	марка трактора, автомобиля, комбайна	СХМ		тракторов - машинистов	вспомогательных работников			Трактористов-машинистов	вспомогательных работников	тракторов - машинистов	вспомогательных работников	на единицу, кг	всего, ц			количество т/км	стоимость, руб.	количество кВт.ч	стоимость, руб.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1		9,80	10,20	71,43		183,4		1871,43		1871,43	2620,00	10,30	10,30	44805					
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7	1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1		61,00	1,64	11,48		161,82		265,28		265,28	371,39	1,80	1,80	7830					
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КПИР-3,6	1	1		18,00	5,56	38,89		161,82		899,00	0,00	899,00	1258,60	2,50	2,50	10875					
4	Рыхление почвы	га	331	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КСН-3	1	1		25,00	13,24	92,68		161,82		2142,50	0,00	2142,50	2999,50	2,50	8,28	35996,25					
5	Погрузка мин.удобрений	т	153	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	1,01	7,09		95,12		96,38		96,38	134,93	0,30	0,46	1996,65					
6	Перевозка удобрений	т	153	3,7	1,5	1	КАМАЗ																	0	765	26775,00			
7	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3	2	МТЗ-1221	Amazona	1	1		56,00	1,79	12,50	0,00	183,4	93,22	327,50	0,00	327,50	458,50	3,60	3,60	15660					
8	Инкрустация семян	т	22			1	э.дв. ПС-10А		1	1	1	67,60	0,33	2,28	2,28	95,12	62,26	30,96	20,26	51,22	71,71						9,1	46,41	
9	Погрузка семян	т	22	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,15	1,02		95,12		13,86		13,86	19,40	0,30	0,07	287,1					
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6	1	КАМАЗ																0	110	3850,00				
11	Посев	га	100	7,7	27	2	МТЗ-1221	СЗП-3,6	2	1	2	20,00	5,00	35,00	70,00	183,4	93,22	917,00	932,20	1849,20	2588,88	5,70	5,70	24795					
12	Прикатывание	га	100	7,7	18,5	1	МТЗ-82	ЗКЩ-6	1	1		67,00	1,49	10,45		142,68		212,96		212,96	298,14	1,50	1,50	6525					
13	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	1	МТЗ-82	СТК-5	1	1		31,70	0,66	4,64		95,12		63,01		63,01	88,22	1,20	0,25	1096,2					
14	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1		54,00	1,85	12,96		122,26		226,41		226,41	316,97	0,86	0,86	3741					
15	Прямое комбайнирование	га	100			3	ДОН-1500		1	1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	143,5	111,08	1195,83	925,67	2121,50	2970,10	12,30	12,30	53505					
16	Транспортировка зерна на ток	т	132,0				КАМАЗ																0	660	23100,00				
17	Очистка	т	132,0				эл.двиг.	ОВС-25	1		3	40,00	3,30		69,30		69,74		690,43	690,43	966,60			0	607,2	21252,00			
18	транспортировка зерна на склад	т	121,4				КАМАЗ																0	607,2	21252,00				
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>										<b>54,55</b>	<b>358,74</b>	<b>199,91</b>				<b>8262,11</b>	<b>2568,55</b>	<b>10830,66</b>	<b>15162,93</b>	<b>x</b>	<b>47,61</b>	<b>207112,20</b>	<b>2142,20</b>	<b>74977,00</b>	<b>47,38</b>	<b>241,64</b>	<b>0,00</b>

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
22	18000		<b>396000</b>

Внесение удобрений	Количество, т	Цена	Рублей
<b>из них органические</b>			
ам. Селитра	0	15200	<b>0</b>
аммофос (12:52:0)	3	28600	<b>85800</b>
хлористый калий	0	14300	<b>0</b>
Известь	150	145	<b>21750</b>
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	3	1950	<b>5850</b>
Гума супер 7,5, л	100	1910	<b>191000</b>
Виал ТТ, л	55	2030	<b>111650</b>

Амортизация	на 1 га	всего
503,43		<b>50342,83</b>
Текущий ремонт	на 1 га	всего
75,51		<b>7551,42</b>

Расход Г	Колво	ц	Цена	Сумма, руб
ДТ, ц	47,61		4350	207112,2
Смаз мат	0,29		2174	628,3
6,07%				
<b>Всего</b>	<b>47,90</b>			<b>207740,4965</b>

Тарифный фонд зарплаты	10830,66
Доплаты:	
за продукцию	2707,67
за качество и срок	10830,66
за классность	1407,99
Повышенная оплата на уборке	15162,93
<b>Итого доплат</b>	<b>30109,24</b>
Отпуска	3684,59
Доплата за стаж	6693,67
Итого зарплаты с отпусками	51318,17
<b>Всего зарплаты с начислениями</b>	<b>64763,53</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>647,64</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>49,06</b>

Всего прямые затраты	1252673,11
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>12526,73</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>948,99</b>
<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>35006,19</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>112740,58</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>1365413,69</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>13654,14</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>1034,40</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Яровая пшеница 2006-2021 гг. ЗП+Рыхление+Известь+НПК																															
культура		яровая пшеница		урожайность		ц/га		валовой сбор, ц		Стоимость ГСМ, руб.		43,5																			
сорт		Йолдыз		основной		22,00		2200		Стоимость 1 т/км, руб.		35																			
площадь, га		100		побочной		24,2		2420		стоимость 1 кВт.ч., руб.		5,1																			
										расстояние, км		5																			
№п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата			Количество человек для выполнения нормы		Норма выработки	Количество нормосмен в объеме работы	Затраты труда, чел. час.		Тарифная ставка за норму, руб.		Тарифный фонд оплаты труда на весь объем работ, руб.		Дополнительная оплата за качество и сроки, руб.	Повышенная оплата на уборке, руб.	Горючее		Автотранспорт		Электроэнергия		Прочие прямые затраты, руб.		
			в физическом выражении	эталонная сменная выработка	в условных, эталонных га	начало работ	рабочих дней	марка трактора, автомобиля, комбайна	СХМ		тракторов - машинистов	вспомогательных работников			трактористов-машинистов	вспомогательных работников	трактористов - машинистов	вспомогательных работников	на единицу, кг	всего, ц			стоимость всего, руб.	количество т/км	стоимость, руб.	количество, кВт.ч	стоимость, руб.				
									марка	количество																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1		9,80	10,20	71,43		183,4		1871,43		1871,43	2620,00	10,30	10,30	44805							
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7	1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1		61,00	1,64	11,48		161,82		265,28		265,28	371,39	1,80	1,80	7830							
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КПИР-3,6	1	1		18,00	5,56	38,89		161,82		899,00	0,00	899,00	1258,60	2,50	2,50	10875							
4	Рыхление почвы	га	331	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КСН-3	1	1		25,00	13,24	92,68		161,82		2142,50	0,00	2142,50	2999,50	2,50	8,28	35996,25							
5	Погрузка мин.удобрений	т	189,7	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	1,26	8,79		95,12		119,50		119,50	167,30	0,30	0,57	2475,585							
6	Перевозка удобрений	т	189,7	3,7	1,5	1	КАМАЗ																	0	948,5	33197,50					
7	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3	2	МТЗ-1221	Amazone эл.дв.	1	1	1	56,00	1,79	12,50	0,00	183,4	93,22	327,50	0,00	327,50	458,50	3,60	3,60	15660							
8	Инкрустация семян	т	22			1	ПС-10А	ПЭ-0,8	1	1	1	67,60	0,33	2,28	2,28	95,12	62,26	30,96	20,26	51,22	71,71							9,1	46,41		
9	Погрузка семян	т	22	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,15	1,02		95,12		13,86		13,86	19,40	0,30	0,07	287,1							
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6	1	КАМАЗ																	0	110	3850,00					
11	Посев	га	100	7,7	27	2	МТЗ-1221	СЗП-3,6	2	1	2	20,00	5,00	35,00	70,00	183,4	93,22	917,00	932,20	1849,20	2588,88	5,70	5,70	24795							
12	Прикапывание	га	100	7,7	18,5	1	МТЗ-82	ЗККШ-6	1	1		67,00	1,49	10,45		142,68		212,96		212,96	298,14	1,50	1,50	6525							
13	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	1	МТЗ-82	СТК-5	1	1		31,70	0,66	4,64		95,12		63,01		63,01	88,22	1,20	0,25	1096,2							
14	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1		54,00	1,85	12,96		122,26		226,41		226,41	316,97	0,86	0,86	3741							
15	Прямое комбайнирование	га	100			3	ДОН-1500		1	1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	143,5	111,08	1195,83	925,67	2121,50	2970,10	12,30	12,30	53505							
16	Транспортировка зерна на ток	т	220,0				КАМАЗ																	0	1100	38500,00					
17	Очистка	т	220,0				эл.двиг.	ОВС-25	1		3	40,00	5,50		115,50		69,74		1150,71	1150,71	1610,99			0				63,8	325,38		
18	транспортировка зерна на склад	т	202,4				КАМАЗ																	0	1012	35420,00					
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>											<b>56,99</b>	<b>360,45</b>	<b>246,11</b>			<b>8285,23</b>	<b>3028,84</b>	<b>11314,07</b>	<b>15839,69</b>	<b>x</b>	<b>47,72</b>	<b>207591,14</b>	<b>3170,50</b>	<b>110967,50</b>	<b>72,90</b>	<b>371,79</b>	<b>0,00</b>		

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
22	18000		396000

Внесение удобрений из них органические	Количество, т	Цена	Рублей
ам. Селитра	17,3	15200	262960
аммофос (12:52:0)	12,1	28600	346060
хлористый калий	10,3	14300	147290
Известь	150	145	21750
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	3	1950	5850
Гума супер 7,5, л	100	1910	191000
Виал ТТ, л	55	2030	111650

Амортизация	на 1 га	всего
503,43		50342,83
Текущий ремонт	на 1 га	всего
75,51		7551,42

Расход Г	Колво, ц	Цена	Сумма, руб
ДТ, ц	47,72	4350	207591,1
Смаз мат	0,29	2174	629,7
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>48,01</b>		<b>208220,844</b>

Тарифный фонд зарплаты	11314,07
Доплаты:	
за продукцию	2828,52
за качество и срок	11314,07
за классность	1470,83
Повышенная оплата на уборке	15839,69
<b>Итого доплат</b>	<b>31463,10</b>
Отпуска	3849,05
Доплата за стаж	6992,43
Итого зарплаты с отпусками	53608,64
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>67654,11</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>676,54</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>30,75</b>

Всего прямые затраты	1972028,90
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>19720,29</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>896,38</b>
<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>44360,37</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>177482,60</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>2149511,50</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>21495,12</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>977,05</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

культура		яровая пшеница		урожайность ц/га		валовой сбор, ц		Яровая пшеница 2006-2021 гг.		ЗП+Рыхление+Известкование+Биогумус		Стоимость ГСМ, руб.		Стоимость 1 т/км, руб.		стоимость 1 кВт.ч., руб.													
сорт		Йолдыз		19,10		1910		Норма высева, т/га		0,22		43,5		35		5,1													
площадь, га		100		22,2		2220						расстояние, км		5															
№п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата			Количество человек для выполнения нормы		Норма выработки	Количество нормисмен в объеме работы	Затраты труда, чел. час.		Тарифная ставка за норму, руб.		Тарифный фонд оплаты труда на весь объем работ, руб.		Дополнительная оплата за качество и сроки, руб.	Повышенная оплата на уборке, руб.	Горючее		Автотранспорт		Электроэнергия		Прочие прямые затраты, руб.
			в физическом выражении	эталонная сменная выработка	в условных, эталонных га	начало работ	рабочих дней	марка трактора, автомобиля, комбайна	СХМ		тракторов - машинистов	вспомогательных работников			тракторов - машинистов	вспомогательных работников	тракторов - машинистов	вспомогательных работников	на единицу, кг	всего, ц			количество т/км	стоимость, руб.	количество, кВт.ч	стоимость, руб.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1		9,80	10,20	71,43		183,4		1871,43		1871,43	2620,00	10,30	10,30	44805					
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7	1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1		61,00	1,64	11,48		161,82		265,28		265,28	371,39	1,80	1,80	7830					
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КПИР-3,6	1	1		18,00	5,56	38,89		161,82		899,00	0,00	899,00	1258,60	2,50	2,50	10875					
4	Рыхление почвы	га	331	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КСН-3	1	1		25,00	13,24	92,68		161,82		2142,50	0,00	2142,50	2999,50	2,50	8,28	35996,25					
5	Погрузка мин.удобрений	т	150	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,99	6,95		95,12		94,49		94,49	132,29	0,30	0,45	1957,5					
6	Перевозка удобрений	т	150	3,7	1,5	1	КАМАЗ																0	750	26250,00				
7	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3	2	МТЗ-1221	Amazone	1	1	1	56,00	1,79	12,50	0,00	183,4	93,22	327,50	0,00	327,50	458,50	3,60	3,60	15660					
8	Инкрустация семян	т	22	4,9	0,5	1	эл.дв.	ПС-10А	1	1	1	67,60	0,33	2,28	2,28	95,12	62,26	30,96	20,26	51,22	71,71					9,1	46,41		
9	Погрузка семян	т	22	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,15	1,02		95,12		13,86		13,86	19,40	0,30	0,07	287,1					
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6	2	КАМАЗ																0	110	3850,00				
11	Посев	га	100	7,7	27	2	МТЗ-1221	СЗП-3,6	2	1	2	20,00	5,00	35,00	70,00	183,4	93,22	917,00	932,20	1849,20	2588,88	5,70	5,70	24795					
12	Прикатывание	га	100	7,7	18,5	1	МТЗ-82	ЗКЩ-6	1	1		67,00	1,49	10,45		142,68		212,96		212,96	298,14	1,50	1,50	6525					
13	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	1	МТЗ-82	СТК-5	1	1		31,70	0,66	4,64		95,12		63,01		63,01	88,22	1,20	0,25	1096,2					
14	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1		54,00	1,85	12,96		122,26		226,41		226,41	316,97	0,86	0,86	3741					
15	Прямое комбайнирование	га	100			3	ДОН-1500		1	1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	143,5	111,08	1195,83	925,67	2121,50	2970,10	12,30	12,30	53505					
16	Транспортировка зерна на ток	т	191,0				КАМАЗ																0	955	33425,00				
17	Очистка	т	191,0				эл.двиг.	ОВС-25	1		3	40,00	4,78		100,28		69,74		999,03	999,03	1398,64			0			55,39	282,489	
18	транспортировка зерна на склад	т	175,7				КАМАЗ																0	878,6	30751,00				
<b>Всего</b>			<b>руб.</b>									<b>56,00</b>	<b>358,61</b>	<b>230,89</b>				<b>8260,22</b>	<b>2877,15</b>	<b>11137,37</b>	<b>15592,32</b>	<b>x</b>	<b>47,60</b>	<b>207073,05</b>	<b>2693,80</b>	<b>94276,00</b>	<b>64,49</b>	<b>328,90</b>	<b>0,00</b>

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
22	18000		<b>396000</b>

Внесение удобрений	Количество, т	Цена	Рублей
<b>Биогумус</b>	112,5	5600	<b>630000</b>
<b>ам. Селитра</b>	0	15200	<b>0</b>
<b>аммофос (12:52:0)</b>	0	28600	<b>0</b>
<b>хлористый калий</b>	0	14300	<b>0</b>
<b>Известь</b>	150	145	<b>21750</b>
Средства защиты растений			
<b>Дифезан, кг</b>	3	1950	<b>5850</b>
<b>Гума супер 7,5, л</b>	100	1910	<b>191000</b>
<b>Виал ТТ, л</b>	55	2030	<b>111650</b>

Расход Г	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб
ДТ., ц	47,60	4350	207073,1
Смаз мат	0,29	2174	628,2
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>47,89</b>		<b>207701,2278</b>

Тарифный фонд зарплаты	11137,37
Доплаты:	
за продукцию	2784,34
за качество и срок	11137,37
за классность	1447,86
Повышенная оплата на уборке	15592,32
<b>Итого доплат</b>	<b>30961,90</b>
Отпуска	3788,93
Доплата за стаж	6883,23
Итого зарплаты с отпусками	52771,43
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>66597,55</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>665,98</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>34,87</b>

<b>Всего прямые затрат</b>	<b>1818709,20</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>18187,09</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>952,20</b>
<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>35661,28</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>163683,83</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>1982393,03</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>19823,93</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>1037,90</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

		культура		яровая пшеница		урожайность		ц/га		валовой сбор, ц		Яровая пшеница 2006-2021 гг.		ЗП+Рыхление+Известкование+Биопрепарат		Стоимость ГСМ, руб.		43,5											
		сорт		Йоддыз		основной		16,00		1600		Норма высева, т/га		0,22		Стоимость 1 т/км, руб.		35											
		площадь, га		100		побочной		18,9		1890						стоимость 1 кВт.ч., руб.		5,1											
																расстояние, км		5											
№п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата			Количество человек для выполнения нормы		Норма выработки	Количество нормосмен в объеме работы	Затраты труда, чел. час.		Тарифная ставка за норму, руб.		Тарифный фонд оплаты труда на весь объем работ, руб.		Дополнительная оплата за качество и сроки, руб.	Повышенная оплата на уборке, руб.	Горючее		Автотранспорт		Электроэнергия		Прочие прямые затраты, руб.
			в физическом выражении	эталонная сменная выработка	в условных, эталонных га	начало работ	рабочих дней	марка трактора, автомобиля, комбайна	СХМ		трактористов - машинистов	вспомогательных работников			трактористов - машинистов	вспомогательных работников	трактористов - машинистов	вспомогательных работников	на единицу, кг	всего, ц			количество т/км	стоимость, руб.	количество, кВт.ч	стоимость, руб.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Вспахка	га	100	7,7	142,4		6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1	9,80	10,20	71,43		183,4		1871,43		1871,43	2620,00	10,30	10,30	44805					
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7		1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1	61,00	1,64	11,48		161,82		265,28		265,28	371,39	1,80	1,80	7830					
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5		2	МТЗ-82	КПР-3,6	1	1	18,00	5,56	38,89		161,82		899,00	0,00	899,00	1258,60	2,50	2,50	10875					
4	Рыхление почвы	га	331	7,7	21,5		2	МТЗ-82	КСН-3	1	1	25,00	13,24	92,68		161,82		2142,50	0,00	2142,50	2999,50	2,50	8,28	35996,25					
5	Погрузка мин.удобрений	т	150	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1	151,00	0,99	6,95		95,12		94,49		94,49	132,29	0,30	0,45	1957,5					
6	Перевозка удобрений	т	150	3,7	1,5		1	КАМАЗ																0	750	26250,00			
7	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3		2	МТЗ-1221	Amazone	1	1	56,00	1,79	12,50	0,00	183,4	93,22	327,50	0,00	327,50	458,50	3,60	3,60	15660					
8	Инкрустация семян	т	22					эл.дв.	ПС-10А	1	1	67,60	0,33	2,28	2,28	95,12	62,26	30,96	20,26	51,22	71,71						9,1	46,41	
9	Погрузка семян	т	22	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1	151,00	0,15	1,02		95,12		13,86		13,86	19,40	0,30	0,07	287,1					
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6		1	КАМАЗ																0	110	3850,00			
11	Посев	га	100	7,7	27		2	МТЗ-1221	СЗП-3,6	2	1	20,00	5,00	35,00	70,00	183,4	93,22	917,00	932,20	1849,20	2588,88	5,70	5,70	24795					
12	Прикатывание	га	100	7,7	18,5		1	МТЗ-82	ЗКШ-6	1	1	67,00	1,49	10,45		142,68		212,96		212,96	298,14	1,50	1,50	6525					
13	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1		1	МТЗ-82	СТК-5	1	1	31,70	0,66	4,64		95,12		63,01		63,01	88,22	1,20	0,25	1096,2					
14	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4		1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1	54,00	1,85	12,96		122,26		226,41		226,41	316,97	0,86	0,86	3741					
15	Прямое комбайнирование	га	100				3	ДОН-1500		1	1	12,00	8,33	58,33	143,5	111,08	1195,83	925,67	2121,50	2970,10	12,30	12,30	53505						
16	Транспортировка зерна на ток	т	160,0					КАМАЗ															0	800	28000,00				
17	Очистка	т	160,0					эл.двиг.	ОВС-25	1		40,00	4,00		84,00		69,74		836,88	836,88	1171,63			0			46,4	236,64	
18	транспортировка зерна на склад	т	147,2					КАМАЗ															0	736	25760,00				
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>											<b>55,23</b>	<b>368,61</b>	<b>214,61</b>			<b>8260,22</b>	<b>2715,01</b>	<b>10875,23</b>	<b>15365,32</b>	<b>x</b>	<b>47,80</b>	<b>207073,05</b>	<b>2396,00</b>	<b>83980,00</b>	<b>55,50</b>	<b>283,05</b>	<b>0,00</b>

Семена - всего		тонн	Цена	Стоимость
		22	18000	396000

Внесение удобрений		Количество, т	Цена	Рублей
<b>Биопрепарат</b>		30	11500	<b>345000</b>
ам. Селитра		0	15200	0
аммофос (12:52:0)		0	28600	0
хлористый калий		0	14300	0
Известь		150	145	21750
Средства защиты растений				
Дифезан, кг		3	1950	5850
Пума супер 7,5, л		100	1910	191000
Вилал ТТ, л		55	2030	111650

Амортизация		на 1 га	всего
		503,43	50342,83
Текущий ремонт		75,51	7551,42

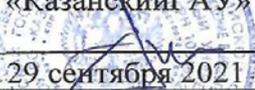
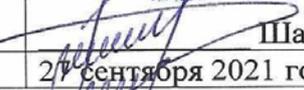
Расход Г		Кол-во	ц	Цена	Сумма, руб
ДТ, ц		47,60	4350		207073,1
Смаз мат		0,29	2174		628,2
6,07%					
<b>Всего</b>		<b>47,89</b>			<b>207701,2278</b>

Тарифный фонд зарплаты		10875,23
Доплаты:		
за продукцию		2743,81
за качество и срок		10975,23
за классность		1426,78
Повышенная оплата на уборке		15365,32
<b>Итого доплат</b>		<b>30511,13</b>
Отпуска		3733,77
Доплата за стаж		6783,02
Итого зарплат с отпусками		52003,15
<b>Всего зарплата с начислениями</b>		<b>65627,97</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>		<b>656,28</b>
<b>на 1 центнер</b>		<b>41,02</b>

Всего прямые затраты		1521924,23
<b>в том числе на 1 гектар</b>		<b>15219,24</b>
<b>на 1 центнер</b>		<b>951,20</b>
Прочие прямые затраты		35307,73
<b>Накладные расходы</b>		<b>136873,18</b>
<b>Итого затрат</b>		<b>1658897,41</b>
<b>в том числе на 1 га</b>		<b>16588,97</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>		<b>1036,81</b>

«УТВЕРЖДАЮ»	«УТВЕРЖДАЮ»
Первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» 	Директор ООО «Ярыш» Альметьевского муниципального района Республики Татарстан 
Зиганшин Б.Г.	Шаяхметов Р.М.
29 сентября 2021 года	29 сентября 2021 года

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы в производство от 27.09.2021

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» - профессор кафедры агрохимии и почвоведения Гилязов М.Ю., аспирант кафедры агрохимии и почвоведения Нигматуллина Р.А., с одной стороны, и представитель ООО «Ярыш» Альметьевского муниципального района Республики Татарстан – главный агроном Шаяхметов И.Р., с другой стороны, настоящим актом подтверждаем, что результаты диссертационной работы «Восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы агрохимическими приемами в условиях Республики Татарстан», испытаны и внедрены в ООО «Ярыш» Альметьевского муниципального района Республики Татарстан на площади 116 м<sup>2</sup>.

В процессе испытания выполнены следующие виды работ: отбор и анализ почвенных проб с загрязненного нефтью участка, установление степени загрязнения почвы, расчет норм внесения минеральных удобрений и биопрепарата Байкал ЭМ-1, разноглубинная (от 5 до 25 см) механическая обработка почвы по системе чистого пара в течение двух лет (2019-2020 гг.), инокуляция почвы биопрепаратом, внесение расчетных норм удобрений и посев ярового рапса (2021 г). Испытанные приемы позволили получить на рекультивированном участке 0,82 т/га маслосемян, что существенно не отличалось от урожайности (0,86т/га) на рядом расположенном незагрязненном участке.

Считаем, что результаты данной научно-исследовательской работы могут быть рекомендованы для восстановления плодородия нефтезагрязненных земель.

Акт составлен в четырех экземплярах.

От ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»:  
Профессор  Гилязов М.Ю.  
Аспирант  Нигматуллина Р.А.

От ООО «Ярыш»  
Альметьевского муниципального района Республики Татарстан:  
главный агроном  
 Шаяхметов И.Р.

«УТВЕРЖДАЮ»	«УТВЕРЖДАЮ»
Первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ»	Директор ООО «Ярыш» Альметьевского муниципального района Республики Татарстан
Зиганшин Б.Г.	Шаяхметов Р.М.
16 сентября 2022 года	15 сентября 2022 года

## АКТ

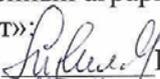
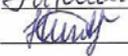
о внедрении результатов научно-исследовательской работы в производство  
от 15.09.2022

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» - профессор кафедры агрохимии и почвоведения Гилязов М.Ю., аспирант кафедры агрохимии и почвоведения Нигматуллина Р.А., с одной стороны, и представитель ООО «Ярыш» Альметьевского муниципального района Республики Татарстан – главный агроном Шаяхметов И.Р., с другой стороны, настоящим актом подтверждаем, что результаты диссертационной работы «Восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы агрохимическими приемами в условиях Республики Татарстан», испытаны и внедрены в ООО «Ярыш» Альметьевского муниципального района Республики Татарстан на нефтезагрязненном участке площадью 164 м<sup>2</sup>.

На загрязненном участке были выполнены следующие виды работ: отбор и анализ почвенных проб с загрязненного нефтью участка, установление степени загрязнения почвы, расчет норм внесения минеральных удобрений, разноглубинная (от 5 до 25 см) механическая обработка почвы по системе чистого пара в течение двух лет (2020-2021 гг.) и посев яровой пшеницы (2022 г.). Испытанные приемы позволили получить на рекультивированном участке 3,67 т/га зерна яровой пшеницы, которая существенно не отличалась от урожайности на рядом расположенном незагрязненном участке (3,86 т/га).

Считаем, для восстановления плодородия нефтезагрязненных земель следует рекомендовать интенсивное послойное рыхление почвы в течение двух лет и внесение полного минерального удобрения.

Акт составлен в четырех экземплярах.

От ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»:  
Профессор  Гилязов М.Ю.  
Аспирант  Нигматуллина Р.А.

От ООО «Ярыш»  
Альметьевского муниципального района Республики Татарстан:  
главный агроном  
 Шаяхметов И.Р.

Казанский государственный аграрный университет



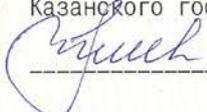
# ДИПЛОМ УЧАСТНИКА

**НАГРАЖДАЕТСЯ**

*Осипова Регина Анатольевна*

за участие в научно-технической конференции  
«Модернизация АПК на основе инновационных  
достижений науки и техники», являющейся отборочным  
мероприятием в рамках Программы «У.М.Н.И.К.»

Ректор  
Казанского государственного аграрного университета

 А.Р. Валиев

19 октября 2018 г.  
г. Казань

Казанский государственный аграрный университет



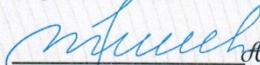
# ДИПЛОМ УЧАСТНИКА

НАГРАЖДАЕТСЯ

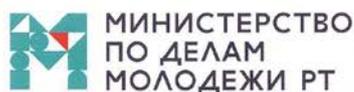
*Осипова Регина Анатольевна*

за участие в научно-технической конференции  
«Модернизация АПК на основе инновационных  
достижений науки и техники», являющейся отборочным  
мероприятием в рамках Программы «У.М.Н.И.К.»

Ректор  
Казанского государственного аграрного университета

  
А.Р. Валиев

10 октября 2019 г.  
г. Казань



# БЛАГОДАРНОСТЬ

## ОСИПОВОЙ Регине Анатольевне

аспиранту 2 курса  
кафедры агрохимии и почвоведения  
Казанского государственного аграрного университета

**в связи с 25-летием  
государственной молодежной политики  
и за вклад в развитие молодежной политики  
Республики Татарстан**

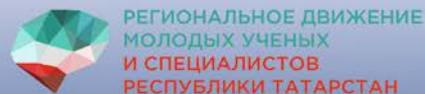
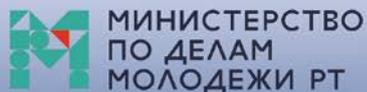
Министр



**Д.И. Фаттахов**

Приказ от 20.11.2019 № 426





Ежегодный республиканский конкурс

# «Лучший молодой ученый Республики Татарстан - 2020»

НОМИНАЦИЯ

«Лучший аспирант в области естественных наук»

## СЕРТИФИКАТ



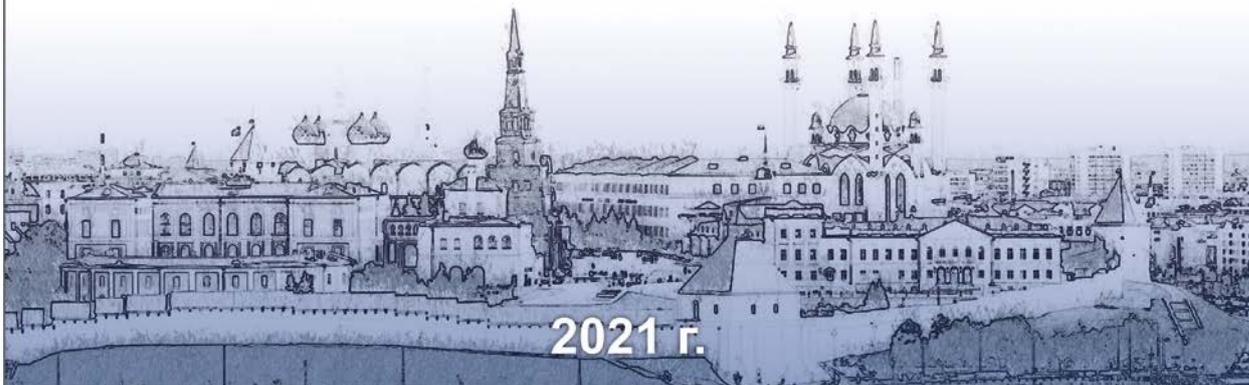
*Осипова Регина Анатольевна*

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Председатель исполкома  
Движения молодых ученых и специалистов  
Республики Татарстан



Ю.Р. Кареева



# СТРАТЕГИЧЕСКАЯ СЕССИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА



## СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА



подтверждает, что

### Регина Нигматуллина

принял(а) участие в работе стратегической сессии для молодых ученых ПФО  
"Наука молодая: траектория открытий" на базе Саратовского национального  
исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского  
18 - 19 марта 2021 года

Ректор СГУ

А.Н. Чумаченко



Саратовский  
национальный  
исследовательский  
государственный  
университет  
имени Н.Г. Чернышевского



Ассоциация  
вузов Приволжского  
Федерального  
Округа



Национальный совет  
по развитию  
научной  
высшей школы  
Приволжского  
Федерального  
Округа



Саратовский  
национальный  
исследовательский  
государственный  
университет  
имени Н.Г. Чернышевского



Координационный  
по делам молодежи  
и образовательный  
Совет при Президенте РФ  
по науке и образованию



Саратовский  
национальный  
исследовательский  
государственный  
университет  
имени Н.Г. Чернышевского



Ассоциация  
вузов Приволжского  
Федерального  
Округа



Координационный  
по делам молодежи  
и образовательный  
Совет при Президенте РФ  
по науке и образованию

# СВИДЕТЕЛЬСТВО

о присуждении

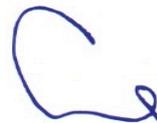
**Нигматуллиной Регине Анатольевне**

аспиранту Казанского государственного аграрного университета

*специальной государственной стипендии  
Республики Татарстан для аспирантов, адъюнктов,  
студентов, курсантов государственных, в том числе военных,  
и имеющих государственную аккредитацию образовательной  
деятельности частных образовательных организаций*

Указ Президента Республики Татарстан от 22.12.2021г. №УП-989

Министр по делам  
молодежи РТ



Т.Д. Сулейманов

7 февраля 2022 года,  
г. Казань