

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

*На правах рукописи*

**РАВЗУТДИНОВ АМИР РАШИДОВИЧ**

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

06.01.04 - агрохимия

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель -  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор  
Гилязов Миннегали Юсупович

Казань – 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>Глава 1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ (аналитический обзор литературы)</b> .....	10
1.1 Источники и причины загрязнения почв нефтью .....	10
1.2 Действие нефти и нефтепродуктов на свойства почв и продуктивность растений .....	16
1.3 Естественная реабилитация нефтезагрязненных почв и возможность её ускорения .....	23
<b>Глава 2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> ...	38
2.1 Почвенно-климатические условия Предкамья Республики Татарстан .....	38
2.2 Методика полевых экспериментов и лабораторных анализов	40
2.3 Метеорологические условия в годы проведения исследования .....	51
<b>Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	60
3.1 Распределение нефти по почвенному профилю в условиях преднамеренного загрязнения .....	60
3.2 Трансформация агрохимических свойств серой лесной почвы под действием товарной нефти .....	66
3.2.1 Динамика изменения поглотительных свойств и питательного режима серой лесной почвы .....	66
3.2.2 Влияние нефтяного загрязнения на содержание микроэлементов и бенз(а)пирена в серой лесной почве .....	82
3.3 Действие нефтяного загрязнения на продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях серой лесной почвы .....	88
3.3.1 Урожайность сельскохозяйственных культур в	88

зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы нефтью .....	
3.3.2 Изменение структуры урожая сельскохозяйственных культур под влиянием нефтяного загрязнения .....	106
3.4 Химический состав растений на нефтезагрязненной серой лесной почве .....	113
3.5 Восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы агроэкологическими приемами .....	120
3.5.1 Действие агрохимических и агротехнических приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы на урожайность сельскохозяйственных культур .....	121
3.5.2 Действие биопрепарата Микрозим ( <i>tm</i> ) Петро Трит на урожайность сельскохозяйственных культур .....	141
3.6 Прямые экономические потери от нефтяного загрязнения почв и экономическая эффективность испытанных приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы	147
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	153
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	156
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	185

## ВВЕДЕНИЕ

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

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

**Состояние изученности проблемы.** Вопросам оценки действия нефти и нефтепродуктов на свойства почвы, продуктивность растений и разработки приемов восстановления плодородия нефтезагрязненных почв посвящены многие исследования зарубежных (Aken B.V. 2011; Bramley-Alves J. et al., 2014; Pirzadah T.B., 2015; Nwankwegu A.S., Anaukwu C.G., Onwosi C.O. etc., 2017; Dickinson N., 2017, Dhanwal P. et al., 2017; Saraeian Z., Haghghi M., Etemadi N. etc. и др.) и отечественных (Глазовская М.А., Пиковский Ю.И., 1980; Пиковский, Ю.И., 1993; Киреева Н.А., 1996; Солнцева Н. П., 1998; Габбасова И. М., 2001; Салангина С., 2003; Оборин А.А и др., 2008; Леднев А.В., 2008; Гилязов и др., 2009; Хазиев Ф.Х., 2012; Ищенко Е.П., 2016 и др.) ученых. В нашей республике вопросы рекультивации нефтезагрязненных почв освещены в работах М.Ю. Гилязова (1999), Е.В. Смирновой (2003), Н.Л. Ларионовой (2005), Е.В. Гафаровой (2006), А.П. Денисовой (2009); И.А. Дегтяревой, А.Я. Хидиятуллиной (2012), А.Я. Хидиятуллиной (2013), Г.Ф. Рахманова (2017) и др., в которых рассмотрены типы нарушенных земель в районах нефтедобычи и приемы рекультивации черноземных почв, изучены закономерности переноса и удерживания жидких углеводородов в почве, биологической рекультивации нефтезагрязненных почв с использованием цеолитсодержащих пород, бентонитов, минеральных удобрений, фитомелиорантов, активных аборигенных микроорганизмов-деструкторов и наноструктурных сорбентов. Вместе с тем, недостаточно изучены продолжительность негативного воздействия различных уровней нефтяного загрязнения на агрохимические свойства серых лесных почв, продуктивность растений и эффективность комплексного применения агрохимических и агротехнических приемов на урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте.

**Цель и задачи исследований.** Цель настоящей работы - установление действия различных уровней и давности нефтяного загрязнения на основные агрохимические свойства почвы, урожайность сельскохозяйственных культур и оценка агрономической и экономической эффективности комплексного применения агрохимических и агротехнических приемов восстановления

плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы в условиях Предкамья Республики Татарстан. Основные задачи исследования сформулированы следующим образом:

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

**Основные положения, выносимые на защиту:**

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

Диссертационная работа выполнена в соответствии с концепцией развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного комплекса

Российской Федерации на период до 2025 года и соответствует паспорту специальности 06.01.04 – агрохимия.

**Научная новизна.** Выявлены особенности трансформации агрохимических свойств серой лесной почвы во времени под влиянием трех уровней нефтяного загрязнения. Показано, что основные агрохимические параметры слабозагрязненной почвы (доза нефти 10 л/м<sup>2</sup>) десятилетней давности загрязнения существенно не отличаются от незагрязненного аналога. Установлена тесная положительная линейная зависимость содержания бенз(а)пирена от количества нефтяных веществ в серой лесной почве. Обнаружена тесная корреляция урожайности сельскохозяйственных культур от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы в течение не менее 12 лет после однократного нефтяного загрязнения. Проведено ранжирование отдельных приемов рекультивации по их вкладу в повышение среднегодовых прибавок урожая основной продукции в течение трех ротаций севооборота, выявлено преобладающее значение интенсивного рыхления почвы и внесения полного минерального удобрения. Доказана экономическая эффективность восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы сочетанием внесения полного минерального удобрения с рыхлением почвы и известкованием.

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

почв агрохимическими и агротехническими приемами могут быть использованы в процессе обучения студентов и специалистов агрономического профиля.

**Внедрение результатов исследования.** Разработанный способ восстановления плодородия нефтезагрязненной почвы испытан на трех загрязненных участках с общей площадью 733 м<sup>2</sup> и внедрен в 2015-2016 гг. на территории ООО «Сатурн-Урал» Лениногорского муниципального района РТ (акты внедрения прилагаются). Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе в рамках дисциплин «Рекультивация нарушенных земель» и «Реабилитация загрязненных почв», преподаваемых на агрономическом факультете Казанского ГАУ при подготовке бакалавров и магистров.

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

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



конференции «Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения» (г. Н. Новгород, 2017); международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современного земледелия и роль аграрной науки в его развитии» (г. Казань, 2018).

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

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

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

**Благодарности.** Автор выражает благодарность научному руководителю профессору М.Ю. Гилязову и сотрудникам кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ за помощь в проведении исследований и работе над диссертацией.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ (аналитический обзор литературы)

### 1.1 Источники и причины загрязнения почв нефтью

Постоянный рост населения планеты и его потребностей чрезмерно усиливает антропогенную нагрузку на все компоненты биосферы, в том числе на почвенный покров. По мнению большинства ученых и специалистов, нынешнее состояние почвенного покрова оценивается как кризисное, а во многих регионах - близкое к катастрофе.

Особенно сильному разрушительному воздействию подвергаются участки земли, на которых ведется добыча полезных ископаемых, строятся предприятия по переработке минерального сырья, прокладываются нефте- и газопроводы. Темпы прироста площадей нарушенных земель в настоящее время настолько велики, что во всех странах становится все более актуальной проблема рекультивации земель, то есть восстановление продуктивности и эстетической ценности нарушенных промышленностью ландшафтов (Моторина, Овчинников 1975; Голованов, Зимин, Сметанин, 2015).

**Распространенность нефтяного загрязнения.** Нефть и нефтепродукты являются наиболее широко распространенными загрязнителями окружающей среды во всем мире, в том числе в Российской Федерации. Предприятия топливно-энергетического комплекса РФ, остаются крупнейшим в промышленности источником загрязнителей окружающей среды. На их долю приходится около 48 % выбросов вредных веществ в атмосферу, 27 % сброса загрязненных сточных вод, свыше 30 % твердых отходов и до 70 % общего объема парниковых газов (Абросимов, 2002; Мотузова, Карпова, 2013; Владимиров, 2014; Середина, 2015; Барабанщиков, Сердюкова, 2016).

По данным электронных ресурсов ([ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)) в 2016 г. в мире было добыто 4382,4 млн. тонн нефти, в том числе в РФ 554,3 млн. тонн или 12,6 %

общемировой добычи. В 2018 г. добыча нефти в Российской Федерации выросла до 555,84 млн. тонн (<https://www.interfax.ru/business/644895>).

К сожалению, немалая часть её попадает в окружающую среду как загрязнитель (Орлов и др., 1991; Солнцева, 1998; Гилязов, Гайсин, 2003; Булатов, 2004; [http://2nature.ru/soil\\_recultivation](http://2nature.ru/soil_recultivation)). По некоторым данным (Мажайский и др., 2008), в нашей стране от общего объема добытой нефти на разных этапах её добычи и транспортировки может теряться до 1,5-10 %.

Основными источниками загрязнений нефтью и нефтепродуктами являются добывающие предприятия, системы перекачки и транспортировки, нефтяные терминалы и нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, железнодорожный транспорт, речные и морские нефтеналивные танкеры, автозаправочные комплексы и станции (Мажайский и др., 2008).

Наиболее часто причинами загрязнения почвенного покрова становятся многочисленные аварии из-за механических повреждения и коррозия трубопроводов, нарушения герметичности резервуаров (Давыдова и др., 2008).

На территории РФ эксплуатируется более 200 тыс. км магистральных и 350 тыс. км промысловых трубопроводов. Физический износ оборудования, отсутствие надлежащего контроля за его состоянием приводят к росту числа аварийных разливов нефти. За последние годы доля аварий, произошедших из-за физического износа и коррозии металла, увеличилась на 60-70 %, а в ряде случаев являлось единственной их причиной (Мажайский и др., 2008). По данным этих же авторов, из 300 млн. т нефти, ежегодно добываемой в РФ в начале 21 века, во время транспортировки и хранения терялось 1,5-10 % добытой нефти, то есть, по самым минимальным оценкам, около 4,5 млн. т нефти в год, а по максимальным - около 30 млн. т нефти в год (Мажайский и др., 2008).

В последние годы в нашей стране аварийность на нефтепроводах несколько снизилась. По официальной статистике на территории страны ежегодно происходит около 20 тыс. зарегистрированных аварий (Ершов, Звягина, 2015; Середина, 2015; Государственный доклад..., 2016а).

Несмотря на предпринимаемые нефтяниками Республики Татарстан серьезные меры по предотвращению аварийных ситуаций на нефтепромыслах (Гареев, 2014; Маликов, 2016; <http://www.tatneft.ru/press-tsentr/press-relizi/more/5039?lang=ru>), вопросы загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами остро стоят и в нашей республике, из недр которой добыто более 3 млрд. тонн нефти (Яо, 2007; Шакирова, 2013; Государственный доклад..., 2016б; Архипова, Елагина, 2016).

**Физико-химическая и экологическая характеристика нефти.** Нефть - маслянистая жидкость темно-бурого или почти черного цвета с характерным запахом. Она легче воды, и в воде практически нерастворима (Мажайский и др., 2008). Плотность нефти колеблется от 0,65 до 1,05 г/см<sup>3</sup>. Нефть, плотность которой ниже 0,830 г/см<sup>3</sup>, называется легкой, 0,831 – 0,860 г/см<sup>3</sup> - средней, выше 0,860 – тяжелой (Химический энциклопедический словарь, 1983).

Нефть представляет собой сложную смесь жидких, газообразных, твердых углеводородов и высокомолекулярных смолисто-асфальтеновых веществ с примесью различных соединений (Орлов и др., 1991). В составе нефти обнаружено более 450 различных веществ, в основном парафиновые (алканы), нафтеновые (циклоалканы), ароматические углеводороды (арены), олефины (алкены).

Что касается элементного состава нефти, то в ней больше всего углерода (около 83-87 %) и водорода (около 12-14 %). В значительных количествах в нефти может быть также сера (до 5-14 %), хотя иногда содержание этого элемента может составить лишь тысячные доли процента. Кроме того, в составе нефти в малых концентрациях встречается большое число микро- и ультрамикрорезультатов (Орлов и др., 1991).

Наиболее высокие концентрации ванадия - 0,006-0,04 % от веса нефти, никеля - 0,01 % (Пиковский, 1988), урана до 0,010-0,015 % (Карцев, 1972), ртути - 0,00004-0,0004 %, железа до 0,00014 % (Пиковский, 1988; Никифорова, 1983; Ладонин, 1995).

Относительно токсичности нефти в целом, и отдельных её компонентов на живые организмы информация достаточно неоднозначная. По утверждению большинства исследователей, нефть оказывает токсичное воздействие на все компоненты биосферы, так как многие соединения нефтиобладают мутагенными и канцерогенными действиями (Давыдова, Тагасов, 2004; Куликова, Держинская, 2008; Любин и др., 2014; Другов, А. А. Родин, 2015).

Некоторые исследователи считают, что негативное воздействие нефти на биологические объекты, прежде всего, обусловлены содержанием в ней циклических углеводородов, легких фракции углеводородов, серы, а также канцерогенных веществ (Пиковский, 1993; Пиковский и др., 2003; Киреева и др., 2009).

С другой стороны, в отдельных случаях небольшое количество нефти не оказало заметного токсичного действия на растения, а иногда оказывало стимулирующее эффект на рост растений. Кроме того, нефть нередко является питательно средой для ряда групп микроорганизмов (Пиковский и др., 2003).

Метановые углеводороды, особенно нормальные алканы (н-алканы) с короткой углеродной цепью, составляющие основную часть легких фракций нефти, оказывают наркотическое действие на живые организмы (Пиковский, 1988; Пономарева и др., 1998). Токсичность н-алканов ослабляется в присутствии нетоксичных углеводородов (Пиковский, 1988).

Значительное влияние на природные системы оказывают твердые метановые углеводороды (парафины), содержание которых может достигать 15-20 %. Парафины содержатся практически во всех нефтях и влияют на вязкость нефти и устойчивость поллютантов в природных системах. Твердый парафин плохо разрушается и с трудом окисляется. Он может интенсивно мешать свободному влагообмену и дыханию почв, что усиливает восстановительные процессы и интенсифицирует деградацию биогеоценозов (Вшивцев и др., 1985; Пиковский, 1988).

Циклоалканы могут стимулировать живые организмы и даже оказывать бальнеологическое действие (Исмаилов, 1988; Пономарева и др., 1998). Окисляются эти соединения достаточно трудно.

Ароматические углеводороды — это наиболее токсичные компоненты нефти. Они отличаются лучшей растворимостью в воде, что способствует более легкому проникновению их в микробную клетку и нарушению проницаемости мембран, они блокируют действие ряда ферментов. Они являются хроническими токсикантами. Многие ароматические углеводороды характеризуются ярко выраженной индивидуальностью и канцерогенностью. Наиболее опасна группа полиароматических углеводородов (ПАУ), являющихся продуктами неполного сгорания ископаемого топлива и органических веществ. Некоторые низкомолекулярные ПАУ обладают острой токсичностью, а большая часть высокомолекулярных ПАУ относится к канцерогенам, тератогенам и генотоксикантам. Среди них наиболее опасными являются углеводороды с пятью конденсированными кольцами (3,4-бензпирен; 1,2,5,6-добензантрацены и др.). Установлено, что основную роль в канцерогенном эффекте продуктов пирогенной переработки углеводородного сырья играет фракция из 4-7 ядерных полиароматических углеводородов (ПАУ). ПАУ, состоящие из двух и более ароматических колец, содержатся в нефти в количестве от 1 до 4 % (Нефти СССР, 1975).

Многие микроэлементы, содержащиеся в нефти, также могут стать источником загрязнения окружающей среды (Пиковский, 1988).

Негативные последствия загрязнения окружающей среды на живые организмы, в том числе на человека, могут проявляться по-разному: в подавлении иммунитета, развитии аллергий и раковых опухолей, повышении частоты появления врожденных уродств и т. п. Медики считают, что особую опасность представляют генетические нарушения, наблюдаемые под воздействием нефти и нефтепродуктов ([http://2nature.ru/soil\\_recultivation](http://2nature.ru/soil_recultivation)).

*Миграция нефтяных веществ в почве.* При оценке уровня нефтяного загрязнения почв и выборе приемов рекультивации большое значение имеет не только весовая концентрация нефти в почве, но и толщина загрязненного почвенного горизонта, а последняя, в свою очередь, определяется миграционной способностью нефтяных веществ по почвенному профилю (Гилязов, Гайсин, 2003; Смирнова, Бреус, 2013).

По мнению ряда авторов, глубина просачивания может ограничиваться только верхними горизонтами в пределах 5-15 см (Пиковский, 1988) или достигать одного - двух метров (Галиуллин, 1989). Иногда мощность битуминозного слоя достигает 40-50 см. При попадании в почву тяжелые фракции нефти проникают на незначительную глубину и задерживаются верхними слоями грунта. Более легкие фракции проникают в нижележащие слои. Закономерности миграции-закрепления нефти и нефтепродуктов в почвенной толще определяются уровнями нефтеемкости-нефтеотдачи отдельных почвенных тел и их комбинациями в пространстве. Важнейшую роль играют генетические свойства почв, химический состав субстратов, а также плотность и вязкость нефтепродуктов. На сильно загрязненном участке глубина проникновения нефти и нефтепродуктов может достигать значительных величин, например, в почвах Западной Сибири - на глубину 1,5 м (Киреева, 1994), в южной тайге в дерново-подзолистых пахотных почвах - глубже 1,5-2,0 м (Никифорова, 1983); в лесостепи в пойменных луговых почвах - глубже 2,0 м (Хазиев, Фатхиев, 1981). Разуплотнение верхних горизонтов почв усиливает радиальное просачивание нефти, вследствие чего в пахотных почвах при одинаковой техногенной нагрузке нефть и нефтепродукты накапливаются в более глубоких горизонтах, чем в аналогичных целинных почвах (Никифорова, 1983; Славнина, Кахаткина, 1989; Груздкова, Сурнин, 1990). Наиболее глубоко (до 8,5 м) нефтепродукты продвигаются в субстратах легкого механического состава — гравистых отложениях, песках, супесях, а также трещиноватых породах (Гашева и др., 1990). По мере перемещения вниз уровень насыщения нефтью в грунте снижается. Ниже определенного уровня насыщения (так называемого остаточного насыщения),

составляющего 10-12 % (Булатов, 2004), нефть перестает мигрировать и становится неподвижной. При достижении нефтью уровня грунтовых вод дальнейшее движение ее вниз также прекращается.

Определенную роль в горизонтальной миграции нефти играет рельеф местности: нефть перемещается по направлению естественного уклона поверхности грунтовых вод. В горных породах нефть движется по трещинкам (Булатов, 2004; Солнцева, 1998).

Немаловажную роль в процессах миграции нефтяного загрязнения играет сорбционная способность почв и грунтов (Шамраев, Шорина, 2009; Михайлова и др., 2016). Она зависит от свойств грунтов, в первую очередь от капиллярных сил, которые определяются гранулометрическим составом грунта и его влажностью. Зависимость миграции-накопления нефти и нефтепродуктов в почвах от уровня их влажности подтверждены экспериментально и показаны расчетными методами (Пиковский и др., 1985; Терпелец, 1986; Гусева, 1996; Солнцева, 1998). Чем сильнее увлажнена почва, тем меньше возможность внутрисочвенного закрепления нефти и тем выше активность ее радиального и латерального перемещения. Водонасыщенные почво-грунты связывают только остаточное количество нефтепродуктов в форме жидкой фазы. При содержании нефтепродуктов, превышающем остаточное, избыток его вытесняется в слои с более низкой влажностью (Булатов, 2004).

## **1.2 Действие нефти и нефтепродуктов на свойства почв и продуктивность растений**

***Свойства нефтезагрязненных почв.*** Нефть и нефтепродукты, благодаря высокой адсорбирующей способности почвы, длительное время сохраняются в ней, изменяя при этом ее физико-химические и биологические свойства (Етеревская, Яранцева, 1976; Демидиенко и др., 1983; Оборин и др., 1988; Груздкова, Сурнин, 1990; Киреева, 1995; Кувшинская, 2003; Мотузова, 2013; Леднёв, Ложкин, 2019).



Загрязнение нефтью и нефтепродуктами вызывает существенные изменения в морфологических свойствах почвы (Мукатанов, Ривкин, 1980; Солнцева, Никифорова, 1988; Груздкова, Сурнин, 1990). Эти изменения прежде всего проявляются в том, что верхняя часть гумусового горизонта приобретает смолисто-черную окраску, происходит склеивание отдельных структурностей.

Нефть ухудшает агрофизические свойства почвы: наблюдается агрегирование почвы в крупные структурные агрегаты, снижается содержание более мелких структурных отдельностей, что ведет к изменению пористости, плотности сложения, нарушению водного, воздушного, теплового, микробиологического и окислительно-восстановительного режимов почв (Андресон и др., 1980; Хазиев и др., 1980).

В результате закупорки капилляров почвы нефтью сильно нарушается аэрация, создаются анаэробные условия, нарушается окислительно-восстановительный режим. В составе почвенного воздуха преобладают легкие токсичные фракции нефти, вредные как для растений, так и для многих микроорганизмов (Бондаренко, 2008).

Нефтезагрязненные почвы и грунты теряют способность впитывать и удерживать влагу, то есть становятся гидрофобными. Эти почвы характеризуются более низкими показателями гигроскопической влажности, водопроницаемости, влагоемкости, снижением капиллярного движения влаги по сравнению с незагрязненными аналогами (Логинов и др., 2000; Бондаренко, 2008; Шамраев, Шорина, 2009; Булуктаев и др., 2015; Ахмадиев, 2016; Jong, 1983).

Ухудшение водопроницаемости нефтезагрязненных почв, в свою очередь, может привести к усилению водной эрозии.

В результате воздействия нефтяного загрязнения на почву происходит глубокое изменение не только морфологических и водно-физических свойств, но и агрохимических свойств: изменяется реакция среды, резко увеличивается количество углеродистых соединений, снижается емкость катионного поглощения, уменьшается уровень доступных для растений и микроорганизмов подвижных форм азота, фосфора, калия и обменного кальция; резко повышается

токсичность почвы (Етеревская, Шеянова, 1975; Етеревская, Яранцева, 1976; Гайнутдинов М.З. и др., 1979; Андресон и др., 1980; Гилязов, 1980; Мукатанов, Ривкин, 1980; Солнцева, 1981, 1982; Самосова и др., 1982; Демиденко, Демурджан, 1988; Трофимов и др., 2000; Леднёв, 2008, 2018; Андреева, 2005; Середина и др., 2006; Гилязов и др., 2009; Михайлова и др., 2016; Orlova, Vakina, 1994; Urazmetov, Smirnova, 2014).

С увеличением содержания техногенного, внесенного в составе нефти, углерода происходит резкое увеличение соотношения углерода к азоту, что приводит к ухудшению азотного режима почв и нарушение корневого питания растений (Габбасова и др., 1997). Другим результатом резкого увеличения количество углерода и расширения соотношения C:N, представляется иммобилизация неорганического фосфора микроорганизмами и уменьшение количества экстрагируемого фосфора (Демиденко, Демурджан, 1988; Хазиев и др., 1988). Миграция подвижных форм фосфора, азота и калия из почвенно-поглощающего комплекса в раствор также затрудняется обволакиванием нефтяной пленкой почвенных частиц (Етеревская, Шеянова, 1975; Гилязов М.Ю., 1980; Хазиев, Фатхиев 1981; Хазиев и др., 1988; Дедыев, 2005; Лапушова и др., 2014; Воеводина и др., 2015; Михайлова и др., 2016).

Однако в исследованиях В.М. Назарюк и др. (2007) в серой лесной почве содержание доступных растениям соединений фосфора и калия практически не менялось в результате ее загрязнения нефтью, небольшие различия наблюдались только по годам. Увеличение содержания зольных элементов в почве происходило главным образом в результате применения фосфорно-калийных удобрений.

Под действием нефтяного загрязнения возможны изменения кислотно-основных свойств почв. Многие исследователи отмечают, что изменения щелочно-кислотных характеристик почв, загрязненных в процессе добычи нефти, наблюдается в любых природных условиях и разных типах загрязнения. При этом указывается тесная зависимость рН почвенных суспензий от новообразованных

физико-химических параметров нефтезагрязненной почвы (Етеревская, Яранцева, 1976; Солнцева, 1981, 1998; Солнцева, Никифорова, 1988; Голодяев, 1990 и др.).

Под действием нефти большие изменения наблюдаются в биологических свойствах почв, прежде всего, в видовом и численном составе почвенных микроорганизмов.

Ответная реакция различных групп микроорганизмов на нефтяное загрязнение иногда оказывается диаметрально противоположной: если численность некоторых увеличивается (углеводородоокисляющие, денитрифицирующие, аммонифицирующие, гетеротрофные бактерии, дрожжи, микромицеты), то других (нитрофицирующие, целлюлозоразлагающие бактерии) – уменьшается (Рогозина, Шиманский, 2007; Шаронова и др., 2009; Русанов и др., 2012).

Разнонаправленность и непостоянство реакции микробиоты почвы на нефтяное загрязнение в значительной мере связана тем, что для микроорганизмов нефтяные вещества одновременно являются питательной средой и токсикантами (Колесников и др., 2006; Кириенко, Имранова, 2015; Алимбетова и др., 2016; Мухаматдьярова, 2016; Evans et al., 2004; Polyak et al., 2018).

Кроме того, ответная реакция одних и тех же групп микроорганизмов в огромной степени обуславливается свойствами нефти и нефтепродуктов, уровнем и давностью загрязнения, почвенными и погодно-климатическими особенностями региона (Сморкалов, 2008; Шаронова и др., 2009; Русанов и др., 2012; Abed, Al-Kindi, 2017).

Совершенно по-разному влияет нефтяное загрязнение на аэробные и анаэробные группы микроорганизмов почвы, угнетая первых и способствуя размножению второй группы (Гилязов и др., 2009; Шамраев, Шорина, 2009; Трошкова и др., 2011; Alotaibi et al., 2018).

Однозначно можно утверждать, что под влиянием нефтяного загрязнения во всех почвенно-климатических зонах повышается численности и активности углеводородоокисляющих микроорганизмов (УОМ) (Киреева и др., 2008; Гилязов и др., 2009; Шамраев, Шорина, 2009; Шаркова и др., 2011; Русанов и др., 2012;

Кириенко, Имранова, 2015; Михайлова и др., 2016). Причем, численность УОМ до определенных пределов возрастает пропорционально концентрации загрязнителя и остается на высоком уровне многие годы после однократного загрязнения почвы (Оборин и др., 1986; Киреева и др., 2001; Рахманова Г.Ф., 2017).

По мнению большинства исследователей, главную роль в самоочищении нефтезагрязненных почв играют именно углеводородоокисляющие микроорганизмы (Хазиев, Фатхиев, 1981; Исмаилов, 1982, 1985, 1990; Исмаилов, Пиковский, 1988; Оборин и др., 1988, 2008; Киреева, 1994; Иларионов, 2004; Дегтярева, Хидиятуллина, 2012). УОМ – неспецифическая группа почвенных микроорганизмов, способных использовать углеводороды в качестве пищи. В эту группу в основном входят сапрофитные микобактерии следующих родов *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Corynebacterium*, *Nocardia*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, а также дрожжи родов *Candida*, *Rhodotorula*, *Trichosporon*, *Torulopsis* и мицелиарные грибы рода *Cunninghamella*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* (Шаронова и др., 2009; Гоголева, Немцева, 2012).

Таким образом, в подавляющем большинстве случаев загрязнение почв нефтью оказывает многостороннее негативное влияние на агрофизические, агрохимические и биологические свойства почвы.

***Влияние нефти на растительность.*** Токсичность нефти по отношению к биологическим объектам не всегда очевидна и однозначна. Небольшое количество нефти в ряде случаев даже оказывает стимулирующее действие на рост растений. С другой стороны, по утверждению большинства исследователей, на растительные сообщества нефть оказывает сильное токсичное воздействие (Рыбак, 1982; Веселовский, Вшивцев, 1988; Демидиенко, Демурджан, 1988; Оборин и др., 1988; Тишкина, 1989; Хотеев, 2001; Пиковский и др., 2003; Водопьянов, 2004; Шабанова, 2008; Ахметзянова и др., 2010; Бородулина, Полонский, 2011; Кольцова и др., 2015; Григорьян и др., 2016; Леднёв, Ложкин, 2019).

В отдельных случаях, отмечено отсутствие какого-либо действия нефтяного загрязнения на растительность (Леонтьев, Ким, 1973; Алиева и др., 1981; Полонский, Полонская, 2009; Blankenship, Larson, 1978).

Относительно малозатратной и хорошо информативной представляется оценка фитотоксичности нефтяного загрязнения по всхожести семян (Сангаджиева и др., 2013; Березин, Заушинцева, 2015; Кольцова и др., 2015; Моисеева и др., 2015; Акайкин, Петров, 2016; Григорьян и др., 2016; Шарипова, Донец, 2017; Golanetal., 2016).

Стимулирование прорастания семян ряда сельскохозяйственных и лесных культур (сахарная кукуруза, овес посевной, озимая рожь, пшеница, овсяница луговая, солянка сизая, рогоз широколистный, сосна, ель, лиственница) малыми дозами нефти обнаружили многие исследователи (Седых, Игнатьев, 2002; Киреева и др., 2006; Осмачко и др., 2006; Бондаренко, 2008; Донец, Григорьев, 2008; Врагова, 2010; Шулаев и др., 2016; Salanitroetal., 1997; Salanitroetal., 1997; Wangetal., 2011; Михайлова и др., 2012).

Однако определение фитотоксичности нефтяного загрязнения по всхожести семян, видимо, недостаточна для объективной оценки реального негативного влияния на произрастающую растительность. Ингибирование накопления надземной массы нефтью и нефтепродуктами часто оказывается более сильным, чем снижение всхожести семян от одних и тех же доз поллютантов (Ларионова, 2005).

Помимо уменьшения урожайности надземной массы под влиянием нефтяного загрязнения происходит снижение высоты растений (Ахметзянова и др., 2010; Бородулина, Полонский, 2011; Сангаджиева и др., 2013; Березин, Заушинцева, 2015; Tranetal., 2018).

Противоречивость и неоднозначность реакции растений на нефтяное загрязнение, возможно обуславливаются многими факторами, такими как различия в составе нефти и их количеством, попадающих в экосистемы, а также со скоростью разложения и рассеяния в зависимости от складывающихся почвенно-климатических условий, а также биологическими особенностями

испытанных растений (Мифтахова, 2002; Пиковский и др., 2003; Мазунина, 2009; Цулаия, 2012).

Прежде всего, различные фракции нефти на живые организмы и растения оказывают неодинаковое токсичное действие. По сообщению ряда зарубежных исследователей токсичность углеводородов нарастает в следующем порядке: парафины с прямой цепью, олефины, циклопарафины, ароматические углеводороды. В пределах каждого ряда более легкие молекулы оказывают более сильное действие, чем тяжелые. Октан и декан токсичны, а додекан и высшие парафины почти безвредны. Однако олефины  $C_{12}$  оказывают заметное вредное воздействие, а ароматические углеводороды  $C_{12}$  могут быть крайне токсичными. Как правило, токсичность углеводородов обратно пропорциональна их растворимости в воде и температуре кипения, независимо от того, к какому классу они относятся (Пиковский, 1988).

Механизм отрицательного действия нефтяного загрязнения на биохимические процессы в растениях слабо изучен. Предполагается, что углеводороды, входящие в состав его легких фракций, повреждают мембраны клеток, в результате чего происходит образование свободных форм кислорода, которые, в свою очередь, инициируют разрушение липидов. Проникшие через мембрану легкие фракции углеводороды могут ингибировать закладку генеративных органов (Киреева и др., 2001; Осипова, Петухова, 2013; Петухова и др., 2017).

Некоторые считают, что нефтяное загрязнение приводит к подавлению фотосинтезирующей активности растительных организмов (Мажайский и др., 2008). Есть также указания о том, что нефть нарушает функционирование ферментных и белковых систем растений. Нарушения фотосинтеза и удаление пигментов также могут объясняться нарушениями структуры хлоропластов и строения межклеточных мембран (Нельсон-Смит, 1977).

Помимо прямого фитотоксичного влияния, согласно данным А.М. Мифтаховой (2002), нефть обладает так называемым трансбиотическим влиянием. Опосредованное негативное влияние нефти заключается в том, что нефтяное

загрязнение почв способствует увеличению в составе комплекса микромицетов доли видов, проявляющих повышенную фитотоксичную активность.

Наиболее устойчивы к нефтяному загрязнению растения корневищные и корнеотпрысковые. Отмирание их происходит лишь после загрязнения всей зоны развития корневой системы. Сохранение живого надпочвенного покрова, как правило, зависит от глубины проникновения нефти и соответственно – размещения подземных органов растений (Шабанова, 2008). Так, в исследованиях М.А. Андреевских (2010) среди испытанных растений наиболее устойчивым к нефтяному загрязнению видом оказалась полынь обыкновенная, имеющая многоглавое или коротко ползучее, в верхней части утолщённое корневище. Из культурных растений наиболее устойчивыми, вне зависимости от типовых особенностей почв и нефти, были: бобы кормовые, соя, сорго (Швец, 2009).

Таким образом, нефтяное загрязнение почв средней и сильной степени оказывает существенное негативное влияние на рост и развитие растений в течение многих лет вплоть до их полной гибели. Причиной этого являются как ухудшение большинства агрофизических, агрохимических и биологических свойств почв, так и непосредственная фитотоксичное воздействие компонентов нефти. При этом прямой токсический эффект нефтяного загрязнения обусловлен легкими фракциями углеводородов нефти, а рост гидрофобности и другие изменения физических и химических свойств почвы определяются тяжелыми фракциями (Халимов и др., 1996; Гузев и др., 1998).

Легкие фракции, куда входят наиболее простые по строению низкомолекулярные метановые (алканы), нафтеновые (циклопарафиновые) и ароматические углеводороды, являются наиболее подвижной частью нефти, и сравнительно легко и быстро разрушаются или мигрируют из почвы (Гузев и др., 1998). Большую часть легкой фракции составляют метановые углеводороды (алканы) с числом углеродных атомов  $C_5$ - $C_{11}$  (пентан, гексан, гептан, октан, нонан, декан, ундекан). Нормальные неразветвленные алканы составляют в этой

фракции 50-70 %. Химически инертные и устойчивые n-алканы наиболее доступны микробным ферментам (Коронелли, 1982; Пиковский, 1988).

### **1.3 Естественная реабилитация нефтезагрязненных почв и возможность её ускорения**

*Самоочищение почвы от нефти.* Под самоочищением почв от токсикантов понимается совокупность физических, химических и биологических процессов, обуславливающих естественное разложение, детоксикацию и утилизацию загрязняющих веществ и ведущих, в конечном счете, к восстановлению естественных свойств почв (Никифорова, 1983).

Почва, как биокосное тело, способна самоочищаться от нефти и нефтепродуктов.

Н.М. Исмаилов (1990) отмечает, что механизм самовосстановления экосистемы после нефтяного загрязнения достаточно сложен. Самоочищение и самовосстановление почвенных экосистем, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, — это стадийный биогеохимический процесс трансформации загрязняющих веществ, сопряженный со стадийным процессом восстановления биоценоза. Для разных природных зон длительность отдельных стадий этих процессов различна, что связано в основном с почвенно-климатическими условиями.

Окисление нефти начинается сразу после её попадания в почву. Общими чертами этого процесса является быстрое разрушение метаноафтеновых фракций, снижение содержания полициклических углеводородов нафтеноароматической фракции, относительное увеличение доли смолистых веществ в нефти, переход части нефтяных компонентов в нерастворимые в органических растворителях формы (Алехин и др., 1998).

Процесс естественного самоочищения почвенного покрова является достаточно длительным, обуславливается многими факторами, происходит



позитивно и неравномерно (Исмаилов, 1988; Бондаренко, 2008; Мажайский и др., 2008).

Многими исследователями (Ильин и др., 1982; Пиковский, 1988, 1993; Солнцева, 1988; Исмаилов, 1990; Халимов и др., 1996; Оборин и др., 2008) указывается, что основная масса нефти теряется в первые три месяца после попадания в почву, в дальнейшем процесс идет очень медленно, особенно замедляется при достижении ее содержания 1-1,5 %. Выделяется несколько этапов преобразования нефти в природных системах.

Первый этап - физико-химическое разрушение, дегазация, выветривание, вымывание и ультрафиолетовая деструкция (Ельшина, 1986; Оборин и др., 1988; Едемская, 1999). Микробиологические процессы на начальном этапе подавлены. Но постепенно численность и активность микроорганизмов возрастают (Губанова, 1992). В зависимости от почвенно-климатических условий и состава нефти этот период продолжается от нескольких месяцев до 1,5 лет.

На последующих этапах деградации нефти в процессе биодеструкции включаются уже десятки микроорганизмов. Ведущую роль играют бактерии родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, дрожжи *Candida*, микроскопические грибы *Aspergillus* и др. (Сидоренко и др., 2003). Происходит разрушение углеродных связей (Ельшина 1985; Оборин и др., 1988, 2008), возрастают концентрации наиболее устойчивых высокомолекулярных соединений. Длительность этапа 3-4 года, и он возрастает с увеличением количества пролитой нефти.

Третий этап соответствует деградации полиаренов. В этот период, несмотря на общее уменьшение концентрации токсикантов в единице объема загрязненного почвенного тела, экологическая опасность остаточных концентраций нефти остается высокой. Конечные продукты, возникающие при разрушении нефти – оксикериты и гуминокериты. Таким образом, естественная деградация нефтяных углеводородов в природных условиях включает последовательное разложение компонентов и происходит в достаточно длительный период времени.

Скорость изменения отдельных углеводородов и их фракций зависит от природно-климатических условий зоны, свойств почвы и самой исходной нефти.

Главную роль в процессах биodeградации нефти играют микроорганизмы, осуществляющие внутриклеточные окисление углеводов (Габбасова и др., 1997; Киреева, Кабиров, Дубовик, 2007; Оборин А.А. и др., 2008; Kabirov, Safiullina, Kireevaetc., 2012).

Большое влияние на скорость самоочищения почв от нефти оказывает структура почвы (Морозов, 2005).

Важным обстоятельством, определяющим темпы самоочищения, представляется фракционный состав нефти, так как разные фракции разлагаются под действием различных факторов и утилизируются разными группами микроорганизмов. Так, по данным (Perry, 1979) в разрушении ароматических углеводов более значительную роль играют физико-химические факторы (окисление, фотолиз, гидролиз). Микробиологическое разрушение аренов идет крайне медленно и с различной интенсивностью. Медленно разрушаются ПАУ, причем их устойчивость к биodeградации тем выше, чем больше число колец в молекуле. В процессах утилизации ароматических углеводов огромную роль играют процессы окисления, что наиболее легко происходит в смешанной микробной популяции.

По мнению Т.В. Коронелли (1982), парафины представляют собой органический субстрат, легко окисляемый микроорганизмами биоценоза, тогда как ароматические углеводорода для большинства микроорганизмов являются клеточными ядами. Кроме того, ароматические углеводороды значительно сложнее вовлекаются в естественный круговорот, который является для микроорганизмов сложным и длительным.

Весьма существенно на скорость самоочищения почвы от нефти влияют биоклиматические условия. Так, в серо-коричневых солонцеватых почвах в условиях недостаточного увлажнения содержание нефти за 12 месяцев снизилось на 65 %. В подзолистых и дерново-подзолистых почвах в условиях переувлажнения содержание нефти снижалось быстрее. Наиболее низкой скоростью самоочищения характеризуются почвы супераквальных ландшафтов.

Наложение вторичного оглеения в почвах автономных ландшафтов также снижает самоочищающие функции почв (Лозановская и др., 1998).

Огромное влияние на темпы самоочищения оказывает биологическая активность почвы, и, прежде всего состав и соотношение почвенной биоты. Л.К. Садовникова и др. (2006) отмечают, что биохимическое разложение основной массы разлитой нефти протекает очень медленно, так как в почвах не существует каких-либо определенных видов микроорганизмов, способных разрушить все компоненты нефти. Бактериальное воздействие на них отличается высокой селективностью, и полное разложение нефти требует воздействия разных видов, причем для разрушения образующихся промежуточных продуктов требуются свои микроорганизмы. Легче всего протекает микробиологическое разложение парафинов. Более стойкие циклопарафины и ароматические углеводороды сохраняются дольше. Тяжелые фракции нефти разлагаются очень плохо, образуя смолистые сгустки, тем самым, нарушая весь комплекс почвенных свойств, как физико-химических, так и биологических.

Угледородоокисляющая группа микроорганизмов природного происхождения таксономически очень разнообразна. Наиболее активные бактериальные штаммы относятся к родам: *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Xanthomonas*, *Alcaligenes*, *Nocardia*, *Brevibacterium*, *Mycobacterium*, *Beijerinckia*, *Bacillus*, *Enterobacteriaceae*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Sphaerotilus*. Среди актиномицетов внимание привлекает многочисленный род *Streptomyces*. Из дрожжей выделяют род *Candida* и *Torulopsis* (Сидоров и др., 1997).

Н.Г. Ильин и др. (1982), исходя из важности микрофлоры в разложении нефти, для зоны средней тайги предлагали разбить процесс самоочищения почв по основным показателям численности доминирующих групп почвенной микрофлоры и изменения состава нефти в почве на три этапа. На первом этапе происходит перестройка микробоценоза и активизация группы угледородоокисляющих микроорганизмов. Разложению подвергаются токсичные для основной массы почвенных микроорганизмов легкие

углеводороды. На втором - этапе активных биохимических преобразований, активизируются не резистентные к загрязнению группы микроорганизмов, происходит деструкция основной массы углеводов нефти и промежуточных соединений, образовавшихся в результате частичной деструкции сложных углеводов, начинается разложение гетероциклических соединений. Третий этап — это постепенное и продолжительное возвращение микробного сообщества к исходному или близкому к нему состоянию, завершение очищения почвы от нефтяных соединений. По данным этих авторов, продолжительность процессов самоочищения в условиях средней тайги составляет 10-15 лет.

По мнению других исследователей (Халимов, Левин, Гузев, 1996) этапы самоочищения можно выделить и оценивать по ферментативной активности. Они предлагают деление доз загрязняющих веществ на зоны, каждой из которых соответствует то значение концентрации загрязнения, при котором степень ферментативной активности почв можно охарактеризовать как репрессивное, резистентное, стрессовое или состояние гомеостаза.

По данным А.М. Цулаия (2012), нефтезагрязненные почвы в условиях Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) оказывали негативное влияние на произрастающую растительность в течение более 25 лет. При остаточном содержании нефтяных компонентов в торфяных почвах выше 1,0 г/кг изменялся видовой состав растительности, выпадают из фитоценозов наименее устойчивые виды (мхи, лишайники, разнотравье, кустарнички) и снижалось проективное покрытие нефтезагрязненных земель.

Таким образом, процесс естественного восстановления загрязненных нефтью почв длителен и поэтому возникает вопрос о создании и внедрении современных технологий ускоренного восстановления плодородия почв (рекультивации) нарушенных территорий (Фахрутдинов и др., 2001; Бондаренко, 2008; Леднёв, 2018).

**Рекультивация нефтезагрязненных почв.** Рекультивация земель — это комплекс мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных и загрязненных земель. Задача

рекультивации – снизить содержание нефтепродуктов и находящихся с ними других токсичных веществ до безопасного уровня, восстановить продуктивность земель, утерянную в результате загрязнения (Реймерс, 1990).

В настоящее время разработан ряд методов ликвидации нефтяных загрязнений почвы, включающие механические (землевание), физико-химические (сжигание, промывка, дренирование почвы, экстракция растворителями, сорбция, термическая десорбция), биологические (биоремедиация, фиторемедиация) методы.

До недавнего времени наиболее распространенным и дешевым методом ликвидации нефтяного загрязнения считалось простое сжигание. Однако, этот способ неэффективен и вреден по двум причинам: во-первых, сжигание возможно, если нефть лежит на поверхности густым слоем или собрана в накопители, пропитанные ею почва или грунт гореть не будут; во-вторых, на месте сожженных нефтепродуктов продуктивность почв, как правило, не восстанавливается, а среди продуктов сгорания, остающихся на месте или рассеянных в окружающей среде, появляется много токсичных, в частности канцерогенных веществ (Гриценко, Аكوпова, Максимов, 1997).

Очистка почв и грунтов в специальных установках путем пиролиза или экстракции паром дорогостояща и малоэффективна для больших объемов грунта. Требуется большие земляные работы, в результате чего нарушается естественный ландшафт, а после термической обработки в очищенной почве могут остаться новообразованные полициклические ароматические углеводороды – источник канцерогенной опасности (Пиковский, 1993).

Землевание замедляет процессы разложения нефтяных углеводородов, приводит к образованию внутрипочвенных потоков нефти, пластовой жидкости и загрязнению грунтовых вод. Складирование загрязненной почвы создает очаги вторичного загрязнения.

Ещё один способ удаление нефтяных загрязнителей из компонентов окружающей среды - использование различного рода сорбентов. Среди возможного сырья для производства сорбентов наиболее привлекательными

являются естественное органическое сырье и отходы производства растительного происхождения. К такому сырью относятся торф, сапропели, отходы переработки сельскохозяйственных культур и др. На базе такого сырья разработаны, например, такие сорбенты, как «Сорбест», «РС», «Лессорб» и др. (Колесниченко, 2004).

К преимуществам использования сорбентов относятся – возможность удаления загрязнений самой широкой природы до любых остаточных концентраций, управляемость процессом, отсутствие вторичных загрязнений (Марченко и др., 2012).

В мире настоящее время при ликвидации разливов нефти предлагается использовать около двухсот сорбентов, начиная от природных минералов, вылущенных початков кукурузы, соломы, опилок и заканчивая многофазными бионеорганическими наноконпозициями, (Буланов и др., 2005; Цомбуева, 2014; Agarry, Jimoda, 2013).

В последние годы особый интерес вызывает изучение возможности использования для очистки загрязненных почв различных препаратов, созданных на основе нанотехнологий (Limetal., 2016).

Существует технология очистки почв и грунтовых вод путем промывания их поверхностно-активными веществами. Этим способом можно удалить до 86 % нефти и нефтепродуктов. Применять его в широких масштабах вряд ли целесообразно, так как поверхностно-активные вещества сами загрязняют среду, и появится проблема их сбора и утилизации (Пиковский, 1993).

Наиболее экологически и экономически обоснованными способами борьбы с загрязнением почвы нефтью и нефтепродуктами считаются биологические методы, основанные на способности микроорганизмов разрушать или трансформировать углеводороды нефти (Габбасова и др., 1997; Леднёв, 2002; Станкевич Д.С., 2002; Гилязов, Гайсин, 2003; Кудеяров и др., 2007; Куликова, Держинская, 2008; Ezejietal., 2007; Nwankwegu et al., 2017). Дело в том, что в природе существуют более 100 видов бактерий, грибов, дрожжей, способных утилизировать один или несколько нефтяных углеводородов в качестве источника углерода и энергии (Колесниченко, 2004; ZoBell, 1946; Ellis, Adams, 1961).

Правда, скорость элиминирования нефти и нефтепродуктов аборигенными углеводородокисляющими микроорганизмами часто оказывается недостаточно высокой, поэтому многие исследователи предлагают вносить в почву в виде биопрепаратов специальные активные штаммы углеводородокисляющих микроорганизмов.

Многими разработчиками биопрепаратов, содержащих активные штаммы углеводородокисляющих микроорганизмов, весьма оптимистично оценивается возможность рекультивации нефтезагрязненных почв с помощью тех или иных препаратов (Ягафарова, Гатауллина, 1995; Стабникова и др. 1996; Габбасова и др., 1997; Курочкина, Шкидченко, Амелин, 2004; Сангаджиева, Ключаева, Сопрунова, 2009; Рогозина и др., 2010).

К настоящему времени предложены около 40 биологических препаратов для очистки почв от нефтяного загрязнения: это грибные, бактериальные и комплексные препараты, способные активизировать разложение нефти в кислых и нейтральных почвах (Сидоров и др., 1998; Ибатуллина, Семенова, Яковлев, 2012; <https://studfiles.net/preview/5865387/page:30/>). Так, ещё в 80-х годов прошлого века сообщалось об ускорении деструкции нефти посредством использования бактериального препарата «Путидойл»: если биопрепарат снизил содержание нефти в почве за 2,5 месяца наблюдения на 40 %, то на контрольном варианте только 17 % (Гашев, 1988).

Другой препарат - «Родарт», разработанный ОАО «Биохиммаш» совместно с МГУ им. М.В. Ломоносова, работает, по заявлению разработчиков, при содержании в почвах до 20 % нефтяных веществ. Авторы считают, что препарат и продукты биодеструкции нефти не оказывают вредного действия на окружающую среду и при снижении загрязнения ниже уровня ПДК биопрепарат теряет свою биологическую активность из-за отсутствия углеводорода как источника питания и энергии. Они также полагают, что микробиологический способ биодеградации нефти и нефтепродуктов выгодно отличается от химических, физических способов и их различных сочетаний низкой стоимостью и экологической безопасностью (Украинцев, Синицин, Крашенинникова, 2003).

Главная задача, которая должна быть решена при использовании биологических методов рекультивации нефтезагрязненных почв – оптимизация условий для активной работы УОМ агрохимическими, агротехническими и иными приемами. Причем, необходимость оптимизация условий для жизнедеятельности УОМ возникает, как при внесении в почву специальных биопрепаратов, содержащих активные штаммы УОМ, так и в случае активации аборигенные углеводородокисляющих микроорганизмов. Другими словами, в обоих случаях возникает необходимость оптимизации воздушных, водно-физических и пищевых условий загрязненной почвы для максимальной активизации нефтеразлагающих микроорганизмов (Чижов, 1998; Логинов и др., 2000; Гилязов, Гайсин, 2003; Оборин и др., 2008; Леднёв, 2018).

Одним из основных факторов, лимитирующих процесс разложения углеводов, является воздушный режим загрязненной почвы. Нефтяное загрязнение ухудшает газовый обмен почвы, создает условия для усиления восстановительных процессов. Для окисления углеводов микроорганизмами необходимо наличие молекулярного кислорода, в анаэробных условиях процесс окисления крайне затруднен [Чижов, 1998]. Дело в том, что из свыше 100 видов бактерий, грибов, дрожжей, способных утилизировать один или несколько нефтяных углеводов в качестве источника углерода и энергии, только один принадлежал к анаэробам. Приемы обработки почв, способствующие улучшению аэрации, стимулируют активность микроорганизмов, усиливают окислительные процессы. Интенсификация разложения нефти и нефтепродуктов в почве возможна путем рыхления, частой вспашки, дискования (Тишкина, 1989; Киреева, 1996; Гилязов, Гайсин, 2003; Колесниченко, 2004; Давыдова, Мажайский, Евтюхин, 2008; Anchugova et al., 2016).

Обработка почвы положительно влияет на микробиологическую и ферментативную активность, так как способствует улучшению условий жизнедеятельности аэробных микроорганизмов, которые количественно и по интенсивности метаболизма доминируют в почвах и являются основными деструкторами углеводов. Рыхление загрязненных почв увеличивает



диффузию кислорода в почвенные агрегаты, снижает концентрацию углеводов в почве в результате улетучивания легких фракций, обеспечивает разрыв поверхностных пор, насыщенных нефтью, но в то же время способствует равномерному распределению компонентов нефти и нефтепродуктов в почве и увеличению активной поверхности. Обработка почвы создает мощный биологически активный слой с улучшенными агрофизическими свойствами. В почве при этом создается оптимальный водный, воздушный и тепловой режим, растет численность микроорганизмов и их активность, усиливается активность почвенных ферментов, увеличивается энергия биохимических процессов (Колесниченко, 2004).

Обеспеченность почв биогенными элементами - азотом, фосфором и калием - важный фактор, определяющий интенсивность разложения нефти и нефтепродуктов. Недостаток биогенных элементов необходимо восполнять путем внесения в почву минеральных или органических удобрений. Практически во всех случаях внесение биогенных элементов в виде минеральных удобрений стимулирует разложение углеводов в почве. Наиболее интенсивно разложение углеводов протекает при ежегодном внесении комплекса N, P, K – содержащих удобрений в сочетании с навозом, а также при внесении в почву биогумуса (Андресон и др., 1980; Тишкина, 1989; Киреева, 1996; Чижов, 1998; Леднёв, 2002; Гилязов, Гайсин, 2003; Давыдова, Мажайский, Евтюхин, 2008; Anchugova et al., 2016).

Поддержание почвы во влажном состоянии является одним из агротехнических приемов управления биологической активностью и оказывает эффективное воздействие на темпы разложения нефти и нефтепродуктов. Благоприятный водный режим почвы достигается путем полива. Улучшение водного режима путем полива обуславливает улучшение агрохимических свойств почв, в частности влияет на подвижность питательных веществ, микробиологическую деятельность и активность биологических процессов. Одновременно с этим усиливается действие на микробиологическую и ферментативную активность агрохимических приемов, например внесения

удобрений, рыхления.

Кислотность почвы играет важную роль в разложении нефти и нефтепродуктов. Значения рН, близкие к нейтральным, являются оптимальными для роста на углеводородах большинства бактериальных микроорганизмов. В подзолистых почвах с кислой реакцией этот фактор имеет решающее значение при разложении нефти и нефтепродуктов. Поэтому для создания рН, оптимального для их биоразложения, кислые почвы подвергают известкованию (Колесниченко, 2004).

Ускорение процесса биодegradации углеводородов нефти возможно также за счет фиторемедиация, то есть посевом специально подобранных культур в сочетании с необходимыми агротехническими приемами обработки почв (Фахрутдинов и др., 2001).

Положительная роль растений в очищении почв, и как следствие, интенсифицировать биохимические и химические процессы удаления чужеродных соединений. Особый биотоп представляет собой ризосфера растений. Она может играть важную роль в детоксикации поллютантов. Полевые и лабораторные эксперименты, проведенные в Башкортостане, показали, что под посевами люцерны при низких дозах поллютанта (1-5 %) детоксикация нефтезагрязненных почв происходит более быстрыми темпами (Киреева, Тарасенко, Бакаева, 2004).

Концепция фиторемедиации привлекает большое внимание и является предметом многих публикаций. Растения ускоряют процессы очистки почвы и позволяют обеспечить стабильность процесса биологического распада при относительно невысокой стоимости затрат. Фиторемедиация не требует снятия плодородного слоя почвы, может применяться на больших площадях и способствует сохранению и улучшению окружающей среды, поскольку связана с обогащением почвы и повышением ее плодородия. Корневая система растений способствует усилению газообмена глубинных слоев почвы и воды, развитию нефтеокисляющей микробиоты в естественной среде, подвергшейся нефтяному загрязнению, которая в обычных условиях характеризуется низкой температурой,

недостатком биогенных элементов, недостатком кислорода, избыточной кислотностью. Значительное фитомелиоративное воздействие культуры сорго на почвы с развивающимися процессами физической деградации широко известно, однако не достаточно изучено (Шамаева, 2007; Щур и др., 2015; Aken, 2011; Pirzadahetal., 2015; Dhanwaletal., 2017; Dickinson, 2017; Eeversetal., 2017). К основным преимуществам фиторемедиации относятся: возможность ремедиации больших территорий, проведение восстановления *insitu*, отсутствие или небольшое количество образующихся отходов, эстетичность, экономичность и относительная простота реализации (Калугин и др., 2013; Назаров, 2013; Гаврилин, Шигапов, 2015; Ловинецкая и др., 2015; Елизарьева и др., 2016; Синдирева и др., 2016; Федонюк и др., 2017; Caietal., 2016; Dhanwaletal., 2017; Panchenkoetal., 2017; Tiwarietal., 2017).

Среди рекомендованных видов растений для фиторемедиации нефтяных углеводородов доминируют представители семейства мятликовых и бобовых. Наличие хорошо развитой корневой системы злаков позволяет плотно пронизывать верхние слои почвы, тем самым обеспечивая хорошую аэрацию ризосферы и достаточно высокую очистку. Бобовые растения представляют интерес благодаря симбиотическим отношениям с азотфиксирующими бактериями (Трошкова и др., 2011; Panchenkoetal., 2017).

Однако наряду с преимуществами по сравнению с другими методами, фиторемедиация имеет и ряд ограничений: длительный процесс восстановления почвы, существенное влияние климатических и гидрологических условий территории на рост и развитие растений, глубина очистки субстрата лимитируется слоями почвы в пределах ризосферы, невозможность выращивания растений на сильно загрязненных почвах в силу высокой токсичности углеводородов (Гаврилин, Шигапов, 2015; Елизарьева и др., 2016). Поэтому фиторемедиацию рекомендуют применять на слабо- и среднезагрязненных почвах или на заключительных этапах очистки. Для достижения максимальной эффективности фиторемедиацию следует использовать в сочетании с другими

методами биоремедиации и небиологическими технологиями ремедиации (Прикладная экобиотехнология, 2012; Ohetal., 2014).

Завершая краткий аналитический обзор литературы можно отметить, что нефть и нефтепродукты является весьма распространенными и опасными загрязнителями почвенного покрова. Источниками загрязнения почв нефтью могут быть буровые установки, нефтяные скважины, нефтепроводы, насосные станции, резервуары, установки подготовки нефти, нефтеловушки, выкидные линии и факельные оборудования (система факельных установок для сжигания сбрасываемых горючих веществ). Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами ухудшает агрофизические, агрохимические и биологические свойств, и снижает продуктивность растений и их качество, однако характер и глубина этих изменений существенно колеблется от зональных особенностей почв и видов растений. Для объективной оценки ущерба от загрязнения почвы и выбора оптимальных способов рекультивации нефтезагрязненных почв немаловажное значение имеет исследование действия различных уровней нефтяного загрязнения на урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от давности загрязнения. Имеющиеся публикации о влиянии нефтяного загрязнения различной давности на продуктивность сельскохозяйственных культур и агрохимические свойства почвы отрывочно и достаточно противоречивы.

Исследователями предложены различные способы и методы рекультивации нефтезагрязненных почв, эффективность которых сильно колеблется в зависимости от множества факторов. Слабоизученными остаются агротехнические и агрохимические приемы рекультивации нефтезагрязненных земель и вопросы об эффективности промышленных биопрепаратов на нефтезагрязненных почвах Республики Татарстан.

Исходя из вышеизложенного, целью настоящей работы явилась установление действия различных уровней и давности нефтяного загрязнения на основные агрохимические свойства почвы, урожайность сельскохозяйственных культур и оценка агрономической и экономической эффективности комплексного применения агрохимических и агротехнических приемов восстановления

плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы в условиях Предкамья Республики Татарстан.

Основные задачи исследования сформулированы следующим образом:

1. Охарактеризовать изменчивость основных агрохимических свойств серой лесной почвы в зависимости от уровня и давности нефтяного загрязнения;

2. Оценить действие однократного нефтяного загрязнения на урожайность и химический состав урожая сельскохозяйственных культур;

3. Установить действие агрохимических и агротехнических приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы на урожайность сельскохозяйственных культур;

4. Рассчитать прямые экономические потери от нефтяного загрязнения почв и оценить экономическую эффективность испытанных приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы.

## МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Почвенно-климатические условия Предкамья Республики Татарстан

Исследование проводилось в 2013-2016 гг. 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  $53^{\circ}58' - 56^{\circ}39'$  с. ш. и  $47^{\circ}15' - 54^{\circ}18'$  в. д. (Мустафин, Хузеев, 1994).

Основными реками территория Татарстана делится на пять 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, в условиях которого проводилось исследование, занимает северную часть республики. Площадь его 21,8 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 32,2 % от общей площади РТ. Долиной р. Вятки Предкамье делится на две неравные части: западную - 17,9 тыс. км<sup>2</sup> и восточную - 3,9 тыс. км<sup>2</sup>. С юго-запада Предкамье ограничено Волгой, с юга - Камой. По рельефу это невысокая увалистая равнина, наибольшие высоты которой (280-240 м) приурочены к южным окончаниям возвышенностей Вятский Увал, Можгинская и Сарапульская. Речные долины отличаются резко выраженной асимметрией склонов. Основные элементы рельефа возвышенности и разделяющие их речные долины имеют мери-

диональное или юго-западное направления. Западное Предкамье отличается весьма густой овражно-балочной сетью (Аксенова и др., 1994).

Северное положение региона предопределило и наиболее прохладный климат в пределах республики. Термические ресурсы здесь минимальные для всей республики (менее  $2150^{\circ}\text{C}$ ). Среднегодовое количество осадков составляет 500-525 мм, продолжительность теплого периода ( $t > 0^{\circ}\text{C}$ ) 200-207 дней, а безморозного периода не более 130 дней.

Сумма температур воздуха (за период с температурой выше  $10^{\circ}\text{C}$ ) колеблется в пределах  $2020-2150^{\circ}$ . Сумма осадков за этот же период составляет 205-220 мм. По многолетним наблюдениям, гидротермический коэффициент (ГТК), рассчитываемый по Селянинову, колеблется в пределах от 1,01 до 1,09.

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  $-10^{\circ}\text{C}$  колеблется от 1100 до  $1200^{\circ}\text{C}$  (Курочкин, 1968).

Почвенный покров Предкамья представлен различными подтипами серых лесных и дерново-подзолистых почв. Последние приурочены к песчаным аллювиальным отложениям, возвышенным междуречьям, где водно-тепловые условия напоминают таежные.

В Предкамье республики доминантными являются серые лесные почвы, где они занимают 911,3 тыс. га, что составляет 61,1 % сельхозугодий этого региона. Много серых лесных почв и в целом по республике: около 43,8 % сельскохозяйственных угодий расположены именно на серых лесных почвах. В Лаишевском муниципальном районе площадь серых лесных почв составляет 62,7 тысяч га или 72 % сельскохозяйственных угодий (Давлятшин и др., 2013).

Из подтипов серых лесных почв светло-серые лесные наиболее широко распространены в Предкамье, где они занимают 633,0 тыс. га, а серые лесные и

темно-серые лесные - в Закамье, занимая соответственно 338,7 и 371,8 тыс. га (Шакиров, Туктамышев, 1991).

Широкое распространение терригенно-карбонатных отложений татарского и казанского ярусов предопределяет преимущественно суглинистый и глинистый гранулометрический состав почв региона. Лишь на западе Предкамья в пределах Вятского Увала на поверхность выходят известняки и доломиты. По долинам рек Волги, Вятки, Ижа, Шумбута и Берсута развиты песчаные легко проницаемые отложения (Аксенова и др., 1994).

## **2.2 Методика полевых экспериментов и лабораторных анализов**

Объектом нашего исследования явилась серая лесная почва ПредкамьяРТ, загрязненная товарной нефтью. Выбор объекта исследования обуславливался тем, что большинство исследований, посвященных изучению особенностей почв, загрязненных нефтью, проводились в зоне ЗакамьяРТ, где доминируют черноземные почвы (Гилязов, 1980; Гилязов, Гайсин, 2003; 2009 и др.). В настоящее время нефтедобыча активно ведется не только в зоне черноземных, но и в зоне распространения серых лесных и дерново-подзолистых почв, что делает актуальным изучение нефтезагрязненных аналогов последних.

Полевые эксперименты проводились в условиях двух микрополевых стационарных полевых опытов, заложенных соответственно в 2004 и 2014 гг. на одном массиве.

Делянки первого микрополевого опыта (МПО № 1), заложенного в мае 2004 года, представляют собой бездонные ящики, углубленные в почву на глубину 30 см. Площадь делянок 0,50 м<sup>2</sup> (0,71x0,71), ширина защитных полос 1 м. Повторность опыта 4-х кратная. Почва была однократно загрязнена товарной нефтью заливкой делянок с поверхности. Для загрязнения почв использовали товарную нефть, подготовленную на предприятии нефтегазодобывающего управления (НГДУ) «Джалильнефть» ОАО «Татнефть». Она характеризовалась следующими показателями: плотность при температуре 20°C – 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>.

Первый стационарный микрополевой опыт имеет два блока. В первом блоке МпО № 1, изучалось 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. В год загрязнения (2004 г.) году семена викоовсяной смеси посеяли на 3-й день после загрязнения. В 2005-2016 гг. в течение трех ротации севооборота изучалось действие нефтяного загрязнения на яровую пшеницу, ячмень, яровой рапс, просо.

В 2013 году на тех делянках опыта, где по схеме опыта запланировано рыхление почвы, до посева провели двукратную механическую обработку почвы. Посев яровой пшеницы (сорт «Экада 70») провели 16 мая. Семена яровой пшеницы заделали на глубину 5 см. Высев всхожих семян из расчета 5,5 млн. шт./га. Агротехника возделывания пшеницы общепринятая для нашей зоны.

В 2014 году посев ячменя провели 13 мая. Семена ячменя (сорт «Нур») заделали на глубину 5 см. Высев всхожих семян из расчета 5,5 млн. шт./га. Для защиты от патогенов семена перед посевом обработали препаратом Кинто Дуо. Агротехника возделывания ячменя общепринятая для нашей зоны.

В 2015 году яровой рапс сорта «Юмарт» посеяли 21 мая с нормой высева 3 млн. шт. всхожих семян. С учетом веса 1000 семян (4,0 г) и лабораторной всхожести (92 %) весовая норма высева составила 13 кг/га. Семена перед посевом обрабатывали препаратом Витавакс из расчета 2,5 кг/т. Глубина заделки семян 2 см. В фазу начало бутонизации растения обрабатывали инсектицидом Дециспрофи из расчета 0,03 кг/га.

В 2016 году посев проса (сорт Татарское красное) провели 19 мая нормой высева 4 млн. всхожих семян или 40 кг/га. Глубина заделки семян - 4 см. Семена

перед посевом обрабатывали препаратом Скарлет из расчета 0,4 л/т при расходе рабочей жидкости 15 л/т.

Второй блок МпО №1, предназначенный для оценки эффективности некоторых агрохимических и агротехнических приемов рекультивации, заложен на среднезагрязненной почве (20 л/м<sup>2</sup>). В этом блоке эксперимента в качестве рекультивационных приемов изучены: послойное рыхление почвы, внесение органических и минеральных удобрений, известкование и инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 (таблица 1).

Таблица 1 - Варианты опыта второго блока МпО № 1

1. Незагрязненная почва (без удобрений)
2. Нефть-20 л/м <sup>2</sup> (ЗП)
3. ЗП+Рыхление
4. ЗП+Известь (0,6 кг/м <sup>2</sup> ) +Рыхление
5. ЗП+Известь+Рыхление+ NPK
6. ЗП+Известь+Рыхление+Биогумус (0,3 кг/м <sup>2</sup> )
7. ЗП+Известь+Рыхление +Байкал
8. ЗП+Известь+Рыхление+Байкал+NPK
9. Незагрязненная почва + NPK

Дозу извести рассчитали по величине гидролитической кислотности, и она равнялась 0,6 кг/м<sup>2</sup>. За весь период наблюдений (2004-2016 гг.) известняковая мука была внесена 3 раза (2004, 2009 и 2014 гг.), биогумус (0,3 кг/м<sup>2</sup>) пять раз (через каждые два года), а минеральные и бактериальные удобрения - ежегодно. В соответствующих вариантах опыта, для интенсивной аэрации почвы, в течение двух лет после загрязнения почва содержалась по системе чистого пара. В это время минеральные удобрения, предназначенные для стимуляции активности углеводородокисляющих микроорганизмов, были внесены из расчета 8 г д.в./м<sup>2</sup> с соотношением азота, фосфора и калия 1:0,4:0,2. В последующие годы нормы минеральных удобрений рассчитывали расчетно-балансовым методом для

получения запланированной урожайности. В качестве биоудобрения использовали биопрепарат Байкал ЭМ-1, содержащий комплекс полезных микроорганизмов, обитающих в зональных незагрязненных почвах, и продуктов их жизнедеятельности. Годовую норму биопрепарата Байкал ЭМ-1 ( $30 \text{ мл/м}^2$ ) вносили в почву в три приема равными дозами: перед посевом, в середине июня и июля. Рабочий раствор биопрепарата приготовили из жидкого концентрата с разбавлением дистиллированной водой в соотношении 1:100.

Общий вид микрополевого опыта № 1 (МпО № 1) показанна рис. 1



Рисунок 1 - Общий вид полевого опыта № 1

Почва опытного участка - серая лесная среднесуглинистая, являющаяся преобладающей почвенной разностью Предкамья Республики Татарстан.

Основные агрохимические показатели почвы опытного участка до загрязнения нефтью в 2004 году представлены в таблице 2.

Почва характеризуется низким содержанием гумуса и слабокислой реакцией среды. Почва отличается повышенным содержанием подвижного фосфора ( $129 \text{ мг/кг}$ ) и средней обеспеченностью подвижного калия ( $115 \text{ мг/кг}$ ).

Таблица 2 - Агрохимическая характеристика почвы первого микрополевого опыта (2004 г.)

Тип, подтип и разновидность почвы	Серая лесная среднесуглинистая
Агрохимические параметры	Значения
Мощность анализируемого слоя, см	30
Содержание гумуса, %	2,91
Емкость катионного обмена, ммоль/100 г	22,2
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	4,2
Подвижный P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> пометоду Кирсанова, мг/кг	129
Подвижный K <sub>2</sub> O пометоду Кирсанову, мг/кг	115
pH солевой вытяжки	5,4

Второй микрополевым опытом (МПО № 2) заложен на том же массиве в 2014 году с целью оценки влияния биопрепарата Микрозим (tm) «Петро Трит» («ПЕТРО ТРИТ») в сочетании с минеральными удобрениями и механической обработкой нефтезагрязненной почвы на её фитотоксичность (таблица 3).

Биопрепарат микрозим представляет собой микробиологический деструктор нефтяных углеводов в почвенной и водной среде. Он содержит 12 штаммов углеводородокисляющих микроорганизмов - бацилл, атеробактеров, нокордий, родококкусов. Внешне биопрепарат представляет собой однородный сухой сыпучий порошок от желтого до светло-коричневого цвета со своеобразным запахом. В свежем биопрепарате микрозим титр углеводородокисляющих микроорганизмов составляет  $4 \cdot 10^{12}$  КОЕ/г. Согласно санитарно-эпидемиологическому заключению № 77.99.02515Д0011020305 от 11 марта 2005 года, препарат отнесен к веществам 5 класса опасности, не патогенен, не токсичен, не горюч, не взрывоопасен, безопасен для человека, теплокровных животных, земноводных, рыб, зоопланктона и микроорганизмов. Согласно инструкции по применению биопрепарата «ПЕТРО ТРИТ», доза внесения препарата в эксперименте составила 150 г/м<sup>2</sup>.

Таблица 3 - Схема микрополевого опыта № 2

Варианты опыта
1. Незагрязненная почва (контроль)
2. Контроль+NPK
3. Контроль + NPK+ биопрепарат «ПЕТРО ТРИТ»
4. Нефть 12,5 л /м <sup>2</sup>
5. Нефть 12,5 л /м <sup>2</sup> + Рыхление+ NPK
6. Нефть 12,5 л /м <sup>2</sup> + Рыхление+ NPK+ биопрепарат «ПЕТРО ТРИТ»
7. Нефть 25 л/м <sup>2</sup>
8. Нефть 25 л/м <sup>2</sup> +Рыхление
9. Нефть 25 л/м <sup>2</sup> +Рыхление + биопрепарат «ПЕТРО ТРИТ»
10. Нефть 25 л/м <sup>2</sup> +Рыхление + биопрепарат «ПЕТРО ТРИТ» + NPK
11. Нефть 50 л/м <sup>2</sup>
12. Нефть 50 л/м <sup>2</sup> +Рыхление + NPK+ биопрепарат «ПЕТРО ТРИТ»

Для загрязнения почвы в данном эксперименте использовали товарную нефть, подготовленную на предприятии нефтегазодобывающего управления (НГДУ) «Лениногорскнефть» ОАО «Татнефть». Она характеризовалась следующими показателями: плотность при температуре 20°С – 0,872 г/см<sup>3</sup>, массовая доля воды – 0,05 %, массовая доля серы – 1,93 %, концентрация хлористых солей - 18 мг/дм<sup>3</sup>.

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. В общей сложности в течение первого вегетационного периода рыхление почвы проводилось 9 раз, а во второй – 10 раз. Разноглубинная обработка позволяла попеременно рыхлить сначала верхний, а потом - нижний слой загрязненной почвы.

Нормы внесения полного минерального удобрения (NPK) рассчитывали расчетно-балансовым методом для получения запланированной

урожайности подопытных культур. В 2014-2016 гг. в зависимости от культуры и планируемой урожайности на контрольной (незагрязненной) почве, фактические нормы внесения питательных элементов (кг д.в./га) составили: азота от 43 до 99, фосфора от 32 до 173, калия от 53 до 111 (ячмень на 3,0 т/га N43P72K53; яровой рапс на 1,8 т/га N99P173K111; просона 2,5 т/га N77P32K91).

Агрохимическая характеристика незагрязненной почвы МПО № 2 в год закладки приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Агрохимическая характеристика почвы второго микрополевого опыта (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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по методу Кирсанова, мг/кг	125
Подвижный K <sub>2</sub> O по методу Кирсанова, мг/кг	122
pH солевой вытяжки	5,4

По большинству показателей данная почва не отличается от параметров почвы предыдущего опыта: она так же характеризуется низким содержанием гумуса, слабокислой реакцией среды, повышенным содержанием подвижного фосфора. Лишь обеспеченность почвы подвижными формами калия во втором опыте выше, чем в первом.

Действие различных уровней нефтяного загрязнения и биопрепарата микрозим на фитотоксичность нефтезагрязненной почвы изучалось в звене севооборота с чередованием культур: яровая пшеница - ячмень – яровой рапс – просо.

В 2014 году на тех участках опыта, где не проводилось рыхление почвы в

течение всего вегетационного периода, посевячменя провели 17 мая, то есть через три дня после загрязнения почвы нефтью. Семена ячменя (сорт «Нур») заделали на глубину 5 см. Высев всхожих семян из расчета 5,5 млн. шт./га. Для защиты от патогенов семена перед посевом обработали препаратом Кинто Дуо. Агротехника возделывания ячменя общепринятая для нашей зоны.

В 2015 году яровой рапс сорта «Юмарт» посеяли только на тех участках, где не проводилось рыхление почвы в течение всего вегетационного периода, 21 мая с нормой высева 3 млн. шт. всхожих семян. С учетом веса 1000 семян (4,0 г) и лабораторной всхожести (92 %) весовая норма высева составила 13 кг/га. Семена перед посевом обрабатывали препаратом Витавакс из расчета 2,5 кг/т. Глубина заделки семян 2 см. В фазу начало бутонизации растения обрабатывали инсектицидом Дециспрофи из расчета 0,03 кг/га.

В 2016 году посев проса (сорт «Татарское красное») провели на всех участках 19 мая нормой высева 4 млн. всхожих семян или 40 кг/га. На вариантах опыта, где было запланировано рыхление, до посева провели механическую обработку на глубину пахотного слоя в два раза. Глубина заделки семян - 4 см. Семена перед посевом обрабатывали препаратом Скарлет из расчета 0,4 л/т при расходе рабочей жидкости 15 л/т.

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 (Татарстан)».

Методы анализа почвы, следующие:

- содержание гумуса по Тюрину, в модификации Симакова (ГОСТ 26213-91);
- нефть фотоколориметрическим 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);
- щелочногидролизуемый 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).

Статистическая обработка результатов учета урожайности и 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.

Все работы в опыте выполнены вручную. Фотоснимки, показывающие выполнение полевых работ и состояние растений в опыте представлены на рисунках 2-5.





Рисунок 2 - Предпосевная обработка почвы



Рисунок3 - Посев ярового рапса



Рисунок 4 - Определение полевой всхожести рапса

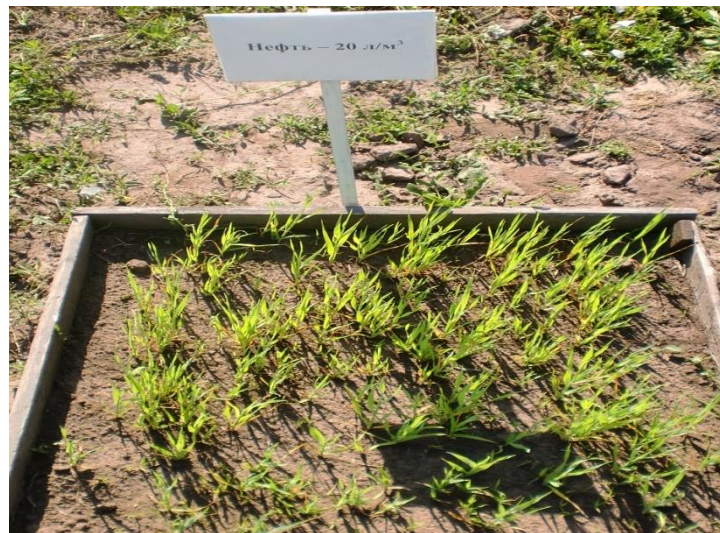


Рисунок5 -Состояние растений яровой пшеницы по некоторым вариантам опыта  
(МПО № 1, 26.06.2013)

### 2.3 Метеорологические условия в годы проведения исследования

В годы проведения наших исследований (2013-2016 гг.) погодные условия сложились весьма различными.

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

Основные метеорологические показатели 2013года представлены таблице 5. Первые две декады апреля были заметно теплее обычного: первая декада на  $2,3^{\circ}\text{C}$ , а вторая на  $-1,8^{\circ}\text{C}$  выше среднемноголетних значений. В течение месяца осадки выпадали неравномерно и, в целом, меньше многолетней нормы на 40 %. Если осадки первой декады составили 136 %к средним многолетним данным, то в третьей декаде - 50 %при полном отсутствии их во второй десятидневке.

Среднемесячная температура воздуха в мае также была выше нормы на  $1,3^{\circ}\text{C}$ . Однако частые осадки в первых двух декадах месяца заметно задерживали весенние полевые работы. Количество атмосферных осадков за эти две декады превышало норму в 1,4 раза. Благоприятные погодные условия для полевых работ установились лишь в третьей декаде.

Июнь выдался жарким и засушливым. Фактическое количество выпавших осадков за месяц составило 22 мм, что почти в три раза меньше среднемноголетних значений, а среднемесячная температура воздуха на  $3,0^{\circ}\text{C}$  выше нормы.

Иным образом сложились погодные условия в июле. Он характеризовался постепенным снижением среднедекадной температуры воздуха. Так, если в начале месяца фактическая температура была выше нормы на  $2,3^{\circ}\text{C}$ , то в конце месяца – ниже нормы на  $1,0^{\circ}\text{C}$ . В целом средняя температура воздуха оказалась близкой к среднемноголетним значениям. Созревание и уборка ранних яровых культур затруднялась обильными осадками в начале и конце месяца. Количество

осадков в первой декаде месяца превышало среднемноголетний уровень в 1,8 раза, а в третьей декаде - в 2,8 раза.

Таблица 5 – Температура воздуха и количество осадков в вегетационный период 2013 г. (метеорологический пост Казанского ГАУ «Ферма-2»)

Месяц, декада	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
	норма	факт.	в % к норме	норма	факт.	в % к норме
Май						
I		11,3			14	
II		14,3			19	
III		16,4			1	
за месяц	+12,1	14,0	115,7	39	34	87,2
Июнь						
I		16,9			8	
II		20,1			1	
III		23,3			12	
за месяц	+16,7	20,1	120,4	56	21	37,5
Июль						
I		22,0			34	
II		19,8			7	
III		18,6			50	
за месяц	+19,0	20,1	105,8	59	91	154,2
Август						
I		20,6			-	
II		20,9			25	
III		16,9			1	
за месяц	+17,0	19,5	114,7	53	26	49,1
Сентябрь						
I		15,9			37	
II		12,5			6	
III		7,5			41	
за месяц	+10,6	12,0	113,2	50	84	168
За май - сентябрь	+15,1	17,1	113,2	257	256	99,6

Таким образом, вегетационный период 2013 года, в целом, оказался удовлетворительным для роста и развития яровой пшеницы. Однако запоздалый

посев из-за осадков, малое количество осадков в июне и обильные осадки во время созревания и уборки урожая заметно снизили урожайность яровых культур, в том числе пшеницы.

Наиболее важные элементы метеорологических условий 2014 года приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Температура воздуха и количество осадков в вегетационный период 2014 г. (метеорологический пост Казанского ГАУ «Ферма-2»)

Месяц, декада	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
	норма	факт.	в % к норме	норма	факт.	в % к норме
Май						
I		+12,1			14	
II		+18,8			10	
III		+17,9			-	
за месяц	+12,1	+16,3	134,7	39	24	61,5
Июнь						
I		+21,8			-	
II		+14,5			26	
III		+16,2			31	
за месяц	+16,7	+17,5	104,8	56	57	101,8
Июль						
I		+19,7			1	
II		+19,0			19	
III		+17,9			10	
за месяц	+19,0	+18,9	99,5	59	30	50,9
Август						
I		+22,0			12	
II		+20,8			11	
III		+15,9			52	
за месяц	+17,0	+19,6	115,3	53	75	141,5
Сентябрь						
I		+12,8			16	
II		+11,4			7	
III		+12,6			11	
за месяц	+10,6	+12,3	116,0	50	34	68,0
За май - сентябрь	+15,1	+16,9	111,9	257	220	85,6

Они свидетельствуют о том, агрометеорологические условия

вегетационного периода 2014г. сложились недостаточно благоприятными, как для роста и развития сельскохозяйственных культур, так и для проведения уборочных работ. Первая декада мая характеризовалась существенным превышением среднегодовой температуры воздуха и малым количеством осадков. Вторая декада по температурному режиму была близкой норме, а последняя декада оказалась холоднее обычного. Наиболее характерной отличительной чертой мая была высокая температура воздуха. Среднемесячная температура воздуха равнялась  $16,3^{\circ}\text{C}$ , что на  $4,2^{\circ}\text{C}$  выше многолетних значений. Высокая температура воздуха сопровождалась малым количеством осадков. Месячная сумма осадков составила только 24 мм, при норме 39 мм. Теплая погода в мае способствовала дружному появлению всходов яровых, однако недостаток влаги оказал неблагоприятное влияние на рост растений.

Июнь 2014 г., в целом, как по температурному режиму воздуха, так и по количеству осадков был достаточно близким к среднегодовым значениям. За месяц выпало 57 мм осадков при норме 56 мм, а среднемесячная температура равнялась  $17,5^{\circ}\text{C}$  при норме –  $16,7^{\circ}\text{C}$ . В то же время следует отметить, что отдельные декады этого месяца сильно отличались от средних многолетних данных температурного режима. Так, если в начале месяца фактическая температура была выше нормы более чем на  $5^{\circ}\text{C}$ , то вторая декада, наоборот, оказалась, примерно, на  $3^{\circ}\text{C}$  холоднее обычного. По средней температуре воздуха июль не отличается от среднегодовой нормы, и, кроме того, сильные перепады температур по декадам не наблюдались. Однако в июле выпало осадков в два раза меньше нормы, и многие культуры испытывали недостаток влаги. Осадков в первой декаде июля практически не было.

Первые две декады августа отличались высокой температурой воздуха: в это время фактическая температура примерно на  $3^{\circ}\text{C}$  была выше средних многолетних значений. За это время осадки выпали в пределах среднегодовых значений, однако в дальнейшем – в третьей декаде за неделю выпало ещё одна месячная норма (52 мм). Обильные осадки во второй половине августа задерживали созревание сельскохозяйственных культур и затрудняли

уборочные работы.

Сентябрь месяц оказался теплее обычного и достаточно сухим: среднемесячная температура воздуха была на 1,7°С выше нормы, а сумма осадков за месяц составила 68 % от многолетних значений.

Май *2015 года* характеризовался малым количеством атмосферных осадков и повышенной температурой воздуха (таблица 7).

Таблица 7 -Температура воздуха и количество осадков в вегетационный период 2015 г. (метеорологический пост Казанского ГАУ «Ферма-2»)

Месяц, декада	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
	норма	факт.	в % к норме	норма	факт.	в % к норме
Май						
I		+14,0			-	
II		+13,5			22,6	
III		+21,3			2	
за месяц	+12,1	+16,3	134,7	39	24,6	63,1
Июнь						
I		+18,7			23	
II		+19,0			3,3	
III		+25,2			2	
за месяц	+16,7	+20,9	125,1	56	28,3	50,5
Июль						
I		+18,0			27,9	
II		+17,3			29,7	
III		+20,1			10,4	
за месяц	+19,0	+18,5	97,4	59	68	115,3
Август						
I		+18,8			26,6	
II		+16,1			13,1	
III		+15,4			36,6	
за месяц	+17,0	+16,8	98,8	53	76,3	144
Сентябрь						
I		+14,6			22,3	
II		+14,8			0	
III		+17,9			2,0	
за месяц	+10,6	+15,8	149,1	50	24,3	48,6
За май - сентябрь	+15,1	17,7	117,2	257	221,5	86,2

Среднемесячная температура воздуха превышала многолетнюю норму на 4,2 °С, а количество осадков составило лишь 63 % от средних значений. Осадки в основном выпали только во второй декаде мая. В целом, для посева ранних яровых культур, в том числе для рапса, май оказался благоприятным. Однако в весьма ответственный для развития этой культуры – в июне, установилась жаркая и сухая погода, особенно начиная со второй декады месяца, что не могло не сказаться отрицательно на рост и развитие подопытной культуры.

Температурный режим июля не отличался от среднемноголетних показателей: средняя температура равнялась 18,5 °С при норме 19,0 °С. Осадков выпало больше обычного на 15 % и затрудняли уборочные работы сельскохозяйственных культур.

Август оказался достаточно благоприятным для развития большинства сельскохозяйственных культур, в том числе ярового рапса, так как осадков выпало значительно больше нормы, а средняя температура воздуха была близкой к многолетним значениям.

Сентябрь месяц был благоприятным для созревания и уборки урожая. Стояла сухая погода в сочетании с относительно высокой температурой воздуха, которая оказалась примерно на 5 градусов выше среднемноголетнего уровня.

В целом, погодные условия 2015 года оказались вполне удовлетворительными для роста и развития подопытной культуры. Однако дефицит влаги в мае и июне заметно снизили урожайность ярового рапса.

Наиболее важные показатели метеорологических условий вегетационного периода 2016 г. приведены в таблице 8.

В начале первой декады мая наблюдалась прохладная погода с дождями, однако в целом средняя температура воздуха первой декады оказалась выше обычного и составила +3,5 °С. Теплая погода в сочетании с хорошими запасами влаги в почве создавала благоприятные условия для весеннего сева яровых культур, роста и развития озимых. Вторая декада мая характеризовалась неустойчивым температурным режимом и выпадением значительных



атмосферных осадков в отдельные дни. В третьей декаде мая средняя температура воздуха была выше климатической нормы, а осадков выпало, наоборот, меньше обычного. Таким образом, в целом май месяц оказался теплее обычного на +3,2 °С и засушливым, так как фактическое количество осадков составило лишь 42 % среднегодовой нормы.

Первая декада июня оказалась холоднее третьей декады мая на 5,0 °С и

Таблица 8 - Метеоданные за вегетационный период 2016 г. (метеорологический пост Казанского ГАУ «Ферма-2»)

Месяц, декада	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
	норма	факт.	в % к норме	норма	факт.	в % к норме
Май						
I		+3,5			2,4	
II		+13,2			7	
III		+19,4			6,9	
за месяц	+12,1	+15,3	126,4	39	16,3	41,8
Июнь						
I		+14,4			19,8	
II		+20,6			13,9	
III		+20,3			3,0	
за месяц	+16,7	+18,4	110,2	56	36,7	65,5
Июль						
I		+20,9			17	
II		+22,3			2,1	
III		+23,9			0	
за месяц	+19,0	+22,4	117,9	59	19,1	32,4
Август						
I		+25,0			35,3	
II		25,7			0,8	
III		+21,3			6,8	
за месяц	+17,0	+24,0	141,2	53	42,9	80,9
Сентябрь						
I		+13,1			44,3	
II		+9,8			37,6	
III		+11,1			20,3	
за месяц	+10,6	+11,3	106,6	50	102,2	204,4
За май - сентябрь	+15,1	+18,3	121,2	257	217,2	84,5

запомнилась дождливой погодой. За первую декаду осадков выпало больше, чем последующие две декады. Последующие две декады июня характеризовались теплыми днями и малым количеством осадков, особенно засушливым оказалась третья декада, когда выпало всего 3 мм осадков. В целом, погода в июне в значительной мере напоминала погоду мая: недостаточное количество осадков (65 % от нормы) сопровождалось превышением среднемноголетней температуры воздуха на +1,7 °С. Несмотря на дефицит влаги, для роста и развития проса и других сельскохозяйственных культур в июне складывались неплохие условия.

Начало июля благоприятствовало развитию большинства сельскохозяйственных культур, так как в первой декаде наблюдалась умеренно теплая погода (средняя температура воздуха +20,9 °С), которая сопровождалась осадками, количество которых были близкими к климатической норме. Однако в дальнейшем установилась жаркая засушливая погода, которая продолжалась до конца июля. Особенно засушливым оказалась третья декада, когда осадков вообще не было. За июль выпало лишь 32,4 % месячной нормы, а средняя температура воздуха за этот же период превышала климатическую норму на +3,4 °С. В этих условиях ускорилось созревание проса, что, к сожалению, привело к снижению урожайности.

В первой декаде августа установилась теплая и влажная погода, за счет выпавших атмосферных осадков, однако это уже не повлияло на продуктивность ранних яровых культур, а, наоборот, кое-где затрудняло уборку урожая указанных культур. Правда для поздних культур такая погода, безусловно, оказало благоприятное влияние, как на рост, так и на развитие. Последующие две декады, особенно вторая, характеризовались малым количеством атмосферных осадков при высокой температуре воздуха. Среднемесячная температура воздуха в августе превышала климатическую норму на +7,0°С, что привело недобору урожая многих сельскохозяйственных культур.

В сентябре, с самого начала месяца, установилась дождливая погода, что затрудняло уборку урожая сельскохозяйственных культур и привело к

значительным потерям урожая. Количество выпавших осадков в сентябре превышали среднегодовую норму более чем в два раза.

Годы исследования по благоприятности метеорологических условий вегетационного периода для роста и развития испытанных сельскохозяйственных культур можно расположить в следующий убывающий ряд: 2015>2016>2014>2013.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1 Распределение нефти по почвенному профилю в условиях преднамеренного загрязнения

Для установления степени загрязнения почвы недостаточно определение массовой доли загрязняющего вещества в почве. Для объективной оценки уровня загрязнения почвы теми или иными токсикантами, особенно жидкими, помимо массовой доли поллютантов в почве, важным показателем представляется глубина их проникновения в почвенную толщу.

На рисунке 6 представлены данные, характеризующие распределение нефти по профилю серой лесной почвы, искусственно загрязненной с поверхности разливом различных доз товарной нефти. Почвенные образцы были взяты из слоев 0-15; 15-30; 30-45; 45-60; 60-80 и 80-100 см спустя 16 дней после преднамеренного загрязнения. В данном случае применительно к образцам данной почвы мы используем термин «свежезагрязненная» почва.

Глубина проникновения нефтяных веществ в почву, в зависимости от дозы нефти, колебалась от 30 до 60 см. Обнаружилась тесная прямая зависимость между дозами нефти и глубиной проникновения: если минимальная доза (12,5 л/м<sup>2</sup>) нефти проникла на глубину 30 см, то средняя (25,0 л/м<sup>2</sup>) и максимальная (50,0 л/м<sup>2</sup>) дозы соответственно до 45 и 60 см.

Независимо от дозы нефти, в свежезагрязненной почве максимальное количество нефти обнаружилось в верхнем 0-15 см слое серой лесной почвы. Так, в случае загрязнения почвы минимальной дозой нефти в верхнем 0-15 см слое почвы обнаружилось 25400 мг/кг нефтяных веществ, что в 2,15 раза больше, чем в слое 15-30 см (11800 мг/кг).

Примерно такая же картина наблюдалась на делянках опыта, получивших более высокие дозы нефти. Например, в верхнем 0-15 см слое почвы, загрязненной

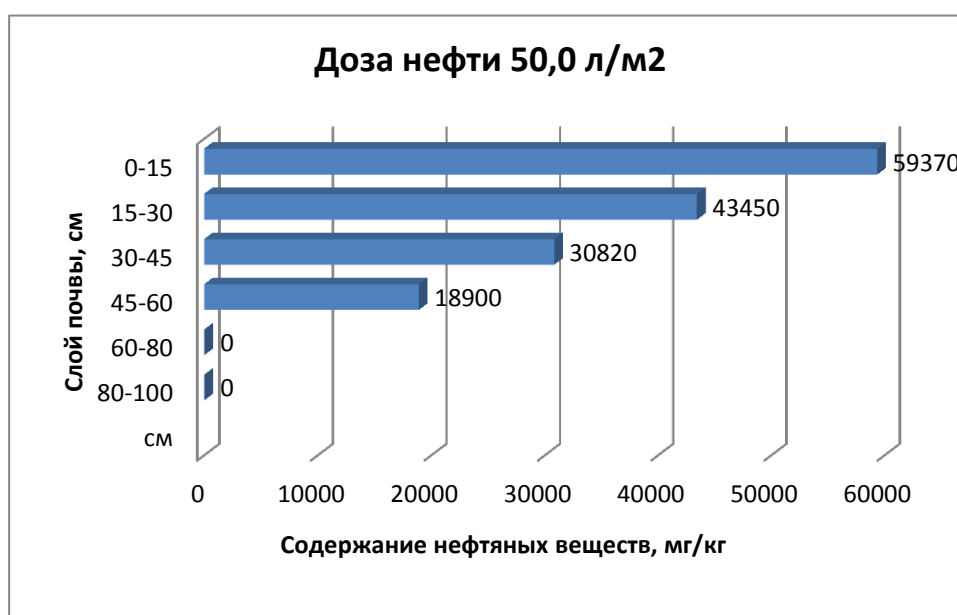
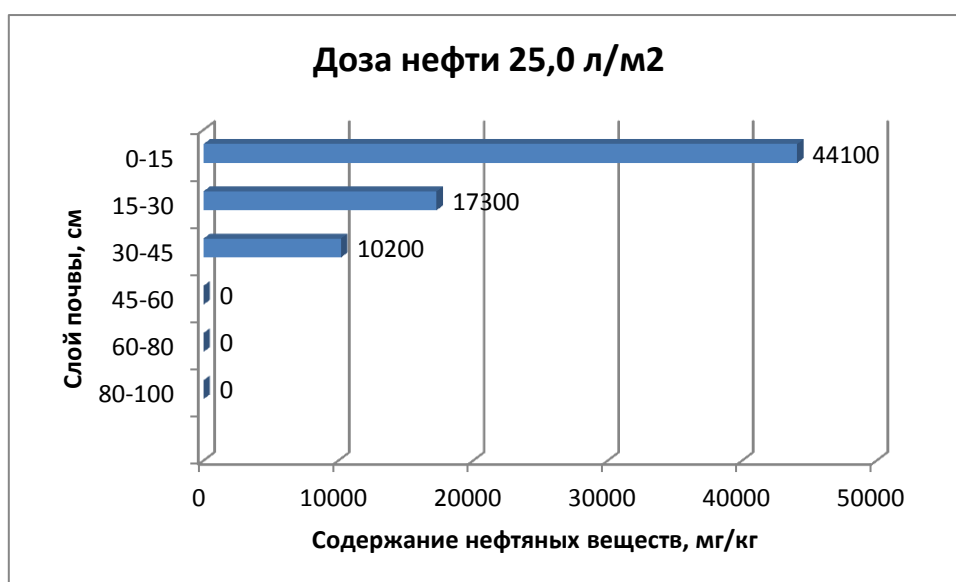
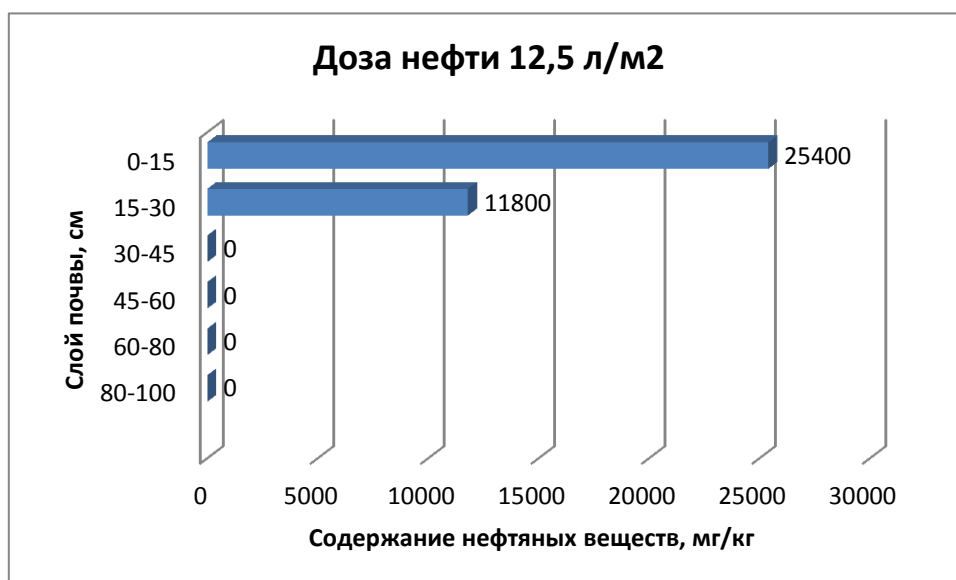


Рисунок 6 - Распределение нефти по профилю свежезагрязненной почвы в зависимости от уровня загрязнения (МПО № 2, 2014 г.)

из расчета 25 л/м<sup>2</sup> нефти, концентрация нефтяных веществ (44100 мг/кг) была в 2,55 раза больше, чем в нижележащем 15-30 см горизонте (17300 мг/кг). Минимальное количество нефтяных веществ обнаружилось на максимальной глубине их проникновения. В частности, в 30-45 см слое почвы, загрязненной второй дозой (25 л/м<sup>2</sup>), содержание нефтяных веществ было в 4,32 раза меньше, чем в верхнем 0-15 см слое.

Аналогичным образом произошло распределение нефтяных веществ по почвенному профилю и при загрязнении почвы максимальной дозой нефти (50 л/м<sup>2</sup>). Как уже отмечалось, нефтяные вещества в данном случае проникли до горизонта 45-60 см. Если минимальное количество нефтяных веществ, обнаруженных в слое 45-60 см (18900 мг/кг), брать за единицу, то вышерасположенных слоях 30-45; 15-30 и 0-15 см нефтяных веществ было обнаружено соответственно в 1,63; 2,30 и 3,14 раза больше.

Таким образом, при всех дозах нефти в свежезагрязненной серой лесной почве распределение нефтяных веществ по профилю напоминает, по аналогии с распределением элементов в растениях, так называемый базипетальный градиент распределения: чем выше расположен горизонт почвы, тем больше в нем задерживается нефтяных веществ.

Результаты анализа почвенных образцов, отобранных через год после загрязнения, представлены на рисунке 7. Они свидетельствуют о том, что за истекший после загрязнения год нефтяные вещества в более глубокие горизонты почвы не проникали, а остались в тех же слоях почвы, где они были обнаружены через 16 дней после загрязнения. При внесении нефти в минимальной, средней и максимальной дозах нефтяные вещества обнаружились в слоях почвы соответственно 0-30, 0-45 и 0-60 см. Во всех слоях почвы произошли заметные количественные изменения содержания нефтяных веществ: существенное уменьшение в верхних слоях и менее заметное увеличение в слоях ниже 30 см. В целом, в течение первого года после загрязнения, в нефтезагрязненной толще почв при всех испытанных уровнях загрязнения произошло уменьшение концентрации нефтяных веществ, о чем красноречиво говорят данные таблицы 9.

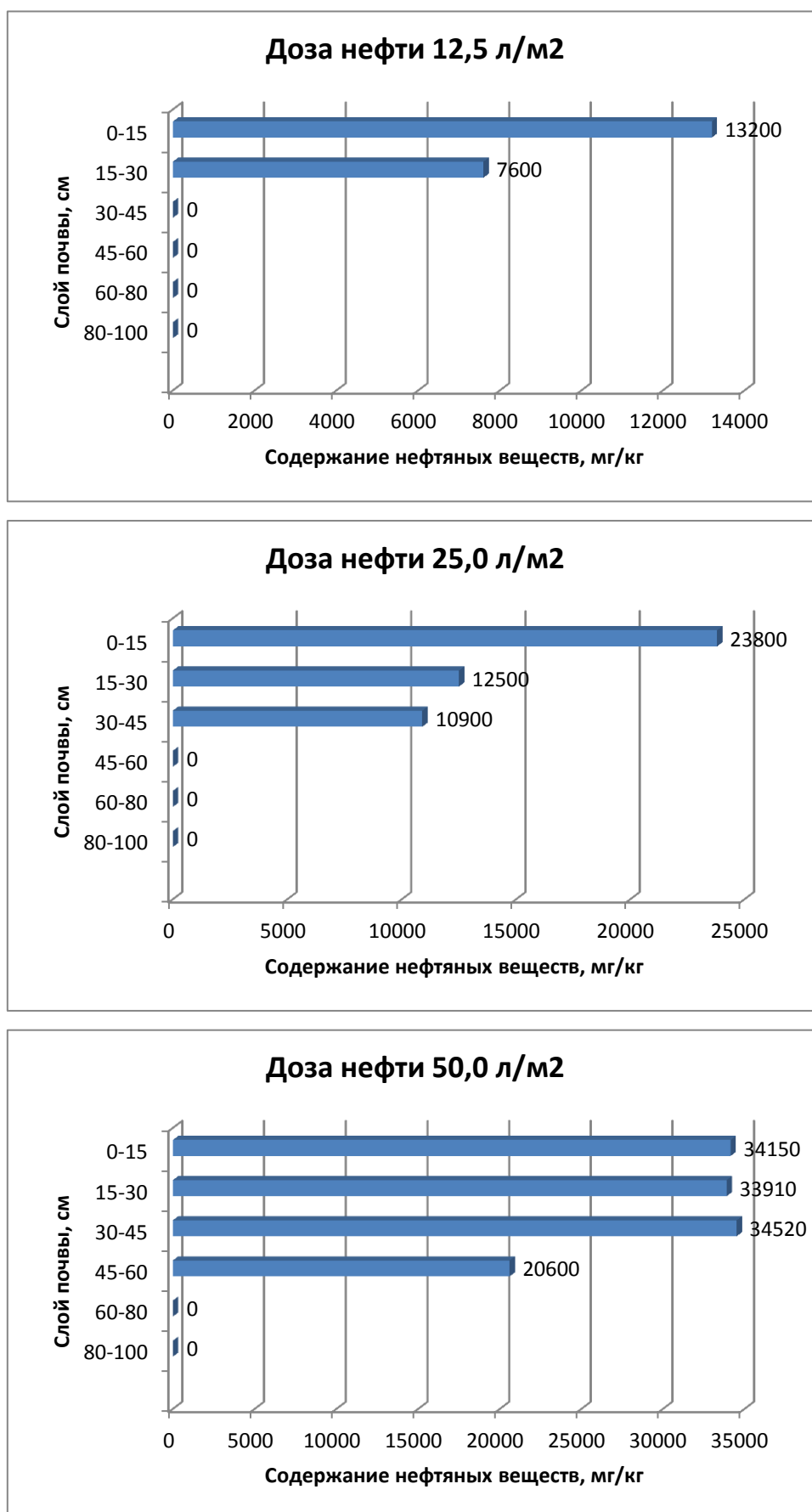


Рисунок 7 - Распределение нефти по профилю почвы одногодичной давности загрязнения (МпО № 2, 2015 г.)

Таблица 9 – Изменение содержания нефтяных веществ в почвенном профиле в течение одного года после загрязнения(МпО № 2)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Изменение содержания нефтяных веществ за 365 дней				
	0-15 см	15-30 см	30-45 см	45-60 см	60-80 см
12,5	$\frac{-12200 *}{48}$	$\frac{-4200}{36}$	-	-	-
25,0	$\frac{-20300}{46}$	$\frac{-4800}{28}$	$\frac{+700}{7}$	-	-
50,0	$\frac{-25220}{42}$	$\frac{-9540}{22}$	$\frac{+3700}{12}$	$\frac{+1700}{9}$	-

Прим.: \*- в числителе в мг/кг почвы, в знаменателе – в процентах к исходному содержанию в 2014 г.

Максимальное уменьшение содержания нефтяных веществ обнаружилось в верхнем 0-15 см слое: в зависимости от доз нефти убыль её составила 42-48 % от исходного содержания. Абсолютные величины убыли нефтяных веществ в этом слое колебались от 12200 до 25220 мг/кг почвы, причем обнаружилась достаточно заметная положительная зависимость между дозой нефти и убылью нефтяных веществ.

Уменьшение концентрации нефтяных веществ из нижележащего 15-30 см слоя за указанный период составило 4200-9540 мг/кг или 36-22 % от уровня свежезагрязненной почвы. Как видно, относительная убыль нефтяных веществ (в процентах от исходного) из данного горизонта почвы оказалась в 1,33-1,91 раза меньше таковой из верхнего слоя (0-15 см).

Обнаруженное уменьшение нефтяных веществ в верхних слоях почвы за первый год после загрязнения происходило, возможно, благодаря естественным процессам улетучивания легких фракции, химического и биологического окисления углеводородов нефти, а также продвижения их нижележащие слои за счет гравитационных сил и вымывания, о чем сообщают многие исследователи (Пиковский, 1983; Никифорова, 1989; Киреева, 1994; Солнцева, 1998 и др.). Более



интенсивное элиминирование нефтяных веществ из самого верхнего слоя (0-15 см), чем из нижележащего 15-30 см, обуславливается, видимо, тем, что в верхнем слое складываются аэробные условия, благоприятствующие испарению, химическому и биологическому окислению углеводородов нефти.

В слоях почвы ниже 30 см в течение первого года уменьшение нефтяных веществ не только не происходило, наоборот, обнаружилось повышение их концентрации. В случае внесения  $25 \text{ л/м}^2$  нефти в слое 30-45 см концентрация нефтяных веществ увеличилась на  $700 \text{ мг/кг}$ , что составило  $7 \%$  к уровню их концентрации в свежезагрязненной почве. Более значимое возрастание концентрации нефтяных веществ произошло в случае внесения максимальной дозы нефти. По сравнению с концентрацией нефтяных веществ годичной давности, в слоях 30-45 и 45-60 см содержание нефтяных веществ повысилось соответственно на  $3700$  и  $1700 \text{ мг/кг}$  почвы. Обнаруженное повышение концентрации нефтяных веществ в нижележащих слоях, возможно, обусловлено резким торможением естественных процессов деградации нефтяных веществ в анаэробных условиях и притоком их из верхних горизонтов почвы за счет гравитационных сил.

Таким образом, глубина проникновения нефтяных веществ в толщу серой лесной почвы обуславливалась дозой нефти и при испытанных её дозах  $12,5$ ;  $25$  и  $50 \text{ л/м}^2$  составила соответственно  $30$ ,  $45$  и  $60 \text{ см}$ . Минимальное количество нефтяных веществ в оба срока наблюдения (через  $16$  и  $365$  дней после загрязнения) обнаружилось на максимальной глубине их проникновения. Глубина расположения горизонта почвы, содержащий максимальное количество нефтяных веществ, зависела от дозы нефти и давности загрязнения. Если в свежезагрязненной почве независимо от доз нефти максимальное количество нефти обнаружилось в верхнем  $0-15 \text{ см}$  слое, то через год после загрязнения максимальной дозой ( $50 \text{ л/м}^2$ ) наибольшее количество нефтяных веществ обнаружилось в слое  $30-45 \text{ см}$ . В течение первого года после загрязнения из слоев  $0-15$  и  $15-30 \text{ см}$  элиминировалась соответственно  $42-48$  и  $22-36 \%$  исходного

количества нефтяных веществ, в то время как в нижележащих слоях происходило возрастание их концентрации на 7-12 %.

### **3.2 Трансформация агрохимических свойств серой лесной почвы под действием товарной нефти**

#### ***3.2.1 Динамика изменения поглонительных свойств и питательного режима серой лесной почвы***

Для понимания причин фитотоксичности загрязненных почв необходимым условием представляется изучение их агрохимических свойств, во многом определяющих продуктивность растений. Важнейшими показателями плодородия почв представляются агрохимические свойства, основными из которых являются емкость катионного обмена, кислотно-основные свойства, содержание подвижных форм питательных элементов, соотношение азота к углероду (Минеев, 2004).

На рисунках 8-10 и в приложениях 1 и 2 иллюстрируется характер влияния нефтяного загрязнения, происшедшего 16 дней тому назад и обозначенное нами как свежее загрязнение, на основные агрохимические свойства серой лесной почвы.

Емкость катионного обмена (ЕКО) и гидролитическая кислотность ( $H_T$ ) на незагрязненной почве равнялись соответственно 21,6 и 4,4 ммоль/100 г. (приложение 1). Под влиянием испытанных доз нефти (12,5-50 л/м<sup>2</sup>) емкость катионного обмена снизилась на 18-39 %. Снижение ЕКО почвы от нефтяного загрязнения было тем больше, чем больше испытанная доза нефти. Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) величины ЕКО от доз нефти равнялся 0,9223, что указывает на наличие тесной отрицательной зависимости между этими показателями.

Снижение гидролитической кислотности под действием нефтяного загрязнения составило 16-27 %, то есть было чуть слабее, чем снижение емкости катионного обмена. Несмотря на это теснота корреляции этого показателя от возрастающих доз нефти оказалась достаточно тесной ( $R^2=0,8122$ ).

На наш взгляд, снижение емкости катионного обмена и гидролитической

кислотности связано не столько с уменьшением количества поглощенных катионов, сколько с утратой их способности обмениваться благодаря

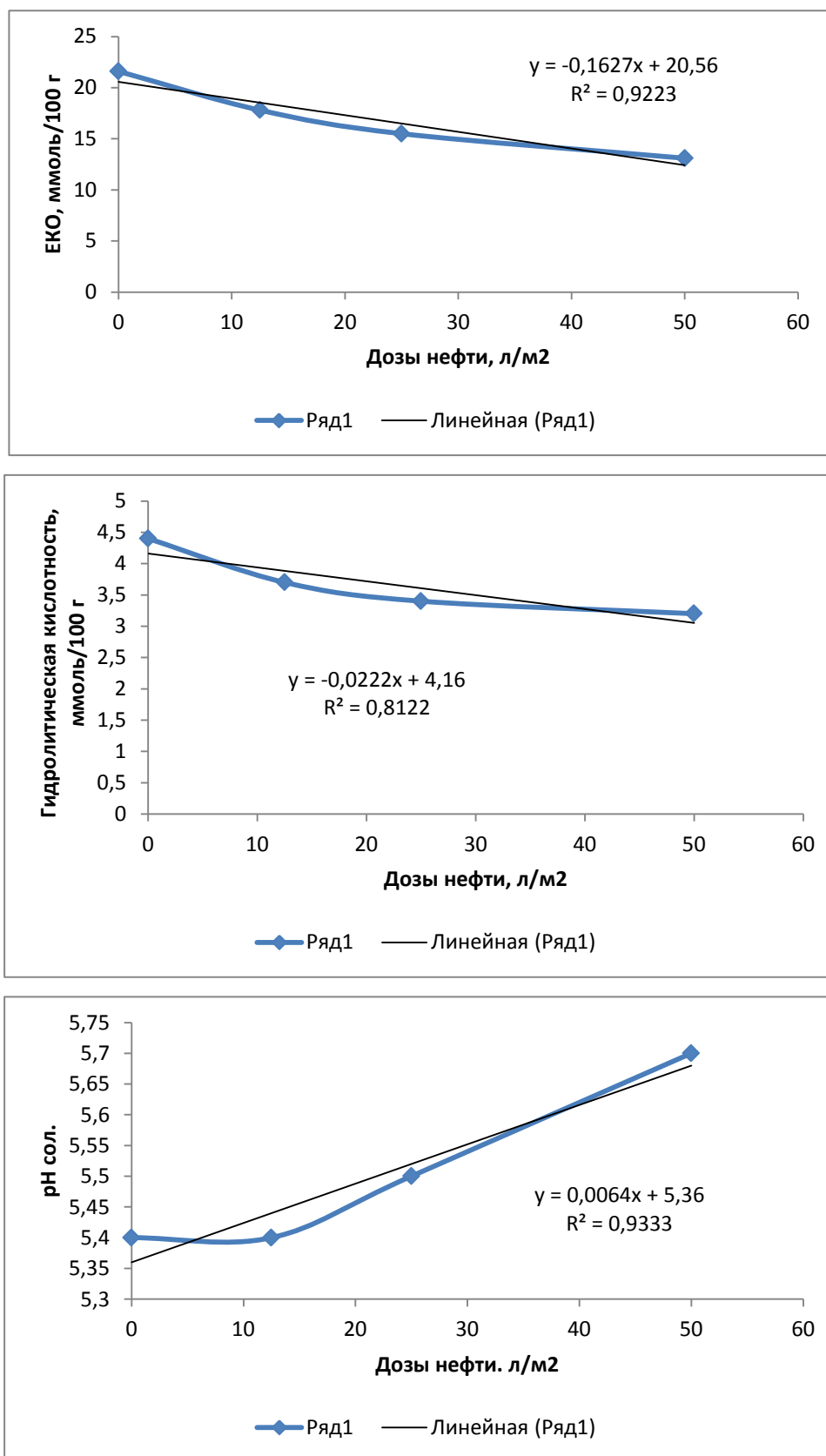


Рисунок 8 - Влияние свежего нефтяного загрязнения на поглотительные и кислотно-основные свойства серой лесной почвы (МПО № 2)

обволакиванию почвенных коллоидов нефтяной пленкой. Такое явление ранее было установлено при загрязнении черноземных почв (Гилязов, Гайсин, 2003). Кроме того, снижение гидролитической кислотности возможно связано с нейтральной или слабощелочной реакцией самой нефти. Именно об этом свидетельствует изменение обменной кислотности под действием товарной нефти. Величина рН солевой вытяжки под влиянием максимальной дозы нефти возросла на 0,3 условной единицы, и почва от слабокислой категории перешла в группу «близкая к нейтральной». В отличие от ЕКО и  $H_r$ , величина обменной кислотности статистически достоверно снизилась только от максимальной дозы нефти, а от первых двух доз нефти (12,5 и 25 л/м<sup>2</sup>) данный показатель существенно не отличалась от контроля. Но, в целом, линия тренда изменения величины рН солевой вытяжки показывает наличие положительной зависимости данного показателя нефтезагрязненной серой лесной почвы от испытанных доз нефти ( $R^2=0,9333$ ).

Определенные изменения под действием возрастающих доз нефти произошли в содержании доступных форм основных питательных макроэлементов – азота, фосфора и калия (рис. 9, приложение 1). В фоновой почве содержание щелочногидролизуемого азота по Корнфилду, подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову составило соответственно 158, 126 и 121 мг/кг, что соответствует, согласно (Методические указания..., 2003), средней (N) и повышенной обеспеченности (PK) почвы данными макроэлементами.

Информация о характере действия нефти и нефтепродуктов на содержание подвижных форм фосфора и калия почв противоречивая, если некоторые зарубежные исследователи сообщают об отсутствии существенного уменьшения содержания фосфора и калия в загрязненных почвах (Udo, Faymi, 1975; Sextone, Atlas, 1977), то отечественные исследователи утверждают обратное (Тишкина, 1989). В нашем эксперименте загрязнение серой лесной почвы нефтью приводило к уменьшению содержания подвижных форм всех трех питательных элементов. Особенно заметным было уменьшение в нефтезагрязненной почве содержания щелочногидролизуемого азота. Так, если от максимальной дозы

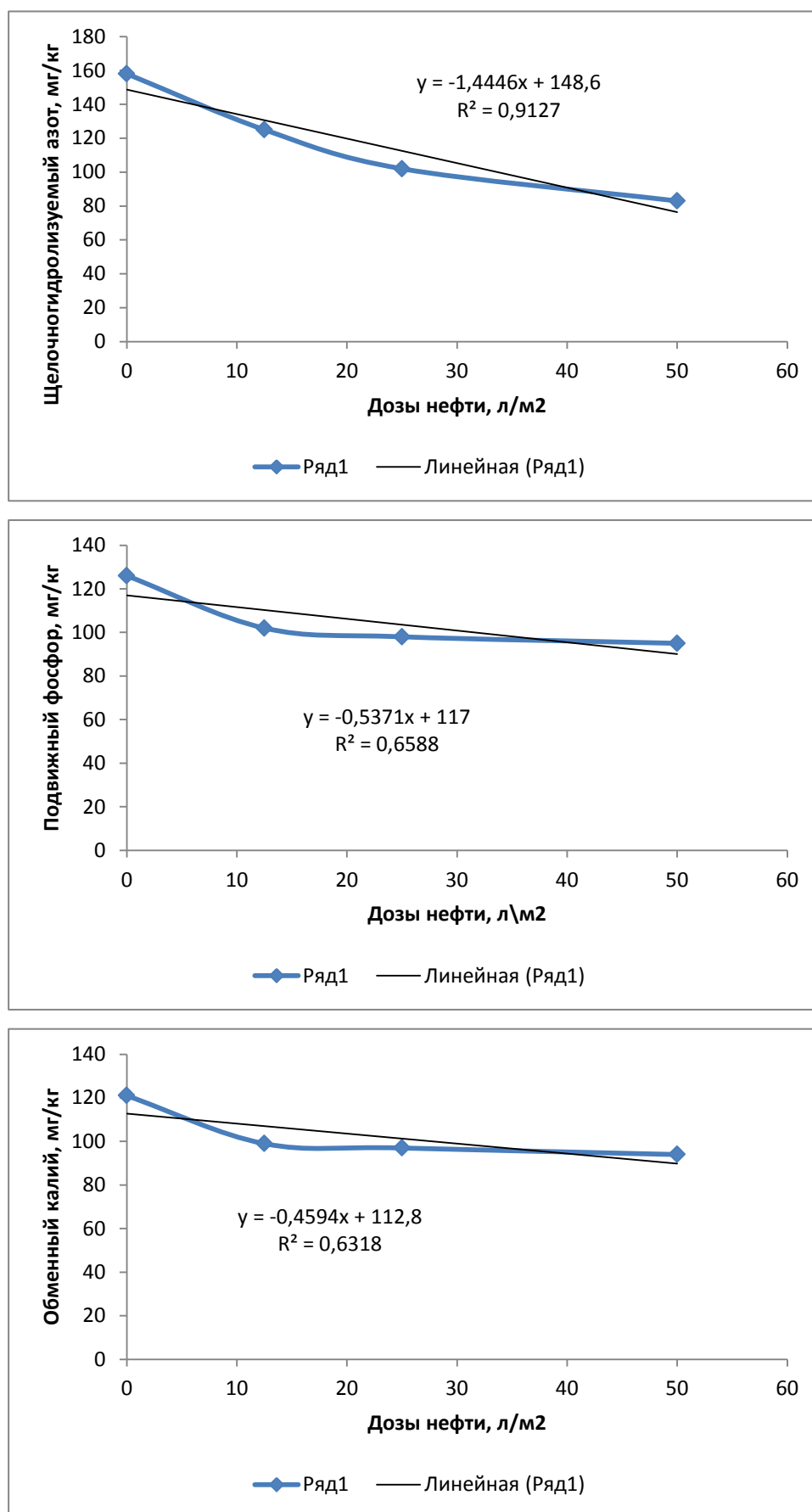


Рисунок 9 - Влияние свежего нефтяного загрязнения на содержание подвижных форм макроэлементов в серой лесной почве (МпО № 2)

нефти содержание щелочногидролизуемого азота уменьшилось, по сравнению с контролем, на 47 %, то содержание подвижных форм фосфора и калия – на 25 и 22 %.

Более рельефное негативное влияние возрастающих доз нефти на содержание щелочногидролизуемого азота, нежели на содержание подвижных форм фосфора и калия, нашло свое подтверждение и в тесноте корреляционной связи. Если коэффициент детерминации ( $R^2$ ) содержания щелочногидролизуемого азота от испытанных доз нефти равнялся 0,9127, то аналогичные коэффициенты для подвижных форм калия и фосфора составили соответственно только 0,6318 и 0,6588. Следует также отметить, что возрастание доз нефти не приводило к пропорциональному снижению содержания подвижных форм фосфора и калия, как это наблюдалось в отношении щелочногидролизуемого азота. На наш взгляд, обнаруженное снижение содержания подвижных форм питательных веществ почвы от нефтяного загрязнения обуславливается, в первую очередь, обволакиванием почвенных частиц нефтяной пленкой, затрудняющей переход питательных элементов в почвенный раствор.

Среди изученных агрохимических показателей серной лесной почвы особенно заметно изменилось под действием нефтяного загрязнения содержание общего углерода (рис. 10, приложение 1). Обнаружилось, отмеченное многими исследователями (Гилязов, 1980; Тишкина, 1989; Габбасова и др., 1997; Оборин и др., 2008), резкое увеличение содержания общего углерода, причем в тесной зависимости от возрастающих доз нефти. Так, если, содержание углерода в незагрязненной почве (контроль) равнялось 1,67 %, то в вариантах внесения 12,5; 25 и 50 л/м<sup>2</sup> нефти оно составило соответственно до 3,73; 6,04 и 9,89 %, то есть по отношению к контролю возросло в 2,23; 3,62 и 5,92 раза. Такой рост углерода, возможно, объясняется тем, что нефть, представляющая собой смесь углеводородов, содержит около 82-87 % углерода. Графическое изображение зависимости содержания общего углерода в почве от испытанных доз нефти демонстрирует наличие тесной положительной линейной корреляции между этими двумя показателями и подтверждается величиной коэффициента

детерминации ( $R^2=0,9987$ ).

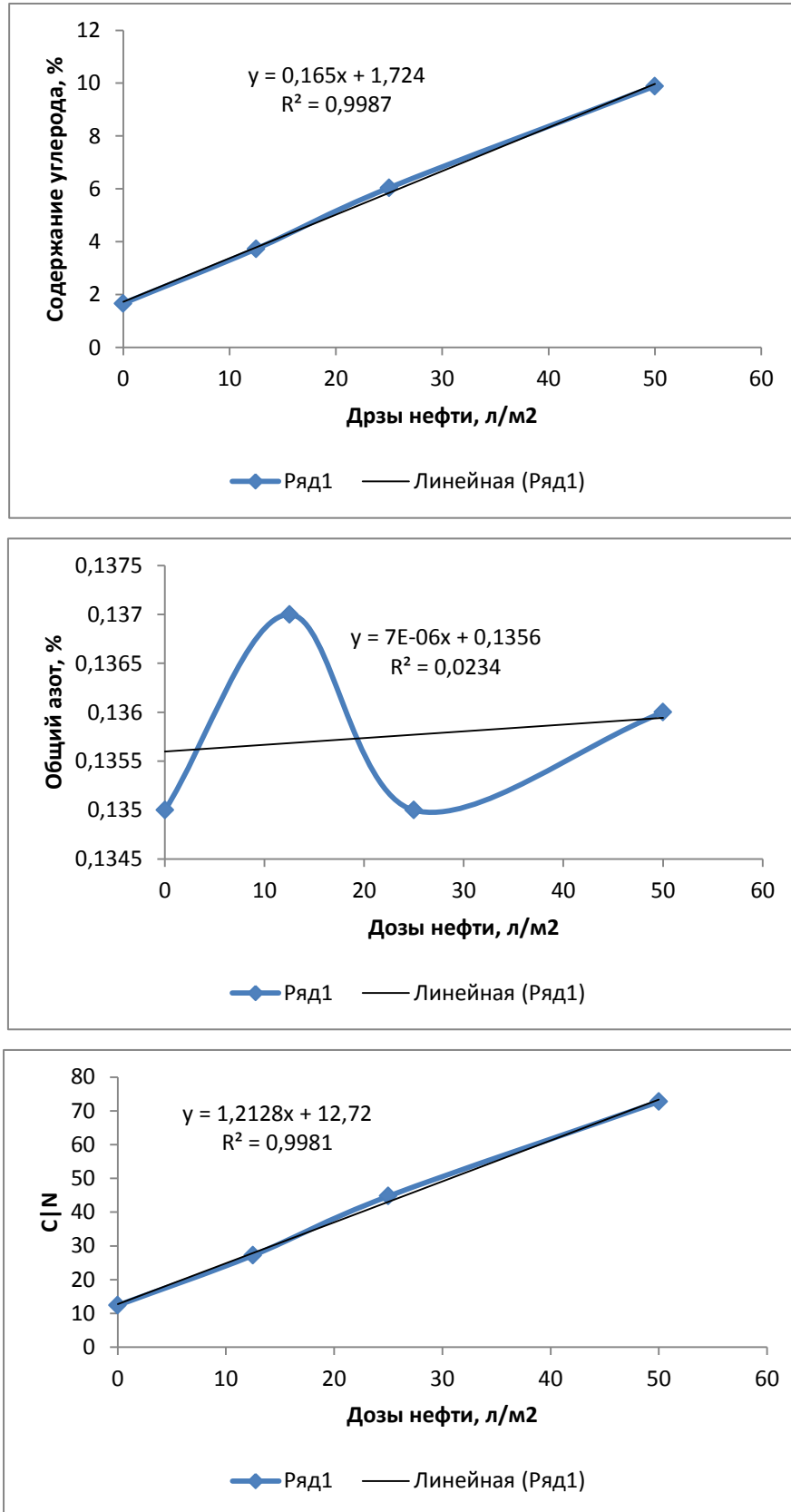


Рисунок 10 - Влияние свежего нефтяного загрязнения на содержание общего углерода и азота в серой лесной почве (МПО № 2)

Независимо от доз внесения нефти, содержание общего азота в почве статистически достоверно не изменилось. На этом фоне, отмеченное вышеувеличение количества углерода при практической неизменности содержания азота в почве приводило к расширению соотношения между азотом и углеродом. Направленность и масштабы изменения соотношения C:N оказались пропорциональными повышению содержания углерода. Соотношение C:N под действием испытанных доз нефти возросло соответственно в 2,19; 3,60 и 5,86 раза.

Таким образом, под действием свежего нефтяного загрязнения в серой лесной почве резко увеличилось содержание общего углерода, снизилась емкость катионного обмена, гидролитическая кислотность, содержание подвижных форм азота, фосфора и калия. Следовательно, среди изученных агрохимических показателей действие свежего нефтяного загрязнения особенно рельефно проявилось в увеличении углерода и расширении соотношения между азотом и углеродом.

Характер действия различных уровней старого нефтяного загрязнения десятилетней давности на основные агрохимические свойства пахотного слоя серой лесной почвы представлен в таблице 10 и приложениях 3, 4.

«Старая» нефтезагрязненная почва наиболее существенно отличалась от контрольной почвы по содержанию общего углерода. Положительная линейная зависимость содержания углерода от исходного уровня нефтяного загрязнения описывалась уравнением:

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

где  $Y$  – содержание общего углерода в процентах;

$x$  – доза нефти, л/м<sup>2</sup>.

Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) содержания общего углерода от исходного уровня нефтяного загрязнения равнялся 0,958, что указывает на наличие весьма тесной зависимости между этими двумя переменными. В зависимости от исходного уровня нефтяного загрязнения (10, 20, 40 л/м<sup>2</sup>), в старозагрязненной



Таблица 10 - Влияние старого нефтяного загрязнения десятилетней давности\* на некоторые агрохимические свойства серой лесной почвы

(МпО № 1, 2014 г.)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Углерод, %	Азот, %	С/Н	ЕКО	Нг	рН <sub>сол.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N <sub>щ</sub> **
				ммоль/100 г			мг/кг		
0	$\frac{1,69***}{100}$	$\frac{0,13}{100}$	$\frac{13,0}{100}$	$\frac{20,8}{100}$	$\frac{4,6}{100}$	$\frac{5,4}{100}$	$\frac{126}{100}$	$\frac{123}{100}$	$\frac{164}{100}$
10	$\frac{1,76}{104}$	$\frac{0,14}{108}$	$\frac{12,8}{98}$	$\frac{20,7}{100}$	$\frac{4,7}{102}$	$\frac{5,4}{100}$	$\frac{125}{99}$	$\frac{124}{101}$	$\frac{166}{101}$
20	$\frac{1,88}{111}$	$\frac{0,13}{100}$	$\frac{14,5}{112}$	$\frac{19,3}{93}$	$\frac{4,6}{100}$	$\frac{5,4}{100}$	$\frac{127}{101}$	$\frac{123}{100}$	$\frac{165}{101}$
40	$\frac{2,28}{135}$	$\frac{0,13}{100}$	$\frac{17,5}{135}$	$\frac{18,9}{91}$	$\frac{4,3}{93}$	$\frac{5,4}{100}$	$\frac{120}{95}$	$\frac{118}{96}$	$\frac{164}{100}$
НСР <sub>05</sub>	0,08	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	-	1,2	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	5	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>

Прим.: \* - загрязнение почвы проведено 05.05.2004 года;

\*\* - щелочногидролизуемый азот по Корнфилду;

\*\*\* - в процентах по отношению к незагрязненной почве.

почве содержание углерода превышало фоновое содержание соответственно в 1,04; 1,11 и 1,35 раза.

Старое нефтяное загрязнение на содержание общего азота почвы статистически достоверного влияния не оказало, в связи с чем соотношение азота к углероду расширилось от 1: 13,0 (незагрязненная почва) до 1: 17,5 (сильнозагрязненная почва).

Изменения других агрохимических показателей (емкость катионного обмена; гидролитическая кислотность; содержание подвижных форм азота, фосфора и калия) нефтезагрязненных почв оказались относительно небольшими и в основном были характерны для сильнозагрязненной почвы. Так, емкость катионного обмена средне- и сильнозагрязненных почв снизилась с 20,8

ммоль/100 г (фоновая почва) соответственно до 19,3 и 18,9 ммоль/100 г.

Достоверное снижение гидролитической кислотности, содержания подвижных форм фосфора и калия обнаружилось только от максимальной дозы нефти (40 л/м<sup>2</sup>).

Величина рН солевой вытяжки во всех вариантах опыта оказалась одинаковой (5,4), следовательно, по истечении десяти лет после загрязнения ни одна доза нефти не проявилась в данном показателе серой лесной почвы.

В почвах, загрязненных нефтью из расчета 10 и 20 л/м<sup>2</sup>, содержание щелочногидролизуемого азота было чуть выше контрольного уровня, однако данное превышение математически недоказуемо.

Таким образом, слабозагрязненная (10 л/м<sup>2</sup>) серая лесная почва десятилетней давности загрязнения существенно не отличалась от незагрязненного аналога ни по одному агрохимическому показателю. Отличие почвы, загрязненной второй дозой нефти (20 л/м<sup>2</sup>), от контрольной почвы через десять лет после загрязнения состояло лишь в том, что в ней содержалось больше углерода и меньше обменных катионов. По истечении десяти лет после загрязнения в наибольшей степени от фоновой почвы отличалась почва, получившая максимальную дозу нефти (40 л/м<sup>2</sup>), которая характеризовалась меньшим содержанием подвижных форм фосфора и калия, меньшей емкостью катионного обмена, величиной гидролитической кислотности и повышенным содержанием общего углерода.

Забегая вперед, отметим, что на незагрязненной (контрольной) почве урожайность зерна ярового ячменя в 2014 году составила 206 г/м<sup>2</sup> (таблица 17). Под действием старого нефтяного загрязнения десятилетней давности урожайность, как основной, так и побочной продукции ячменя ощутимо снизилась при всех исходных уровнях загрязнения. Так, например, на делянках, получивших минимальную дозу нефти (10 л/м<sup>2</sup>), урожайность зерна снизилась на 13 %. Увеличение дозы нефти сопровождалось усилением угнетения растений и дальнейшим снижением продуктивности ярового ячменя: если от средней дозы нефти урожайность зерна понизилась на 40 %, то от максимальной дозы – на 72

%.

Следовательно, среди рассмотренных агрохимических параметров нефтезагрязненной почва десятилетней давности наиболее значимо выделяется повышенное содержание общего углерода. Сопоставляя размеры снижения урожайности ячменя и изменения агрохимических показателей нефтезагрязненной серой лесной почвы десятилетней давности, следует констатировать, что ухудшение агрохимических свойств от старого нефтяного загрязнения, оказалось сравнительно небольшим, что, на наш взгляд, нельзя считать обстоятельной причиной снижения продуктивности ярового ячменя.

Динамика изменения основных агрохимических параметров серой лесной почвы во времени в зависимости от исходного уровня нефтяного загрязнения показана на рисунках 11-16 и в приложениях 5, 6.

Динамика изменения основных агрохимических параметров нефтезагрязненной серой лесной почвы составлена на основании обобщения данных, полученных на первом стационарном опыте в 2004-2014 годах. Образцы почв для анализа были взяты из верхнего 0-30 см слоя через 15 дней (2004 г.), 2, 4, 6 и 10 лет после однократного загрязнения почвы нефти дозами 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup>.

Представленные коэффициенты детерминации и линии тренда зависимости изученных свойств нефтезагрязненной серой лесной почвы от давности загрязнения, на наш взгляд, прежде всего, демонстрируют их постепенное, хотя и медленное, приближение к значениям незагрязненной почвы. Другими словами, без каких-либо приемов рекультивации происходило медленное восстановление агрохимических параметров нефтезагрязненной почвы, что свидетельствует, на наш взгляд, о способности последней самоочищаться. В свою очередь, постепенное самоочищение возможно является результатом разрушения нефтяной пленки, обволакивающей почвенные частицы и затрудняющей обмен поглощенных катионов ППК с почвенным раствором.

Коэффициенты детерминации агрохимических показателей, за исключением гидролитической кислотности, от давности загрязнения почвы оказались минимальным на слабозагрязненной (10 л/м<sup>2</sup>) и максимальными

на сильнозагрязненной (40 л/м<sup>2</sup>) почве.

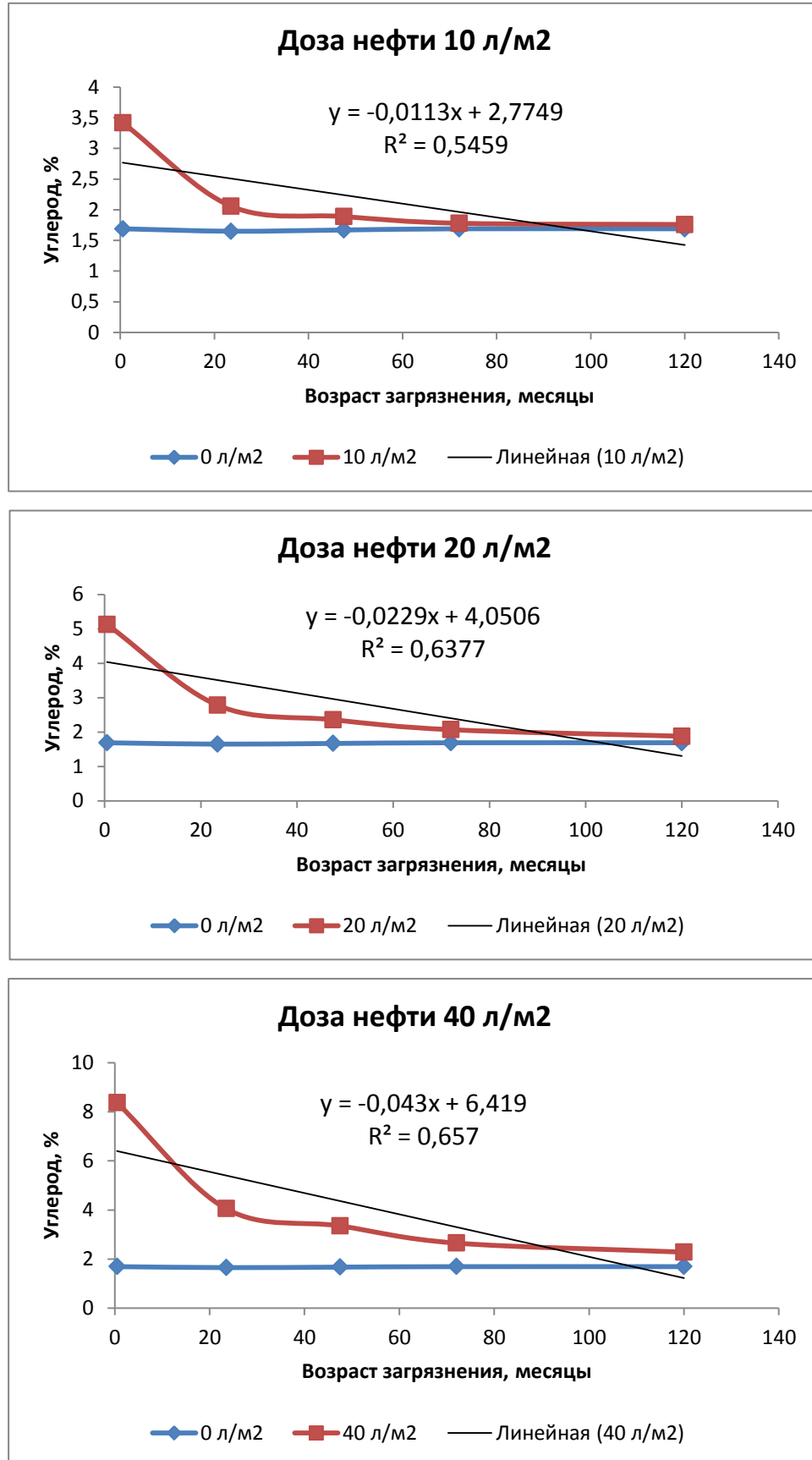


Рисунок 11 - Динамика содержания общего углерода в серой лесной почве при различных уровнях исходного нефтяного загрязнения (МПО № 1)

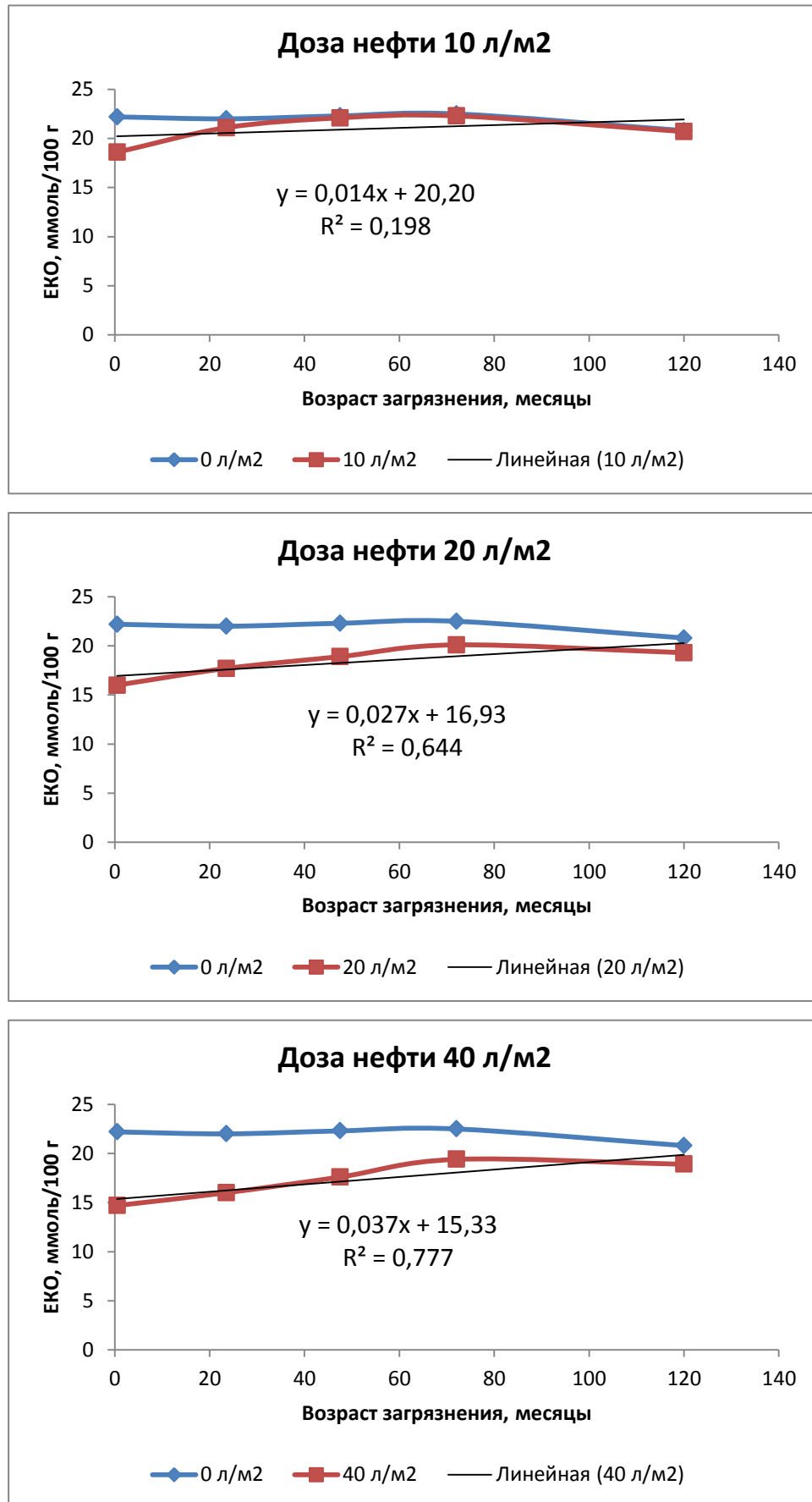


Рисунок 12 - Динамика емкости катионного обмена (ЕКО) серой лесной почвы при различных уровнях исходного нефтяного загрязнения (МПО № 1)

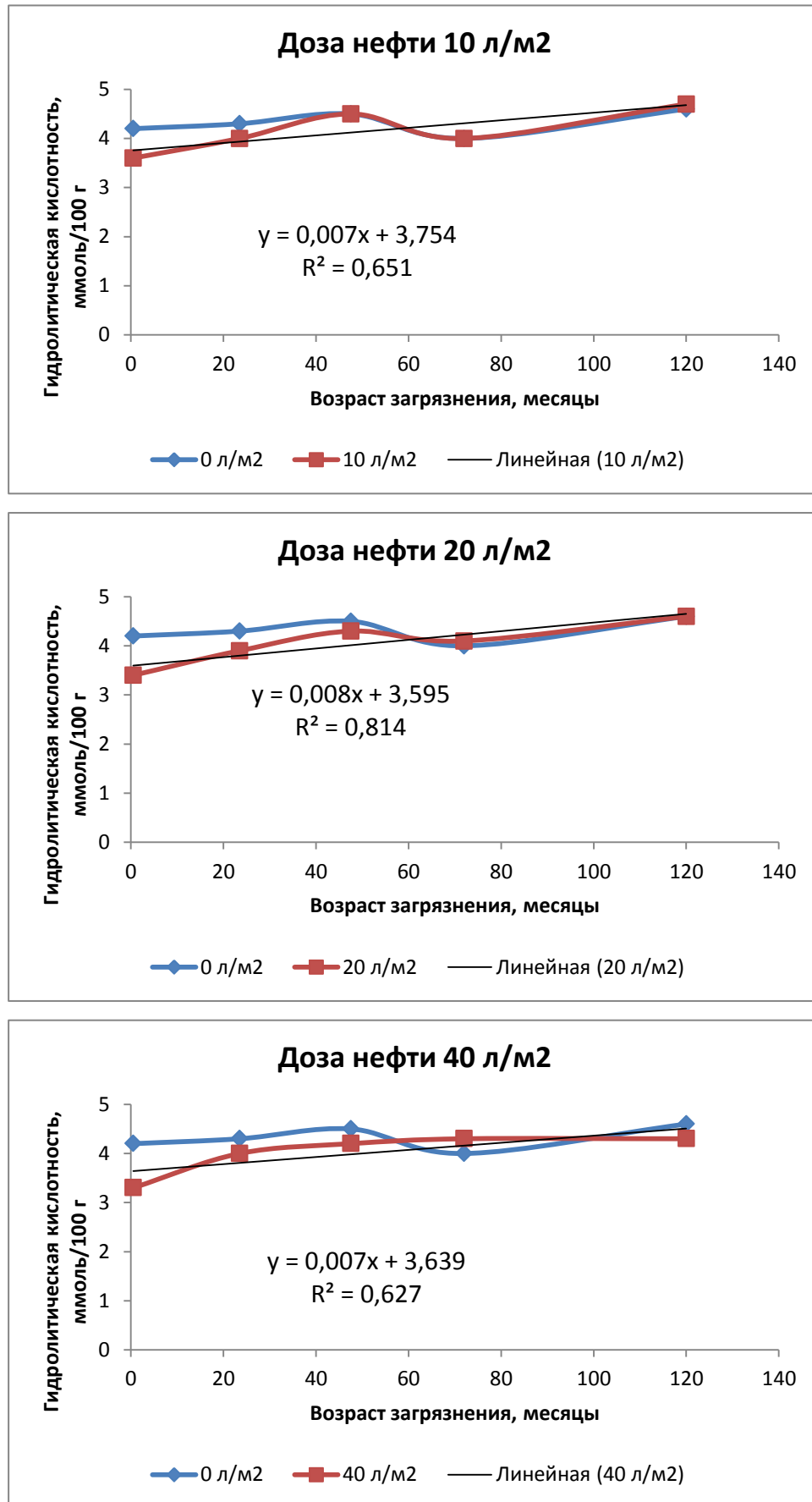


Рисунок 13 - Динамика гидролитической кислотности в серой лесной почве при различных уровнях исходного нефтяного загрязнения (МпО № 1)

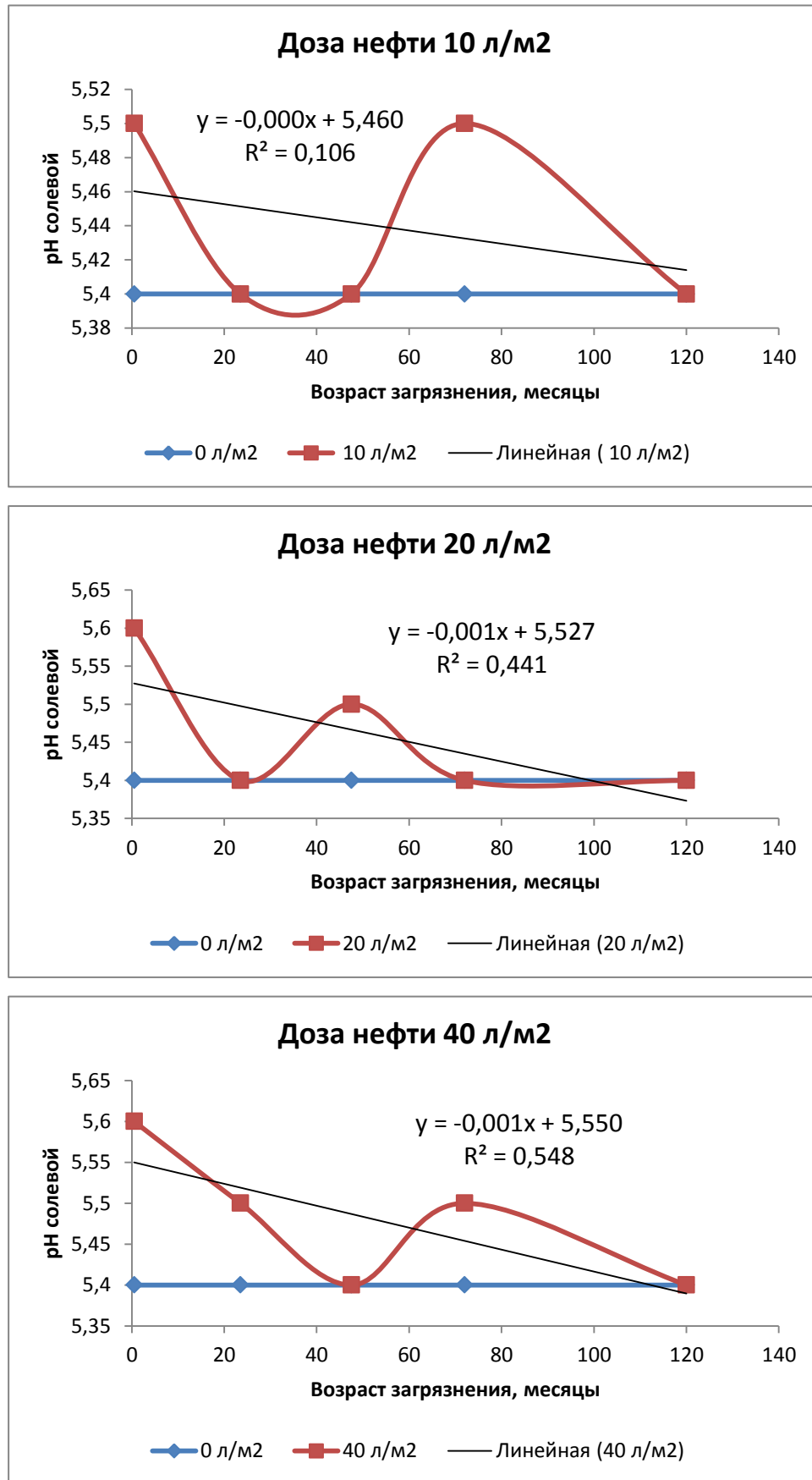


Рисунок 14 - Динамика величины рН солевой вытяжки в серой лесной почве при различных уровнях исходного нефтяного загрязнения (МпО № 1)

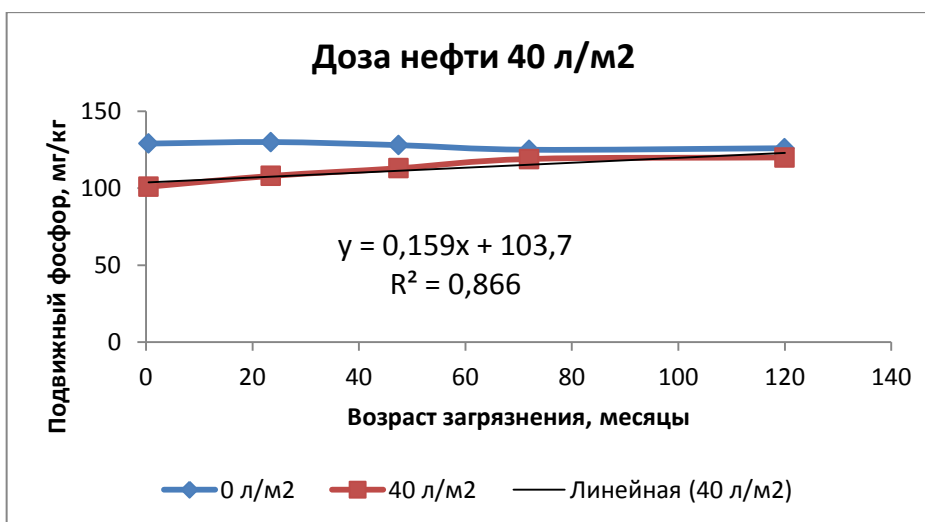
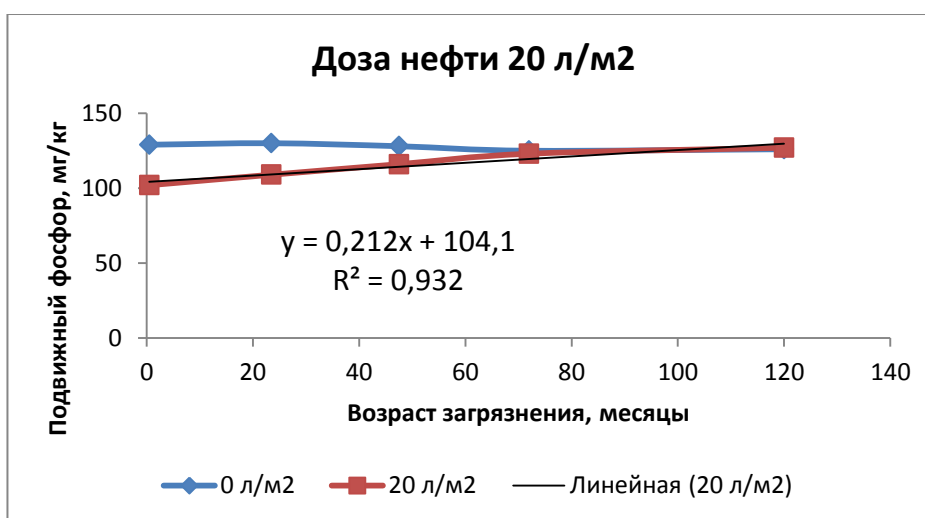
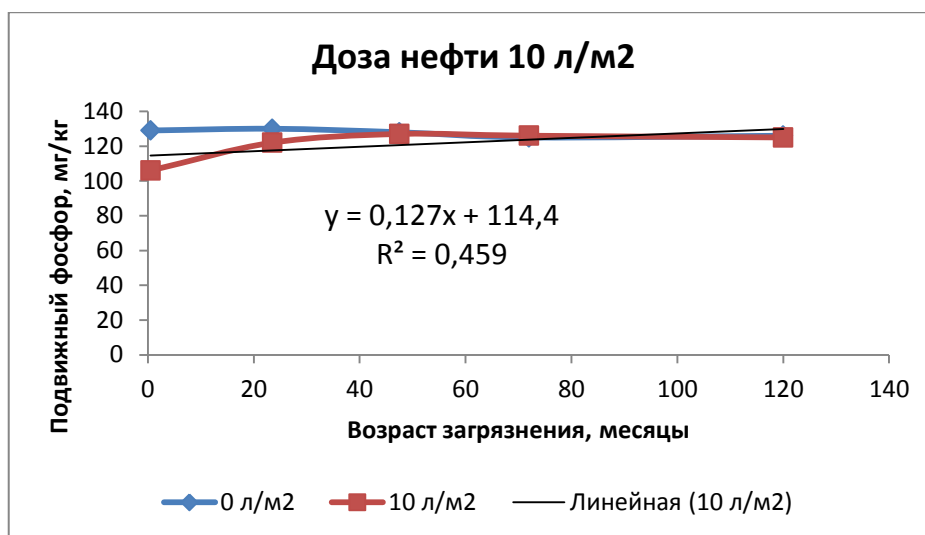


Рисунок 15 - Динамика содержания подвижных форм фосфора в серой лесной почве при различных уровнях исходного нефтяного загрязнения (МпО № 1)



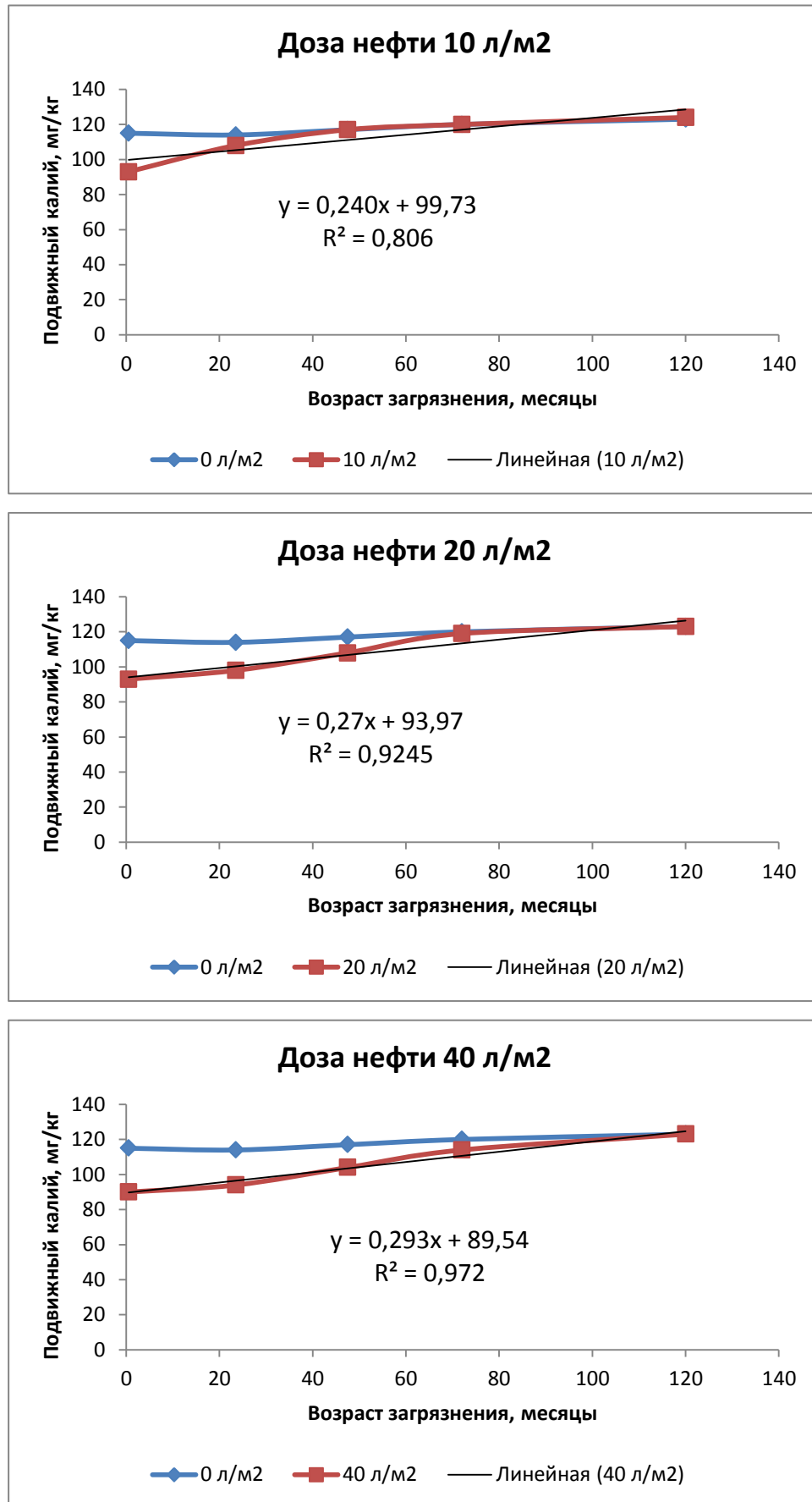


Рисунок 16 - Динамика содержания подвижных форм калия в в серой лесной почве при различных уровнях исходного нефтяного загрязнения (МпО № 1)

Данное обстоятельство ещё раз свидетельствует о продолжающемся сохранении изменении большинства агрохимических свойств, произошедших под действием средней и максимальной доз нефти, в течение не менее десяти лет.

### 3.2.2 Влияние нефтяного загрязнения на содержание микроэлементов и бенз(а)пирена в серой лесной почве

В таблицах 11 и 12 приведены данные, показывающие характер влияния нефтяного загрязнения на содержание подвижных форм микроэлементов, играющих важную роль в регулировании всех процессов роста и развития растительных организмов (Пейве, 1980; Сафиоллин и др., 2001; Ягодин и др., 2003; Минеев, 2004; Гайсин, Хисамеева, 2007 и др.).

Таблица 11 - Влияние свежего нефтяного загрязнения\* на содержание подвижных форм микроэлементов в серой лесной почве (МпО № 2)

Микроэлементы	Незагрязненная почва	Загрязненная почва	НСР <sub>05</sub> **
Отбор почвенных образцов 30 мая 2014 года			
В	$\frac{0,71***}{100}$	$\frac{0,46}{65}$	0,06
Mo	$\frac{0,17}{100}$	$\frac{0,14}{82}$	0,02
Mn	$\frac{49}{100}$	$\frac{58}{118}$	6,0
Cu	$\frac{3,1}{100}$	$\frac{3,0}{97}$	$F_{\phi} < F_{05}$
Zn	$\frac{4,1}{100}$	$\frac{3,4}{83}$	0,7
Co	$\frac{1,5}{100}$	$\frac{1,5}{100}$	$F_{\phi} < F_{05}$

Прим.: \* - преднамеренное загрязнение нефтью проведено из расчета 25 л/м<sup>2</sup> 14 мая 2014 года;

\*\* - в мг/кг почвы (приложение 7);

\*\*\* - в числителе в мг/кг почвы, в знаменателе - в процентах по отношению к уровню в незагрязненной почве.

По данным С.В. Ишковой, Н.М. Троц, О.В. Горшковой (2012), нефтяное загрязнение оказывает влияние на содержание общего и, особенно, подвижных форм многих микроэлементов.

Обеспеченность фоновой (незагрязненной) почвы подвижными формами оценивалась как средняя по всем исследуемым микроэлементам. В образцах почвы, отобранных спустя 16 дней после загрязнения из расчета 25 л/м<sup>2</sup>, 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 значимо изменилось содержание бора. Как видно, по отношению к контролю содержание подвижного бора уменьшилось на 35 %. Уменьшение содержания подвижных форм бора, молибдена и цинка в нефтезагрязненной почве мы склонны 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.

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 %. Данное обстоятельство возможно объясняется возникновением в нефтезагрязненной почве анаэробных условий в результате обволакивания почвенных частиц нефтяной пленкой.

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.

В образцах почв, отобранных в мае 2015 года, то есть через год после загрязнения, содержание подвижных форм трех микроэлементов (молибден, медь, кобальт) в контрольной и загрязненной почвах оказалось практически одинаковым, хотя сохранилось статистически недостоверное снижение молибдена в загрязненной почве (таблица 12).

Таблица 12 - Влияние нефтяного загрязнения одногодичной давности\* на содержание подвижных форм микроэлементов в серой лесной почве (МпО № 2)

Микроэлементы	Незагрязненная почва	Загрязненная почва	НСР <sub>05</sub> **
Отбор почвенных образцов 13 мая 2015 года			
В	$\frac{0,62***}{100}$	$\frac{0,48}{77}$	0,06
Mo	$\frac{0,16}{100}$	$\frac{0,14}{88}$	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>
Mn	$\frac{51}{100}$	$\frac{57}{112}$	3,0
Cu	$\frac{3,1}{100}$	$\frac{3,1}{100}$	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>
Zn	$\frac{4,2}{100}$	$\frac{3,6}{86}$	0,3
Co	$\frac{1,6}{100}$	$\frac{1,6}{100}$	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>

Прим.: \* - преднамеренное загрязнение нефтью проведено из расчета 25 л/м<sup>2</sup> 14 мая 2014 года;

\*\* - в мг/кг почвы (приложение 8);

\*\*\* - в числителе в мг/кг почвы, в знаменателе - в процентах по отношению к уровню в незагрязненной почве.

Как и в предыдущий срок наблюдения, загрязненная почва отличалась от фоновой меньшим содержанием подвижных форм бора и цинка, но более высоким содержанием марганца. Сопоставляя данные содержания подвижных форм микроэлементов в 2015 году с аналогичными данными годичной давности, можно отметить, что влияние нефти на обеспеченность микроэлементами в старозагрязненной почве проявилось менее рельефно. Данное обстоятельство, на наш взгляд, опять же обусловлено деградацией нефтяных веществ за истекший

год и уменьшением блокирующего эффекта нефтяной пленки переходу ионов микроэлементов из почвенных частиц в экстракт.

Среди множества токсичных веществ, вызывающих большую озабоченность специалистов и населения, особое место занимает бенз(а)пирен, являющийся наиболее распространенным канцерогеном (Шабад, 1973; Иванченко и др., 1996; SannerГ. etal., 1997). Есть природные и антропогенные источники бенз(а)пирена, однако львиная доля его поступает в окружающую среду в результате деятельности самого человека. Весьма серьезным источником загрязнения окружающей среды бенз(а)пиреном и другими полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) представляются нефть и нефтепродукты. Во-первых, нефть и нефтепродукты сами содержат немалое количество бенз(а)пирена, но ещё больше он образуется при их сжигании. Именно сжигание топлива чаще всего является главной причиной образования антропогенного бенз(а)пирена. В нефти содержание бенз(а)пирена колеблется в очень широких пределах: от 250 до 8050 мкг/кг ([https://test.org.ua/usefulinfo/zdorovie\\_kosmetika/info/62](https://test.org.ua/usefulinfo/zdorovie_kosmetika/info/62)).

В таблице 13 представлены результаты анализа почвенных проб, отобранных через один год после нефтяного загрязнения дозой 25 л/м<sup>2</sup>.

Образцы почвы были взяты из слоев 0-15, 15-30 и 30-45 см. Бенз(а)пирен обнаружен, как в фоновой (незагрязненной), так и нефтезагрязненной почве. Содержание бенз(а)пирена в незагрязненной почве варьировала от 0,7 до 5,30 мкг/кг почвы, что примерно в 3,8- 28,6 раза ниже предельно допустимой концентрации (ПДК). По данным ряда авторов (Ровинский и др., 1988; Белых и др., 2004; Бутенко, 2011), природный уровень бенз(а)пирена в почвах изменяется в пределах от 5 до 10 мкг/кг почвы, то есть содержание его в нашей незагрязненной почве примерно соответствует нижнему значению фонового уровня.

Интересным представляется характер распределения бенз(а)пирена по профилю фоновой почвы. Как видно, минимальное количество бенз(а)пирена обнаружено в верхнем 0-15 см слое почвы, а максимальное – на глубине 30-45 см.

Таблица 13 - Содержание бенз(а)пирена в нефтезагрязненной серой лесной почве  
(МпО № 2, отбор проб 13.05.2015)

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

Прим.: \* - загрязнение нефтью из расчета 25 л/м<sup>2</sup> проведено 14 мая 2014 г.

В этом слое (30-45 см) фоновой почвы обнаружено незначительное количество нефтяных веществ, о природе происхождения, которых трудно однозначно судить. Они могут иметь естественное происхождение, то есть быть битуминозными веществами самой почвы, или быть результатом притока некоторой части нефтяных веществ с соседних участков в результате диффузии легких углеводородов.

Преднамеренное загрязнение почвы товарной нефтью из расчета 25 л/м<sup>2</sup>, проведенное год назад, привело к чрезмерно резкому повышению бенз(а)пирена. В верхнем 0-15, 15-30 и 30-45 см слоях загрязненной почвы содержание бенз(а)пирена составило 390; 210 и 360 мкг/кг почвы, что превышает ПДК соответственно 19,5; 10,5 и 18,0 раза. Если сравнивать содержание бенз(а)пирена по отдельным слоям в фоновой и нефтезагрязненной почвах, то обнаруживается интересная закономерность повышения содержания бенз(а)пирена: весьма значимое снижение кратности повышения бенз(а)пирена в загрязненной почве по

мере углубления в почвенный профиль. По сравнению с фоном в загрязненной почве содержание бенз(а)пирена в самом верхнем слое превышает в 557 раз, а в слоях 15-30 и 30-45 см соответственно в 140 и 68 раза.

Данные рис. 17 иллюстрируют тесную положительную зависимость содержания бенз(а)пирена в почвенных горизонтах от содержания в них нефтяных веществ.

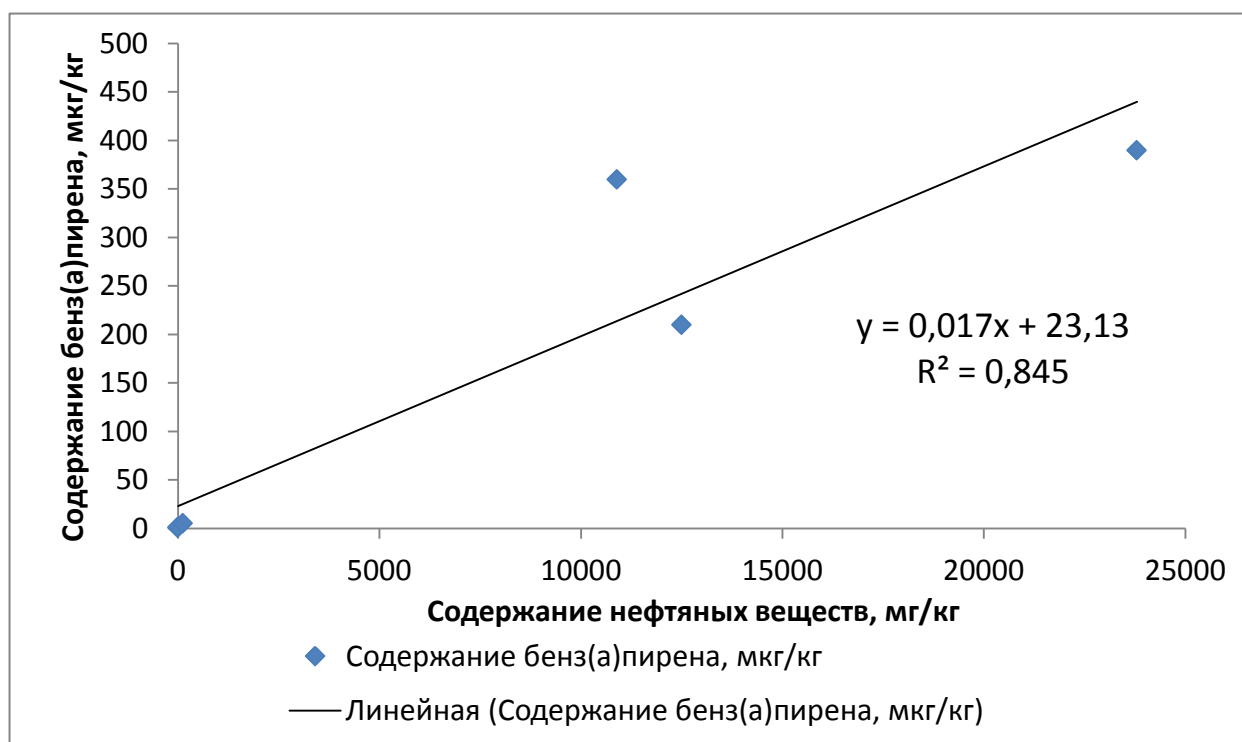


Рисунок 17 - Зависимость содержания бенз(а)пирена от уровня загрязнения серой лесной почвы нефтью (МпО № 2)

Как видно, коэффициент детерминации ( $R^2$ ) количества бенз(а)пирена от количества нефтяных веществ в соответствующих слоях почвы составил 0,845, и корреляция между этими двумя показателями описывалась уравнением линейной зависимости:

$$Y = 0,017 \cdot x + 23,13, \quad (2)$$

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

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

Таким образом, под влиянием товарной нефти, внесенной год назад дозой 25 л/м<sup>2</sup>, содержание бенз(а)пирена в нефтезагрязненных горизонтах почвы возросло до 210-390 мкг/кг, что выше ПДК в 10,5-19,5 раза. Выявилась тесная линейная зависимость содержания бенз(а)пирена от количества нефтяных веществ, обнаруженных в соответствующих слоях серой лесной почвы, о чем свидетельствует величина коэффициента детерминации ( $R^2=0,845$ ). Следовательно, для объективной оценки плодородия нефтезагрязненных серых лесных почв необходимо учесть не только основные агрохимические показатели почв и продуктивность произрастающих растений, но и содержание бенз(а)пирена.

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

#### ***3.3.1 Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы нефтью***

Урожайность сельскохозяйственных культур – важнейший показатель эффективного плодородия почв сельскохозяйственных земель и критерий для оценки фитотоксичности нарушенных и загрязненных почв. Поэтому информация о продуктивности растений, произрастающих на нефтезагрязненных почвах, представляет большой теоретический и практический интерес.

Имеющиеся публикации о влиянии нефтяного загрязнения на продуктивность растений отрывочны, и отзывчивость растений на одни и те же уровни загрязнения существенно отличается в зависимости от почвенно-климатических условий и особенностей поллютанта. В подавляющем большинстве случаев загрязнение почв нефтью приводит к полной гибели растений или резкому снижению величины и качества урожая. В тоже время некоторые культуры проявляют относительную устойчивость к нефтяному загрязнению (Алиев и др., 1981; Веселовский, Вшивцев, 1988; Тишкина, 1989;



Фарахова и др., 2008; Кужамбердиева и др., 2015, Леднёв, 2018).

Необходимость изучения и установления пороговых концентраций тех или иных загрязнителей для сельскохозяйственных культур в конкретных природных зонах очевидна, так как лишь на их основе можно установить безопасное остаточное количество поллютантов при рекультивации и выявить наиболее стойкие к загрязнению культуры для фитомелиорации и освоения рекультивируемых земель.

Основное количество работ посвящено изучению влияния на растения нефтяных загрязнений с небольшим, не превышающим 3-5 лет сроком. Данные о растениях, произрастающих на почвах с более длительными сроками загрязнения нефтью, очень немногочисленны (Суслонов, 2012).

Влияние однократного нефтяного загрязнения на урожайность зерна сельскохозяйственных культур на серой лесной почве в условиях второго полевого опыта (МпО № 2) демонстрируется данными таблицы 14.

Таблица 14 – Влияние однократного нефтяного загрязнения на урожайность зерна сельскохозяйственных культур в условиях серой лесной почвы (МпО № 2)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Яровой ячмень	Яровой рапс	Просо
	Давность загрязнения*		
	3 дня	1 год	2 года
0 (контроль)	$\frac{178^{**}}{100}$	$\frac{114}{100}$	$\frac{186}{100}$
12,5	0	$\frac{32}{28}$	$\frac{69}{37}$
25	0	0	$\frac{36}{19}$
50	0	0	0
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	7	5	26

Прим.: \* - время, прошедшее с момента загрязнения до посева культуры;

\*\* - в числителе в г/м<sup>2</sup>, в знаменателе – в процентах к уровню контроля (незагрязненной почвы).

В 2014 году на незагрязненной почве урожайность ячменя составила 178 г/м<sup>2</sup>. Семена ярового ячменя (сорт «Нур»), посеянные через три дня после преднамеренного загрязнения нефтью из расчета 12,5; 25 и 50 л/м<sup>2</sup>, всходов не дали и, следовательно, урожаи на этих вариантах опыта отсутствовали.

В 2015 г., то есть через год после загрязнения, посеяли яровой рапс сорта «Юмарт». На контрольной (незагрязненной) почве урожайность маслосемян равнялась 114 г/м<sup>2</sup>. На вариантах опыта с внесением минимальной дозы нефти (12,5 л/м<sup>2</sup>) растения рапса частично выжили и урожайность составила 32 г/м<sup>2</sup>, что в 3,56 раза меньше урожайности на незагрязненной почве. На почвах, получивших 25 и 50 л/м<sup>2</sup> нефти, единичные проросшие семена вскоре погибли и урожая не получили.

В 2016 г. подопытной культурой была просо посевное сорта «Татарское красное». Урожайность зерна проса на незагрязненной почве составила 186 г/м<sup>2</sup>. По происшествии двух лет после загрязнения, впервые был получен урожай на делянках, получивших среднюю дозу нефти (25 л/м<sup>2</sup>). На слабо- и среднезагрязненных почвах урожайность зерна проса составила соответственно 69 и 36 г/м<sup>2</sup>, что в 2,70-5,17 раза ниже урожайности на незагрязненной почве. По истечении двух лет после загрязнения, урожай отсутствовал только на делянках, загрязненных нефтью из расчета 50 л/м<sup>2</sup>.

Таким образом, однократное загрязнение серой лесной почвы товарной нефтью дозами 12,5; 25 и 50 л/м<sup>2</sup> оказало сильное токсичное влияние на все испытанные сельскохозяйственные культуры в течение трех лет с момента загрязнения, в связи с чем подопытные растения или не дали всходов или урожайность основной продукции снизилась в 2,70-5,15 раза. В зависимости от доз нефти всходы испытанных культур не появились в течение одного года (12,5 л/м<sup>2</sup>), двух лет (25 л/м<sup>2</sup>) и трех (50 л/м<sup>2</sup>) лет.

Примерно к таким же выводам можно прийти на основе анализа влияния указанных доз нефти на урожайность соломы подопытных культур (таблица 15). Отличие состояло в том, что размеры снижения урожайности соломы ярового рапса и проса от нефтяного загрязнения были меньшими, чем таковые зерна. Так,

если урожайность зерна проса от доз нефти 12,5 и 25 л/м<sup>2</sup> снизилась по отношению к контролю в 2,70 и 5,17 раза, то снижение урожайности соломы составило соответственно в 2,09 и 3,65 раза.

Таблица 15 – Влияние однократного нефтяного загрязнения на урожайность соломы сельскохозяйственных культур в условиях серой лесной почвы (МпО № 2)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Яровой ячмень	Яровой рапс	Просо
	Давность загрязнения*		
	3 дня	1 год	2 года
0 (контроль)	$\frac{201^{**}}{100}$	$\frac{145}{100}$	$\frac{485}{100}$
12,5	0	$\frac{46}{32}$	$\frac{232}{48}$
25	0	0	$\frac{133}{27}$
50	0	0	0
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	6	6	50

Прим.: \* - время, прошедшее с момента загрязнения до посева культуры;  
 \*\* - в числителе в г/м<sup>2</sup>, в знаменателе – в процентах к уровню контроля (незагрязненной почвы);

Зависимость урожайности испытанных сельскохозяйственных культур от уровня загрязнения серой лесной почвы товарной нефтью в условиях второго полевого опыта (МпО №2) иллюстрируется графиками рисунков 18 и 19. Они показывают наличие тесной отрицательной зависимости урожайности, как основной, так и побочной продукции всех испытанных культур от доз однократно внесенной товарной нефти. Свидетельством тому представляются величины коэффициентов детерминации ( $R^2$ ) урожайности от доз нефти, которые колебались в пределах от 0,466 до 0,8867. Коэффициенты детерминации урожая основной и побочной продукции от доз нефти между собой различались незначительно. Коэффициенты детерминации урожайности от доз нефти возросли по мере старения нефтяного загрязнения. Так, если при давности загрязнения 3 дня коэффициент детерминации урожайности соломы ячменя от доз нефти

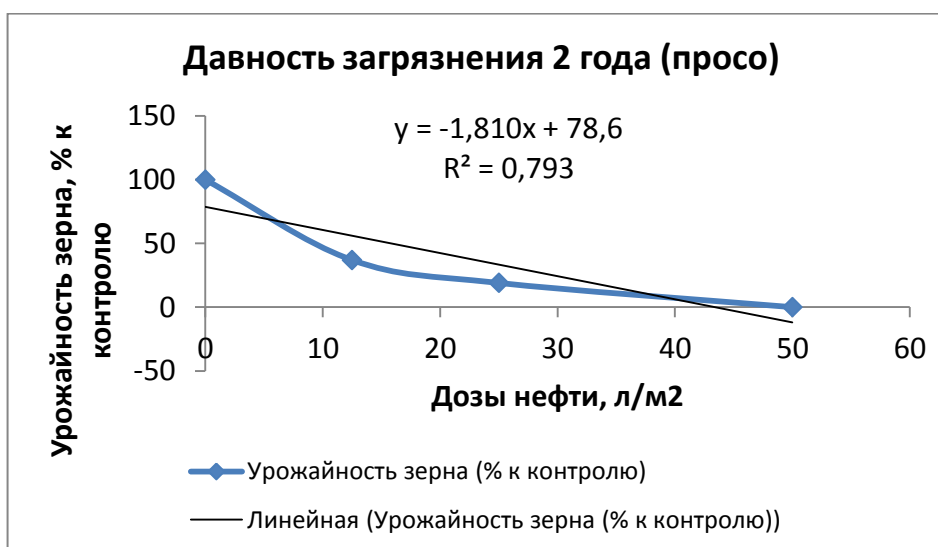
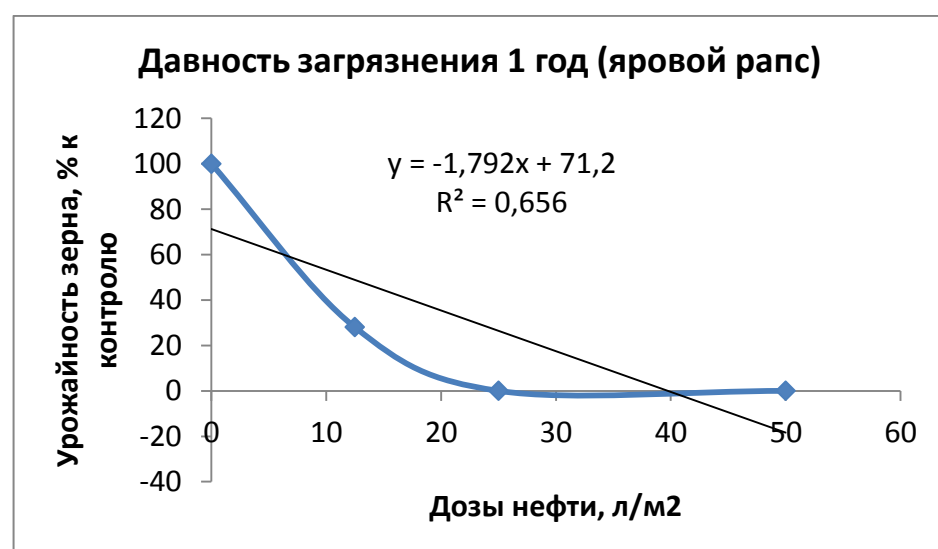
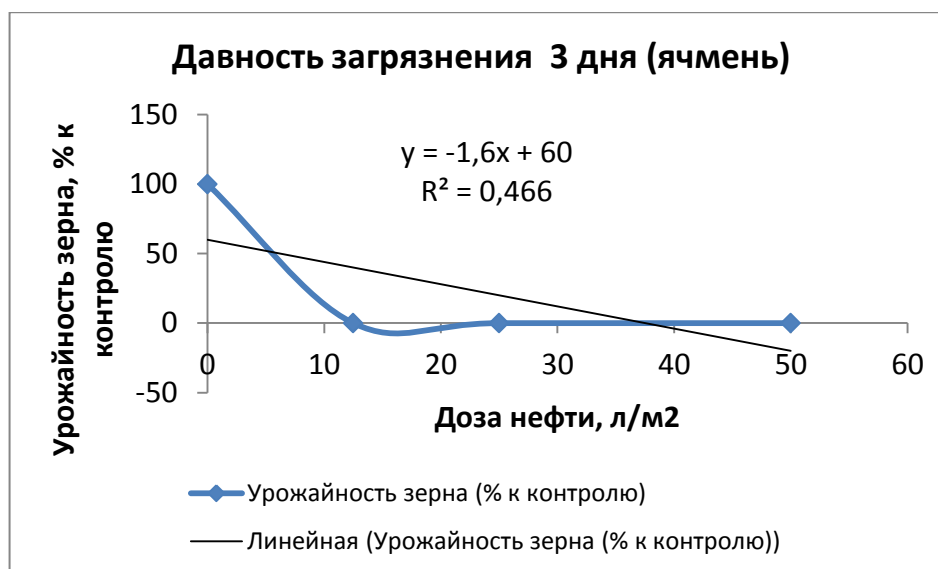


Рисунок18 - Зависимость урожайности основной продукции сельскохозяйственных культур от уровня однократного загрязнения серой лесной почвы товарной нефтью (МпО №2)

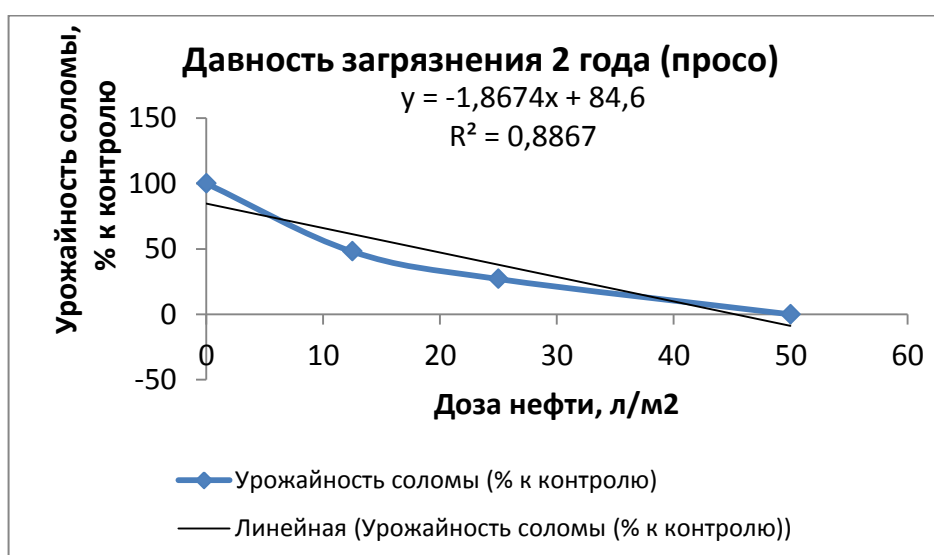
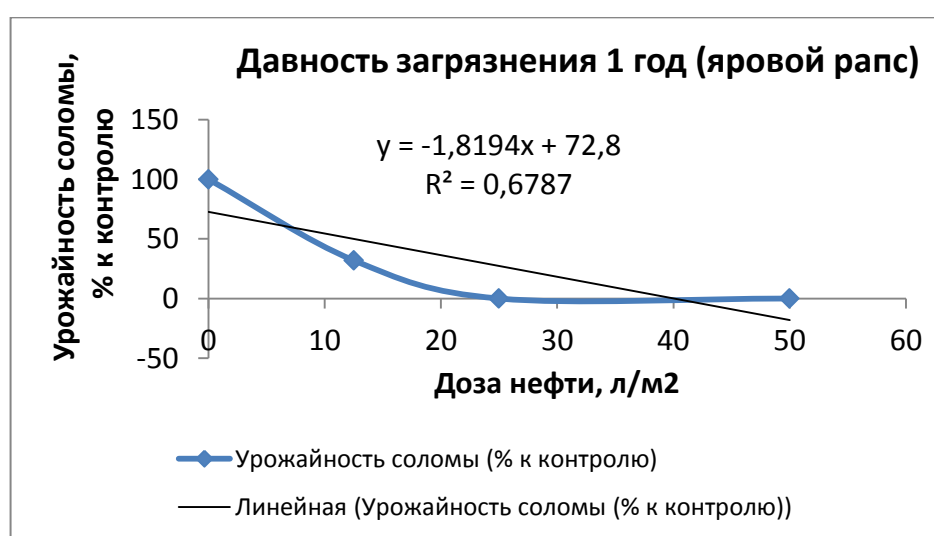
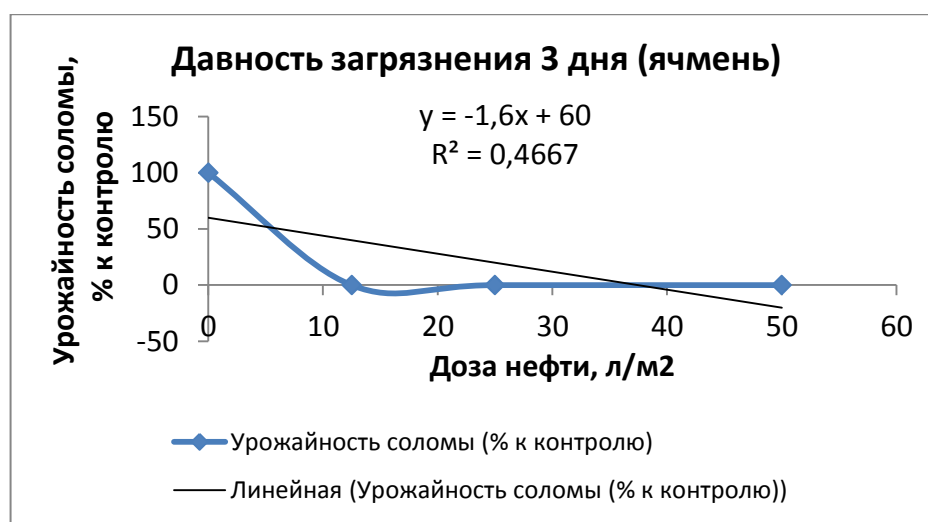


Рисунок 19 - Урожайность побочной продукции сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня однократного загрязнения серой лесной почвы товарной нефтью (МПО №2)

равнялся 0,4667, то при давности загрязнения 1 и 2 года коэффициенты детерминации урожайности соломы рапса и проса составили соответственно 0,6787 и 0,8867.

На первом стационарном опыте 2004 года закладки (МпО № 1) в течение 2013-2016 гг. возделывались яровая пшеница, ячмень, яровой рапс и просо, реакция которых на однократное нефтяное загрязнение по ротациям севооборота представлена в таблицах 16-19 и приложениях 11-18.

**Яровая пшеница** в этом опыте возделывалась через 1, 5 и 9 лет после однократного загрязнения серой лесной почвы товарной нефтью дозами 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup>. В 2005 г. (давность загрязнения 1 год) урожай зерна был получен только на слабозагрязненной почве (10 л/м<sup>2</sup>). На двух последующих уровнях нефтяного загрязнения (20 и 40 л/м<sup>2</sup>) семена яровой пшеницы не взошли. По отношению к контрольному уровню урожайность зерна и соломы на слабозагрязненной почве составила соответственно 43 и 66 %, что свидетельствует о более сильном негативном влиянии нефтяного загрязнения на рост и развитие генеративных органов. В связи с этим на нефтезагрязненной почве расширилось соотношение соломы к зерну до 1,76, в то время как на незагрязненной почве данный показатель равнялся 1,16.

Через 5 лет после загрязнения всходы появились на всех делянках нефтезагрязненной почвы, однако наблюдалось сильное угнетение растений и резкое снижение урожайности яровой пшеницы, причем тем больше, чем больше была исходная доза нефти. По отношению к контролю урожайность зерна на почвах, загрязненных дозами 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup>, составила соответственно 52, 21 и 2 %. Относительная урожайность соломы яровой пшеницы на тех же вариантах опыта равнялись 67, 33 и 9 % к контролю. Как и в предыдущей ротации севооборота, на нефтезагрязненных почвах по мере роста дозы нефти происходило расширение соотношения соломы к зерну.

В третьей ротации севооборота (давность загрязнения 9 лет) на слабозагрязненной почве урожайность зерна и, особенно, соломы вплотную приблизилась к уровню урожайности на контрольной (незагрязненной) почве: по

отношению к контролю урожайность соломы составила 88 %.

Таблица 16 - Действиеоднократного нефтяного загрязнения на урожайность яровой пшеницы в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МПО № 1)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Урожайность		Солома/ зерно
	зерна	соломы	
Первая ротация (2005 г.), давность загрязнения 1 год			
0 - контроль	$\frac{262^*}{100}$	$\frac{304}{100}$	1,16
10	$\frac{114}{43}$	$\frac{201}{66}$	1,76
20	0	0	-
40	0	0	-
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	22	17	-
Вторая ротация (2009 г.), давность загрязнения 5 лет			
0 - контроль	$\frac{289}{100}$	$\frac{335}{100}$	1,16
10	$\frac{150}{52}$	$\frac{224}{67}$	1,49
20	$\frac{61}{21}$	$\frac{111}{33}$	1,82
40	$\frac{6}{2}$	$\frac{30}{9}$	5,00
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	19	23	-
Третья ротация (2013 г.), давность загрязнения 9 лет			
0 - контроль	$\frac{193}{100}$	$\frac{208}{100}$	1,08
10	$\frac{162}{84}$	$\frac{183}{88}$	1,13
20	$\frac{103}{53}$	$\frac{163}{78}$	1,51
40	$\frac{56}{29}$	$\frac{154}{74}$	2,75
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	11	13	-

Прим.: \* - в числителе в г/м<sup>2</sup>, в знаменателе – в процентах к уровню контроля (незагрязненной почвы).

Урожайность яровой пшеницы в процентах к контролю также выросла на средне- и сильнозагрязненных почвах. Так, если урожайность зерна на сильнозагрязненной почве во второй ротации составила 2 % к уровню контроля, то в третьей ротации она достигла 29 %.

Сравнение относительной урожайности (в процентах к контролю) зерна и соломы за прошедшие три ротации показывают постепенное повышение её и медленное приближение к уровню урожая на незагрязненной почве. Так, если от минимальной дозы нефти ( $10 \text{ л/м}^2$ ) урожайность зерна пшеницы в первой ротации равнялась 43 % к контролю, то во второй и третьей ротациях севооборота составила соответственно 52 и 84 %.

В соответствии с чередованием культур в севообороте *яровой ячмень* возделывался через 2, 6 и 10 лет после загрязнения почвы нефтью (таблица 17).

Спустя два года после загрязнения полная гибель ячменя наблюдалась только от максимальной дозы нефти. На слабозагрязненной почве ( $10 \text{ л/м}^2$ ) снижение урожая, по отношению к контролю, составило 54 %. Средняя степень нефтяного загрязнения через два года после загрязнения приводила к снижению урожайности зерна на 70 %.

Урожайность ячменя при давности загрязнения 6 лет свидетельствует о заметном снижении фитотоксичности почвы. Наиболее наглядным фактом постепенного самоочищения почвы представляется формирование на сильно загрязненной почве ( $40 \text{ л/м}^2$ ) генеративных органов, хотя их развитие сильно отставало, и конечная урожайность зерна оказалась в пять раз ниже урожайности на незагрязненной почве. На слабозагрязненной почве урожайность зерна, по отношению к контролю, составила 72 %, что на 26 % выше показателя четырехлетней давности. Процесс постепенного самоочищения проявился и на почве, загрязненной из расчета  $20 \text{ л/м}^2$ . Так, если через два года после загрязнения урожайность зерна, по отношению к контролю, составила только 30 %, то через 6 лет – 52 %.



Таблица 17 - Действиеоднократного нефтяного загрязнения на урожайность ярового ячменя в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МПО № 1)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Урожайность		Солома/ зерно
	зерна	соломы	
Первая ротация (2006 г.), давность загрязнения 2 года			
0 - контроль	$\frac{164^*}{100}$	$\frac{184}{100}$	1: 1,12
10	$\frac{76}{46}$	$\frac{125}{68}$	1: 1,67
20	$\frac{50}{30}$	$\frac{103}{56}$	1: 2,06
40	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	-
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	17	18	-
Вторая ротация (2010 г.), давность загрязнения 6 лет			
0 - контроль	$\frac{81}{100}$	$\frac{145}{100}$	1,79
10	$\frac{58}{72}$	$\frac{155}{107}$	2,67
20	$\frac{42}{52}$	$\frac{121}{83}$	2,88
40	$\frac{17}{21}$	$\frac{68}{47}$	4,00
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	9	15	-
Третья ротация (2014 г.), давность загрязнения 10 лет			
0 - контроль	$\frac{206}{100}$	$\frac{243}{100}$	1,17
10	$\frac{179}{87}$	$\frac{236}{97}$	1,32
20	$\frac{124}{60}$	$\frac{204}{84}$	1,65
40	$\frac{57}{28}$	$\frac{153}{63}$	2,68
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	11	13	-

Прим.: \* - в числителе в г/м<sup>2</sup>, в знаменателе – в процентах к уровню контроля (незагрязненной почвы).

Достоверное снижение урожайности зерна ячменя от всех трех уровней нефтяного загрязнения обнаружилось и через 10 лет после загрязнения, хотя одновременно вырисовывается достаточно четкая картина постепенного приближения урожайности на старых нефтезагрязненных почвах к контрольному уровню (незагрязненная почва). На слабозагрязненной почве десятилетней давности урожайность зерна составила 87 % к уровню контроля, что на 15 % выше показателя в предыдущей ротации севооборота. Еще более заметное снижение фитотоксичности обнаружилось на сильнозагрязненной почве: за последние 4 года наблюдения относительный рост урожайности вырос с 21 до 38 % к уровню контроля.

Наименьший рост урожайности (относительно уровня контрольной почвы) за указанный период обнаружился на почве, загрязненной средней дозой нефти (20 л/м<sup>2</sup>): с 52 до 60 % к уровню контроля.

Таким образом, анализ динамики урожайности ярового ячменя, посеянного через 2, 6 и 10 лет после загрязнения, свидетельствуют о наличии тесной отрицательной зависимости между продуктивностью ячменя и уровнем загрязнения серой лесной почвы нефтью.

По схеме севооборота *яровой рапс* на маслосемена возделывался через 3, 7 и 11 лет после загрязнения почвы товарной нефтью (таблица 18). Урожайность ярового рапса, посеянного через три года после загрязнения почвы нефтью, свидетельствует, что на слабозагрязненной почве, каковой мы считаем уровень загрязнения 10 л/м<sup>2</sup>, урожайность маслосемян снизилась более чем в три раза и составила 49 г/м<sup>2</sup>. Снижение урожайности соломы от слабого уровня загрязнения тоже было весьма существенным, хотя оно несколько отставало от такового маслосемян, в связи с чем расширилось соотношение «солома: маслосемена». Аналогичная ответная реакция генеративных и вегетативных органов растений на нефтяное загрязнение, но ещё более рельефная, наблюдалась и на двух следующих уровнях загрязнения (20 и 40 л/м<sup>2</sup>).

Таблица 18 - Действиеоднократного нефтяного загрязнения на урожайность ярового рапса в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МПО № 1)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Урожайность		Солома/ маслосемена
	маслосемян	соломы	
Первая ротация (2007 г.), давность загрязнения 3 года			
0 - контроль	$\frac{153^*}{100}$	$\frac{188}{100}$	1,23
10	$\frac{49}{32}$	$\frac{70}{37}$	1,43
20	$\frac{34}{22}$	$\frac{62}{33}$	1,82
40	$\frac{3}{2}$	$\frac{11}{6}$	3,66
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	7	9	-
Вторая ротация (2011 г.), давность загрязнения 7 лет			
0 - контроль	$\frac{164}{100}$	$\frac{207}{100}$	1,26
10	$\frac{120}{73}$	$\frac{201}{97}$	1,68
20	$\frac{79}{48}$	$\frac{147}{71}$	1,86
40	$\frac{41}{25}$	$\frac{128}{62}$	3,12
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	10	13	-
Третья ротация (2015 г.), давность загрязнения 11 лет			
0 - контроль	$\frac{137}{100}$	$\frac{191}{100}$	1,32
10	$\frac{129}{94}$	$\frac{181}{95}$	1,40
20	$\frac{95}{69}$	$\frac{142}{74}$	1,49
40	$\frac{56}{41}$	$\frac{122}{64}$	2,18
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	15	15	-

Прим.:\* - в числителе в г/м<sup>2</sup>, в знаменателе – в процентах к уровню контроля (незагрязненной почвы)

Урожайные данные, полученные спустя 7 лет после загрязнения нефтью, показывают, что продуктивность ярового рапса на всех вариантах оказался выше, чем в предыдущей ротации севооборота. Этому, видимо, способствовали, с одной стороны, более благоприятные погодные условия, с другой, некоторое самоочищение нефтезагрязненных почв. На слабозагрязненной почве урожайность маслосемян составила 73 % к уровню контроля (незагрязненная почва), в то время как в предыдущей ротации севооборота этот показатель равнялся 32 %. Также более чем в два раза выросла относительная величина урожайности (в процентах к контролю) на втором уровне загрязнения (20 л/м<sup>2</sup>). Особенно впечатляет рост урожайности маслосемян за 2007-2011 годы при внесении максимальной дозы нефти (40 л/м<sup>2</sup>): если в 2007 году урожайность маслосемян приблизилась к нулю, то через 4 года она составила 25 % к уровню контроля.

Негативное воздействие однократного нефтяного загрязнения срой лесной почвы на продуктивность ярового рапса обнаружилось и через 11 лет после загрязнения. Наиболее интересной представляется, на наш взгляд, продуктивность рапса на слабозагрязненной почве, где урожайность маслосемян и соломы на слабозагрязненной почве вплотную приблизилась к уровню урожая незагрязненной почве (94-95 % к контролю). На двух других уровнях нефтяного загрязнения сохранилось статистически значимое снижение урожайности, как маслосемян, так и соломы ярового рапса. Однако более сильное угнетение товарной части урожая проявилось достаточно четкой на этих двух уровнях загрязнения.

*Просо* посевное возделывалось по происшествии 4, 8 и 12 лет после однократного нефтяного загрязнения почвы (таблица 19). В 2008 г. (давность загрязнения 4 год) снижения урожая зерна по отношению к контролю на слабо-, средне- и сильнозагрязненных почвах составила соответственно 30, 55 и 86 %. Аналогичные проценты снижения урожая соломы от нефтяного загрязнения было меньше, чем снижение урожая зерна на 7-17 %. В связи с этим на нефтезагрязненных почвах расширилось соотношение соломы к зерну

Таблица 19 - Действиеоднократного нефтяного загрязнения на урожайность проса  
в зависимости от уровня и давности загрязнения серой  
лесной почвы (МПО № 1)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Урожайность		Солома/ зерно
	зерна	соломы	
Первая ротация (2008 г.), давность загрязнения 4 года			
0 - контроль	$\frac{219^*}{100}$	$\frac{453}{100}$	2,07
10	$\frac{153}{70}$	$\frac{351}{77}$	2,29
20	$\frac{99}{45}$	$\frac{283}{62}$	2,86
40	$\frac{31}{14}$	$\frac{99}{22}$	3,19
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	16	32	-
Вторая ротация (2012 г.), давность загрязнения 8 лет			
0 - контроль	$\frac{249}{100}$	$\frac{647}{100}$	2,60
10	$\frac{196}{79}$	$\frac{575}{89}$	2,93
20	$\frac{101}{41}$	$\frac{421}{65}$	4,17
40	$\frac{60}{24}$	$\frac{264}{41}$	4,40
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	12	28	-
Третья ротация (2016 г.), давность загрязнения 12 лет			
0 - контроль	$\frac{187}{100}$	$\frac{501}{100}$	2,68
10	$\frac{179}{96}$	$\frac{490}{98}$	2,74
20	$\frac{138}{74}$	$\frac{435}{87}$	3,15
40	$\frac{97}{52}$	$\frac{367}{73}$	3,78
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )	12	17	-

Прим.: \* - в числителе в г/м<sup>2</sup>, в знаменателе – в процентах к уровню контроля (незагрязненной почвы).

до 2,29-3,19, в то время как на незагрязненной почве данный показатель равнялся 2,07.

Через 8 лет после загрязнения по отношению к контролю урожайность зерна на почвах, загрязненных дозами 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup>, составила соответственно 79, 41 и 24 %. Относительная урожайность соломы проса на тех же вариантах опыта равнялась 89, 65 и 41 % к контролю, что ещё раз указывает на более сильное негативное воздействие нефтяного загрязнения на продуктивность генеративных органов растений, нежели вегетативных.

В третьей ротации севооборота (давность загрязнения 12 лет) на слабозагрязненной почве урожайности зерна и соломы статистически не отличались от урожайности на контрольной почве. Урожайность проса в процентах к контролю также выросла на средне- и сильнозагрязненных почвах. Так, если урожайность зерна на сильнозагрязненной почве во второй ротации составила 24 % к уровню контроля, то в третьей ротации она достигла 52 %. Таким образом, сравнение относительной урожайности (в процентах к контролю) зерна и соломы всех четырех сельскохозяйственных культур за прошедшие три ротации севооборота показало постепенное повышение её и медленное приближение к уровню урожая на незагрязненной почве. Ещё более наглядно динамика постепенного роста урожайности испытанных культур по мере роста давности загрязнения продемонстрирована на рисунках 20 и 21.

На этих рисунках обобщены урожайные данные, выраженные в процентах к уровню контроля и полученные в течение трех ротаций севооборота (2005-2016 гг.). Обнаружилась достаточно тесная положительная зависимость урожаяев подопытных культур (яровая пшеница, яровой ячмень, яровой рапс, просо) от давности нефтяного загрязнения серой лесной почвы товарной нефтью. Уравнения линейной зависимости урожайности от давности однократного нефтяного загрязнения серой лесной почвы при различных уровнях исходного загрязнения приведены в таблице 20.

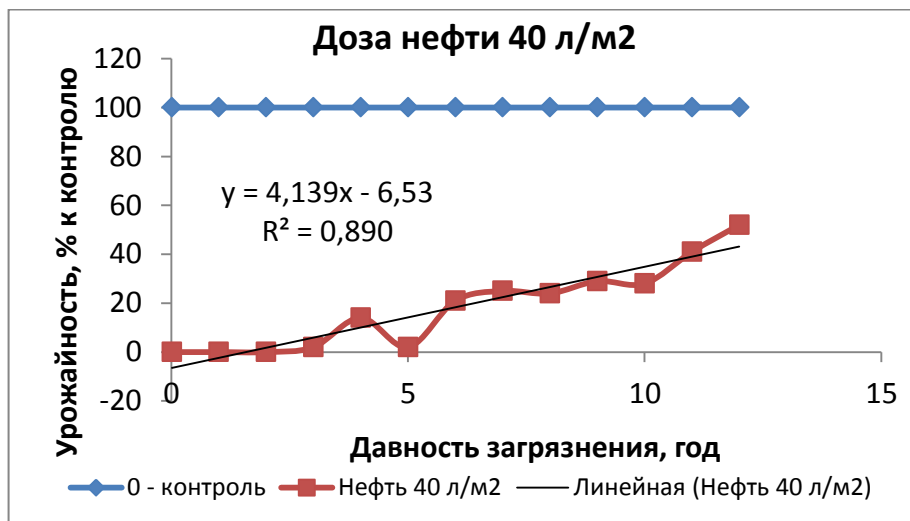
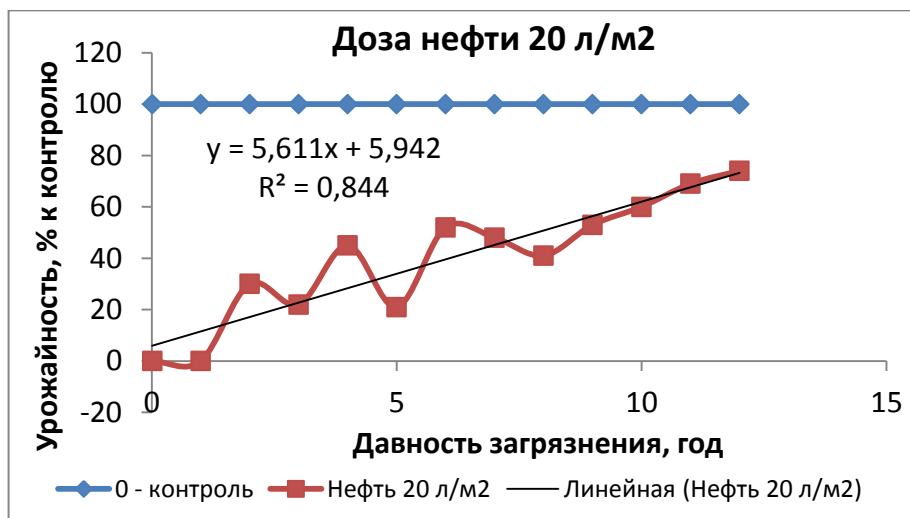
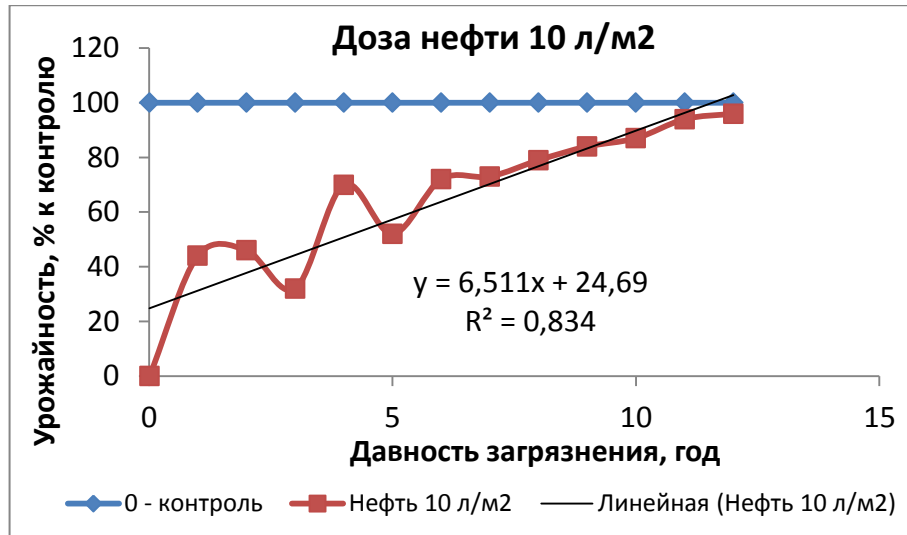


Рисунок 20 - Зависимость урожаев основной продукции сельскохозяйственных культур от давности однократного нефтяного загрязнения различного уровня (МпО № 1)

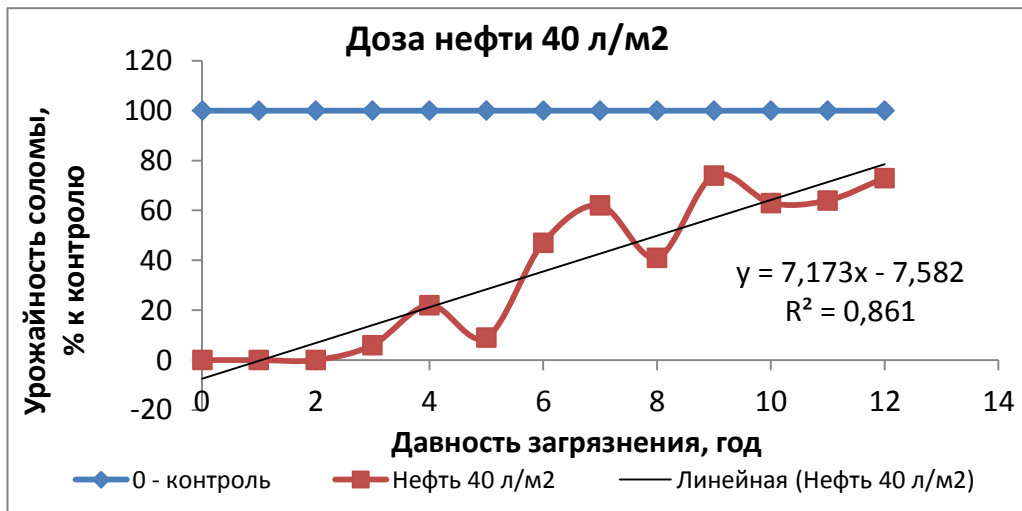
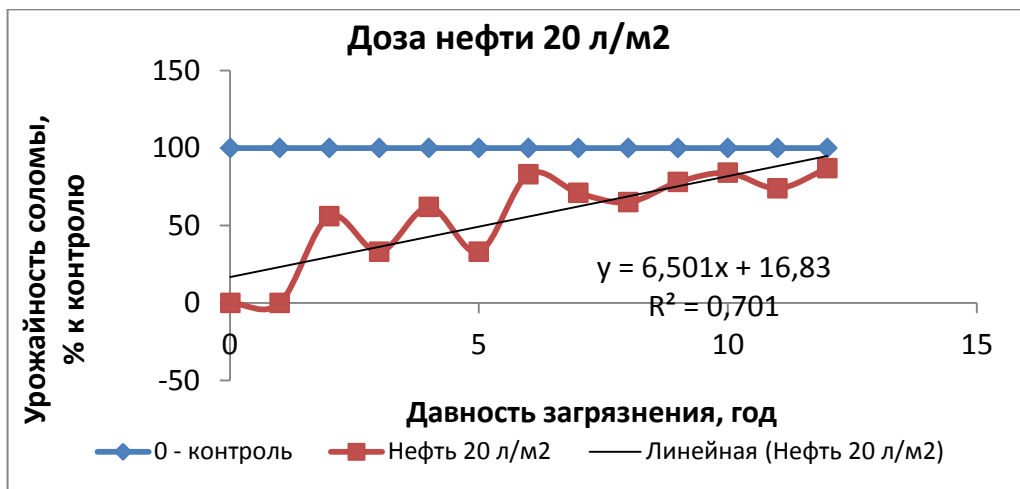
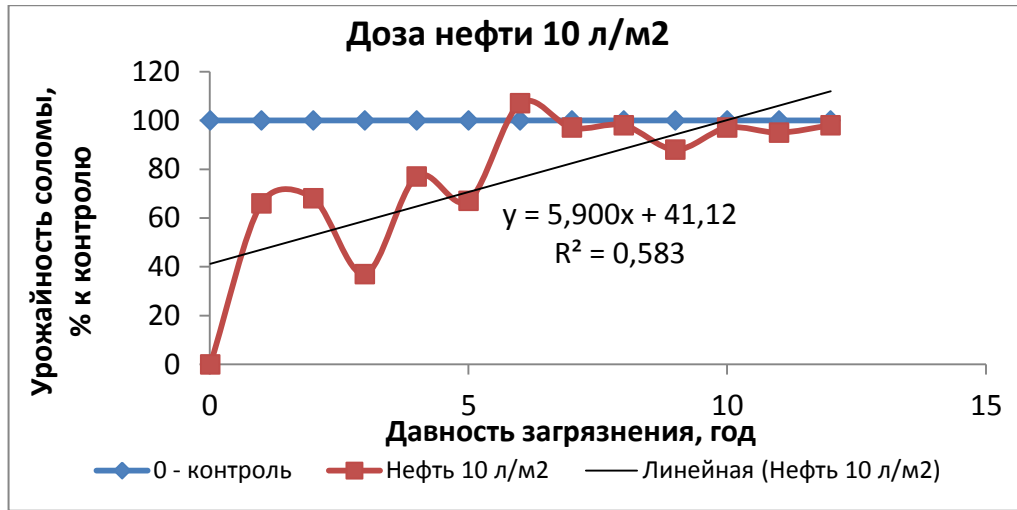


Рисунок 21 - Зависимость урожаев побочной продукции сельскохозяйственных культур от давности однократного нефтяного загрязнения различного уровня (МпО № 1)



Таблица 20 - Теснота корреляции урожайности сельскохозяйственных культур от давности однократного нефтяного загрязнения серой лесной почвы при различных уровнях исходного загрязнения

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Уравнение линейной зависимости	Коэффициент детерминации (R <sup>2</sup> )
Зависимость урожайности основной продукции (y) от давности загрязнения (x)		
10	$y = 6,511 \cdot x + 24,69$	0,834
20	$y = 5,611 \cdot x + 5,942$	0,844
40	$y = 4,139 \cdot x - 6,53$	0,890
Зависимость урожайности побочной продукции (y) от давности загрязнения (x)		
10	$y = 5,900 \cdot x + 41,12$	0,583
20	$y = 6,501 \cdot x + 16,83$	0,701
40	$y = 7,173 \cdot x - 7,582$	0,861

Прим.: \* - время, прошедшее с момента загрязнения до посева сельскохозяйственной культуры (год).

Коэффициенты детерминации (R<sup>2</sup>) урожайности основной продукции (зерна) от давности загрязнения, в зависимости от исходного уровня загрязнения, колебались в пределах от 0,834 до 0,890. Аналогичным образом действовала давность нефтяного загрязнения и на урожайность соломы (R<sup>2</sup>=0,583÷0,861). Как видно, корреляция урожайности зерна испытанных культур от давности загрязнения оказалась более тесной, чем корреляция урожайности соломы, что является ещё одним подтверждением более сильного негативного влияния нефтяного загрязнения именно на генеративные органы испытанных культур. Теснота корреляции урожаев от давности загрязнения более значимо проявилась по мере роста исходного уровня загрязнения, особенно побочной продукции.

Таким образом, негативное влияние однократного нефтяного загрязнения

серой лесной почвы из расчета 10, 20 и 40 л/м<sup>2</sup> на урожайность испытанных сельскохозяйственных проявилось в течение 13 лет, в то же время обнаружилось приближение урожаев к уровню контроля, что свидетельствует о возможности постепенного элиминирования фитотоксичности загрязненной почвы без приемов рекультивации.

### ***3.3.2 Изменение структуры урожая сельскохозяйственных культур под влиянием нефтяного загрязнения***

Урожайность, то есть количество растительной массы основной или побочной продукции, получаемое с единицы площади, выражаемая, обычно, в тоннах на один гектар, складывается из множества, так называемых, элементов структуры урожая. Для зерновых культур основными структурными элементами урожая являются количество продуктивных стеблей, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен.

Действие нефтяного загрязнения девятилетней давности различного уровня на структуру урожая яровой пшеницы представлено в таблице 21. Материалы таблицы свидетельствуют о том, что нефтяное загрязнение оказывало негативное влияние на все элементы структуры урожая.

Обнаружилось тесная зависимость величин изменений элементов структуры урожая от степени загрязнения почвы: чем больше исходная доза нефти, тем сильнее уменьшение числа растений и продуктивных стеблей на единицу площади, продуктивной кустистости, озерненности колоса и массы 1000 зерен. Так, если число растений (густота стояния) к уборке на слабозагрязненной почве (10 л/м<sup>2</sup>) составила 97 % к уровню контроля, то на средне- и сильнозагрязненной почве соответственно 83 и 76 %. По сравнению с густотой стояния растений, снижение числа продуктивных стеблей и числа зерен в колосе под действием нефтяного загрязнения проявилось сильнее.

Например, от максимальной дозы нефти число продуктивных стеблей и зерен в колосе, по отношению к контролю, уменьшилась на 36 и 46 %, в то время

как число растений на единицу площади – на 24 %.

Таблица 21 - Структура урожая яровой пшеницы на нефтезагрязненной серой лесной почве девятилетней давности загрязнения (МПО № 1, 2013 г.)

Показатели структуры урожая	Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>			
	0 (контроль)	10	20	40
Число растений, шт./м <sup>2</sup>	<u>383</u> 100	<u>372</u> 97*	<u>317</u> 83	<u>292</u> 76
Число продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	<u>391</u> 100	<u>377</u> 96	<u>308</u> 79	<u>260</u> 66
Продуктивная кустистость	<u>1,02</u> 100	<u>1,01</u> 99	<u>0,97</u> 95	<u>0,89</u> 87
Число зерен в колосе, шт.	<u>16,2</u> 100	<u>14,5</u> 90	<u>11,7</u> 72	<u>8,8</u> 54
Масса 1000 зерен, г	<u>30,4</u> 100	<u>29,7</u> 98	<u>28,6</u> 94	<u>24,6</u> 81
Вес зерна с одного растения, г	<u>0,492</u> 100	<u>0,431</u> 88	<u>0,335</u> 68	<u>0,216</u> 44

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

На всех уровнях загрязнения наиболее сильное отрицательное влияние нефтяное загрязнение девятилетней давности оказало на число зерен в колосе. Данный показатель даже от слабого нефтяного загрязнения снизился, по отношению к уровню контроля, на 10 %. Снижение числа зерен в колосе от загрязнения почвы средней (20 л/м<sup>2</sup>) и максимальной (40 л/м<sup>2</sup>) дозами нефти составило соответственно 28 и 46 %. Таким образом, отдельные элементы структуры урожая яровой пшеницы по их степени снижения от старого нефтяного загрязнения расположились в следующий убывающий ряд: число зерен в колосе > число продуктивных стеблей на единицу площади > число растений на единицу площади > масса 1000 зерен. Причем, этот убывающий ряд оказался одинаковым для всех уровней нефтяного загрязнения.

Действие старого нефтяного загрязнения десятилетней давности на структуру урожая ярового ячменя демонстрируется данными таблицы 22.

Таблица 22 - Структура урожая ярового ячменя на нефтезагрязненной серой лесной почве десятилетней давности загрязнения (МпО № 1, 2014 г.)

Показатели структуры урожая	Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>			
	0 (контроль)	10	20	40
Число растений, шт./м <sup>2</sup>	<u>372</u> 100	<u>352</u> 95*	<u>317</u> 85	<u>238</u> 64
Число продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	<u>391</u> 100	<u>363</u> 93	<u>314</u> 80	<u>220</u> 56
Продуктивная кустистость	<u>1,05</u> 100	<u>1,03</u> 98	<u>0,99</u> 94	<u>0,92</u> 88
Число зерен в колосе, шт.	<u>16,2</u> 100	<u>15,6</u> 96	<u>13,1</u> 81	<u>9,2</u> 57
Масса 1000 зерен, г	<u>32,5</u> 100	<u>31,6</u> 97	<u>30,2</u> 93	<u>28,1</u> 86
Вес зерна с одного растения, г	<u>0,527</u> 100	<u>0,493</u> 94	<u>0,396</u> 75	<u>0,259</u> 49

Прим.: \* - в процентах к уровню контроля

Под влиянием загрязнения почвы нефтью наблюдается снижение всех элементов структуры урожая ячменя: числа растений на единицу площади, продуктивной кустистости, числа зерен в колосе и массы 1000 зерен. В то же время, значение отдельных элементов структуры урожая в снижении урожайности ячменя от нефтяного загрязнения было не одинаковым. Кроме того, вклад в снижение урожайности отдельных показателей структуры урожая изменилась в зависимости от исходного уровня загрязнения.

На слабозагрязненной почве (10 л/м<sup>2</sup>) снижение урожая зерна ячменя обуславливалось, в первую очередь, уменьшением числом продуктивных стеблей и, в целом, густотой стояния растений ячменя на единицу площади. Так, если по отношению к контролю, масса 1000 зерен и число зерен в колосе составили 97 и 96 %, то число продуктивных стеблей и общее число растений – соответственно 93 и 95 %.

При средней степени загрязнения почвы нефтью (20 л/м<sup>2</sup>) элементы

структуры урожая ячменя по значимости в создании урожая зерна расположились несколько иначе. В наибольшей степени снижение урожайности было обусловлено снижением числа продуктивных стеблей на единицу площади и числа зерен в колосе. Как видно, по отношению к контролю данные показатели под влиянием старого нефтяного загрязнения снизились соответственно на 20 и 19 %. Третью позицию по вкладу в уменьшение урожайности ячменя на среднезагрязненной почве заняло изменение общего числа растений на единицу площади, снижение которого по отношению к контролю составило 15 %. Меньше всего от нефтяного загрязнения пострадала масса 1000 семян, которая снизилась по отношению к контролю только на 7 %.

От максимальной дозы нефти (40 л/м<sup>2</sup>) в наибольшей степени снизилось число продуктивных стеблей и число зерен в колосе: соответственно на 44 и 43 % по отношению к контролю. Снижение общего числа растений на единицу площади от нефтяного загрязнения составило 36 %. Меньше всего негативное влияние нефтяного загрязнения проявилось на массе 1000 зерен, снижение которой по отношению к контролю составило только 14 %. Таким образом, характер влияния максимальной дозы нефти на структуру урожая ячменя оказался аналогичным таковому средней дозы. В обоих случаях основные элементы структуры урожая по их значимости в снижении урожайности от нефтяного загрязнения расположились в следующий убывающий ряд: число продуктивных стеблей > число зерен в колосе > число растений на единицу площади > масса 1000 зерен.

Аналогичный ряд на слабозагрязненной почве выглядел несколько иначе: число продуктивных стеблей > число растений на единицу площади > число зерен в колосе > масса 1000 зерен. Как видно, главное отличие в том, что на слабозагрязненной почве число зерен в колосе снизилось меньше, чем общее число растений на единицу площади.

Структура урожая ярового рапса, возделываемого спустя 11 лет после загрязнения почвы нефтью, приведена в таблице 23.

Таблица 23 - Структура урожая ярового рапса на нефтезагрязненной серой лесной почве одиннадцатилетней давности загрязнения

(МпО № 1, 2015 г.)

Показатели структуры урожая	Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>			
	0 (контроль)	10	20	40
Число растений, шт./м <sup>2</sup>	<u>126</u> 100	<u>125</u> 99*	<u>118</u> 94	<u>101</u> 80
Число продуктивных стручков, шт./растение	<u>25,1</u> 100	<u>24,4</u> 97	<u>21,5</u> 86	<u>18,4</u> 73
Число семян в стручке, шт.	<u>9,7</u> 100	<u>9,6</u> 99	<u>8,8</u> 91	<u>7,6</u> 78
Масса 1000 семян, г	<u>4,48</u> 100	<u>4,41</u> 98	<u>4,26</u> 95	<u>3,96</u> 88
Вес семян с одного растения, г	<u>1,091</u> 100	<u>1,033</u> 95	<u>0,800</u> 73	<u>0,578</u> 53

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

На незагрязненной почве уборке сохранилось 126 растений на 1 м<sup>2</sup>, на каждом из которых в среднем было 25,1 шт. продуктивных стручков, а число семян в стручке составило 9,7 шт. при средней массе 1000 семян 4,48 г.

Слабое нефтяное загрязнение одиннадцатилетней давности ухудшило все элементы структуры урожая, но незначительно (1-3 % к контролю). Снижение урожайности ярового рапса от слабого нефтяного загрязнения в основном обуславливалось уменьшением числа продуктивных стручков на одно растение и массы 1000 семян.

На средне- и сильнозагрязненных почвах от нефти в наибольшей степени также уменьшилось число продуктивных стручков на одно растение, однако на вторую позицию по значимости в снижении урожая вышло уменьшение числа семян в стручке. В меньшей степени проявилось негативное влияние нефтяного загрязнения на массу 1000 семян. Так, на сильнозагрязненной почве число продуктивных стручков на одно растение и число семян в стручке под влиянием

нефти снизились соответственно на 27 и 22 % к контролю, то число растений на единицу площади и масса 1000 семян только на 20 и 18 %. Таким образом, на средне- и сильнозагрязненных почвах

основные элементы структуры урожая по их значимости в снижении урожая от нефтяного загрязнения расположились в следующий убывающий ряд: число продуктивных стручков на одно растение > число семян в стручке > число растений на единицу площади > масса 1000 зерен.

Действие нефтяного загрязнения двенадцатилетней давности на структуру урожая проса представлено в таблице 24.

Таблица 24 - Структура урожая проса на нефтезагрязненной серой лесной почве двенадцатилетней давности загрязнения (МпО № 1, 2016 г.)

Показатели структуры урожая	Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>			
	0 (контроль)	10	20	40
Число растений, шт./м <sup>2</sup>	$\frac{236}{100}$	$\frac{231}{98^*}$	$\frac{226}{96}$	$\frac{197}{83}$
Число продуктивных соцветий, шт./м <sup>2</sup>	$\frac{302}{100}$	$\frac{294}{97}$	$\frac{276}{91}$	$\frac{232}{77}$
Продуктивная кустистость	$\frac{1,28}{100}$	$\frac{1,27}{99}$	$\frac{1,22}{95}$	$\frac{1,18}{92}$
Число зерен в соцветии, шт.	$\frac{76,4}{100}$	$\frac{75,2}{98}$	$\frac{63,1}{83}$	$\frac{54,6}{71}$
Масса 1000 зерен, г	$\frac{8,12}{100}$	$\frac{8,11}{100}$	$\frac{7,94}{98}$	$\frac{7,66}{94}$
Вес зерен с одного растения, г	$\frac{0,620}{100}$	$\frac{0,610}{98}$	$\frac{0,501}{81}$	$\frac{0,418}{67}$

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

Материалы таблицы свидетельствуют о том, что нефтяное загрязнение продолжало оказывать негативное влияние на все элементы структуры урожая. Исключение составила лишь масса 1000 зерен на слабозагрязненной почве, которая практически не отличалась от таковой на фоновой почве. Обнаружилось довольно заметная зависимость величин изменений элементов структуры урожая от степени загрязнения почвы: чем больше исходная доза нефти, тем сильнее

уменьшение числа растений и продуктивных соцветий на единицу площади, продуктивной кустистости, числа зерен в соцветии и массы 1000 зерен. Например, если число растений к уборке на слабозагрязненной почве составила 98 % к уровню контроля, то на средне- и сильнозагрязненной почве соответственно 96 и 83 %. По сравнению с густотой стояния растений, снижение числа продуктивных соцветий на единицу площади и числа зерен в соцветии под действием нефтяного загрязнения проявилось сильнее. Так, от максимальной дозы нефти число продуктивных соцветий на единицу площади и зерен в соцветии, по сравнению с контролем, уменьшилась на 23 и 29 %, в то время как число растений проса на единицу площади – на 17 %.

На всех уровнях старого нефтяного загрязнения среди изученных элементов структуры урожая проса меньше всего изменилась масса 1000 зерен. Таким образом, отдельные элементы структуры урожая проса по их степени снижения от старого нефтяного загрязнения средней и сильной степени расположились в следующий убывающий ряд: число зерен в соцветии > число продуктивных соцветей на единицу площади > число растений на единицу площади > масса 1000 зерен.

В целом, анализ структуры урожая четырех культур, выращенных на нефтезагрязненных почвах, показал, что снижение урожайности от старого нефтяного загрязнения девяти- и двенадцатилетней давности обуславливается ухудшением всех элементов структуры урожая, однако размеры их изменения неодинаковы в зависимости от уровня и давности загрязнения. Нефтяное загрязнение в наибольшей степени уменьшало число зерен в колосе (стручке, соцветии) или число продуктивных стеблей (соцветий, стручков) на единицу площади. Третью позицию по степени снижения от нефтяного загрязнения занимало число растений на единицу площади. В наименьшей степени от старого нефтяного загрязнения снизилась масса 1000 зерен.



### 3.4 Химический состав растений на нефтезагрязненной серой лесной почве

Информация о влиянии нефти и нефтепродуктов на химический состав растений скудная. Лишь в работах И.И. Шиловой, Н.М. Макарова (1985), Орлова Д.С. и др., (1991) есть указания на накопление в растениях, выращенных на загрязненных участках, полициклических ароматических углеводородов. По данным Н.А Киреевой (1996), нефтяное загрязнение снижает общее содержание белка в зерне пропорционально концентрации ксенобиотика.

Азот – органогенный элемент, входящий в состав огромного количества органических соединений, важнейшими из которых являются белки, нуклеиновые кислоты, ферменты, хлорофилл, витамины, алкалоиды, играющие огромную роль в обмене веществ (Минеев, 2004).

Содержание общего азота в урожае сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня и давности однократного загрязнения серой лесной почвы нефтью показано в таблице 25 и приложении 19.

На незагрязненной почве (контроль) содержание общего азота в зерне и соломе ярового ячменя равнялось соответственно 2,04 и 0,56 %. Загрязнение серой лесной почвы испытанными дозами (12,5-50 л/м<sup>2</sup>) оказалось губительным для семян ячменя, посеянных через 3 дня после загрязнения. В связи с этим не смогли получить информацию о влиянии свежего нефтяного загрязнения на содержание в растениях ячменя основных питательных элементов.

Через один год после загрязнения делянки были засеяны яровым рапсом. Данная культура смогла выжить только на почве, получившей минимальную дозу нефти (12,5 л/м<sup>2</sup>). Содержание общего азота в семенах и соломе ярового рапса на нефтезагрязненной почве составило соответственно 2,86 и 0,61 %, что достоверно ниже контрольного уровня.

Таблица 25 – Содержание общего азота в урожае сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня однократного загрязнения серой лесной почвы нефтью (МПО № 2)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Яровой ячмень	Яровой рапс	Просо
	Давность загрязнения*		
	3 дня	1 год	2 года
Зерно (маслосемена)			
0 (контроль)	$\frac{2,04^{**}}{100}$	$\frac{3,39}{100}$	$\frac{1,92}{100}$
12,5	-***	$\frac{2,86}{84}$	$\frac{1,73}{90}$
25	-	-	$\frac{1,56}{81}$
50	-	-	-
НСР <sub>05</sub>	-	0,17	0,12
Солома			
0 (контроль)	$\frac{0,56}{100}$	$\frac{0,75}{100}$	$\frac{0,84}{100}$
12,5	-	$\frac{0,61}{81}$	$\frac{0,72}{86}$
25	-	-	$\frac{0,65}{77}$
50	-	-	-
НСР <sub>05</sub>	-	0,09	0,07

Прим.: \* - время, прошедшее с момента загрязнения до посева сельскохозяйственной культуры;

\*\* - в числителе абсолютные значения в процентах, в знаменателе – относительные значения в процентах к уровню контроля (незагрязненной почвы);

\*\*\* - отсутствие урожая.

Просо, посеянное через два года после загрязнения, не дало всходов только на почве, загрязненной максимальной дозой (50 л/м<sup>2</sup>). На слабо- и среднезагрязненных почвах растения проса смогли пройти полный цикл развития, хотя наблюдалось сильное их угнетение и резкое снижение урожайности. Как уже отмечалось (см. табл. 14), по отношению к контролю урожайность зерна проса на

делянках, получивших 12,5 и 25 л/м<sup>2</sup> нефти, составила соответственно только 37 и 19 %. Снижение содержания общего азота в растениях проса от нефтяного загрязнения также произошло, но оно было не в такой сильной степени, как снижение урожайности. Как видно, на слабо- и среднезагрязненной почве по отношению к контролю содержание азота в зерне составило соответственно 90 и 81 %. Снижение содержания общего азота в соломе под действием нефтяного загрязнения было более заметным, чем снижение азота в зерне. Так, если на слабо- и среднезагрязненной почве содержание азота в зерне проса составило 90 и 81 % к контролю, то в соломе соответственно - 86 и 77 %.

Содержание общего фосфора в урожае сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня и давности однократного загрязнения серой лесной почвы нефтью показано в таблице 26 и приложении 20.

Фосфор – важнейший абсолютно необходимый макроэлемент, играющий главную роль в передаче наследственной информации, накоплении и транспорте энергии во всех живых организмах (Соколов, 1950; Чириков, 1956; Чумаченко, 2002; Минеев, 2004).

Информацию о влиянии нефтяного загрязнения на содержание общего фосфора в растениях дал анализ урожая семян и соломы ярового рапса, выращенного на следующий год после загрязнения. На фоновой почве содержание фосфора в семенах и соломе рапса составило соответственно 1,71 и 0,22 %, то есть концентрация фосфора в генеративной части растений была в 7,77 раза выше, чем вегетативной части растений. В ещё большей степени концентрация данного макроэлемента в составе семян превышала (в 8,00 раз) концентрацию его в соломе на нефтезагрязненной почве. Под влиянием слабого нефтяного загрязнения содержание общего фосфора, как в семенах, так и в соломе уменьшилось, однако чуть в меньшей степени, чем уменьшение содержания общего азота. Если содержание азота в семенах и соломе на нефтезагрязненной почве по отношению к контролю составило 84 и 81 %, то содержание фосфора соответственно 89 и 86 %.

Таблица 26 – Содержание общего фосфора в урожае сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня однократного загрязнения серой лесной почвы нефтью (МпО № 2)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Яровой ячмень	Яровой рапс	Просо
	Давность загрязнения*		
	3 дня	1 год	2 года
Зерно (маслосемена)			
0 (контроль)	$\frac{0,82^{**}}{100}$	$\frac{1,71}{100}$	$\frac{0,63}{100}$
12,5	-***	$\frac{1,52}{89}$	$\frac{0,58}{92}$
25	-	-	$\frac{0,54}{86}$
50	-	-	-
НСР <sub>05</sub>	-	0,17	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
Солома			
0 (контроль)	$\frac{0,21}{100}$	$\frac{0,22}{100}$	$\frac{0,20}{100}$
12,5	-	$\frac{0,19}{86}$	$\frac{0,17}{85}$
25	-	-	$\frac{0,16}{80}$
50	-	-	-
НСР <sub>05</sub>	-	0,03	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>

Прим.: \* - время, прошедшее с момента загрязнения до посева сельскохозяйственной культуры;

\*\* - в числителе абсолютные значения в процентах, в знаменателе – относительные значения в процентах к уровню контроля (незагрязненной почвы);

\*\*\* - отсутствие урожая.

Содержание общего фосфора в растениях проса, выращенного через два года после загрязнения, также показало наличие тенденции снижения концентрации фосфора в растениях под влиянием нефтяного загрязнения. Причем, снижение содержания фосфора по отношению к контролю было тем

заметнее, чем больше исходная доза нефти. Однако обнаруженные изменения под влиянием нефтяного загрязнения в составе, как зерна, так и соломы проса оказались статистически недоказуемыми. Данное обстоятельство, на наш взгляд, обусловлено двумя причинами: заметным снижением фитотоксичности нефтезагрязненной почвы за два года под влиянием естественных факторов, так и меньшей изменчивостью содержания общего фосфора, по сравнению с азотом, в растениях под влиянием внешних факторов.

Калий не входит в состав органических соединений, но, несмотря на это выполняет множество важных функций в растениях: активизирует деятельность многих ферментов; участвует в азотном обмене; усиливает отток углеводов из пластинки листа в другие органы, нормализуя тем самым процесс фотосинтеза; нейтрализует отрицательно заряженных компонентов клетки и создает разность электрических потенциалов между клеткой и средой (Ониани, 1981; Минеев, 1999; Прокошев, Дерюгин, 2000; KraussA., 2002).

Содержание общего калия в урожае сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня и давности однократного загрязнения серой лесной почвы нефтью показано в таблице 27 и приложении 21. Распределение калия в растениях, коренным образом отличалось от распределения азота и фосфора: если большая часть последних двух элементов в основном сосредоточена в генеративной части, то львиная доля калия концентрируется в вегетативной части растений. Так, в зерне ячменя и проса, выращенных на фоновой почве, процентное содержание калия в соломе было соответственно в 2,00 и 2,94 раза выше, чем в зерне. Правда, в растениях ярового рапса обнаружилось менее контрастное распределение калия между генеративными и вегетативными органами: процентное содержание калия в соломе превышало содержание в маслосеменах только в 1,20 раза.

Последствие нефтяного загрязнения на содержание калия в растениях также отличалось от такового на предыдущие два элемента. Под действием нефтяного загрязнения одногодичной давности содержание общего калия в семенах ярового рапса повысилось с 0,87 (контроль) до 0,91 %.

Таблица 27 – Содержание общего калия в урожае сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня однократного загрязнения серой лесной почвы нефтью (МПО № 2)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Яровой ячмень	Яровой рапс	Просо
	Давность загрязнения*		
	3 дня	1 год	2 года
Зерно (маслосемена)			
0 (контроль)	$\frac{0,48^{**}}{100}$	$\frac{0,87}{100}$	$\frac{0,52}{100}$
12,5	-***	$\frac{0,91}{105}$	$\frac{0,52}{100}$
25	-	-	$\frac{0,56}{108}$
50	-	-	-
НСР <sub>05</sub>	-	0,04	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
Солома			
0 (контроль)	$\frac{0,96}{100}$	$\frac{1,04}{100}$	$\frac{1,53}{100}$
12,5	-	$\frac{1,15}{111}$	$\frac{1,65}{108}$
25	-	-	$\frac{1,77}{116}$
50	-	-	-
НСР <sub>05</sub>	-	0,11	0,07

Прим.: \* - время, прошедшее с момента загрязнения до посева сельскохозяйственной культуры;

\*\* - в числителе абсолютные значения в процентах, в знаменателе – относительные значения в процентах к уровню контроля (незагрязненной почвы);

\*\*\* - отсутствие урожая.

Более заметно повысилось под действием нефтяного загрязнения содержание калия в соломе ярового рапса: если на незагрязненной почве содержание калия равнялось 1,04 %, то на слабозагрязненной почве одногодичной давности – 1,15 %, то есть повысилось в 1,11 раза.

Содержание калия в растениях проса показало действие нефтяного загрязнения двухгодичной давности в зависимости от уровня исходного загрязнения. По мере самоочищения почвы от нефтяных веществ, о чем свидетельствует постепенное приближение урожайности на нефтезагрязненной почве к контролю, различие в содержании калия уменьшается или вообще исчезает. В зерне проса, выращенной на фоновой и слабозагрязненной почвах, содержание общего калия в зерне было одинаковым. На среднезагрязненной почве ( $25 \text{ л/м}^2$ ) наблюдалось некоторое повышение концентрации калия по отношению к контролю, однако оно оказалось статистически несущественным.

Влияние нефтяного загрязнения двухгодичной давности рельефнее отразилось в составе соломы проса. Загрязнение нефтью достоверно повысило содержание общего калия в соломе на обоих уровнях загрязнения, причем тем сильнее, чем выше степень загрязнения. Если на слабозагрязненной почве содержание общего калия в соломе проса увеличилось, по отношению к контролю, в 1,08 раза, то на среднезагрязненной почве – в 1,16 раза.

Таким образом, изучение содержания общего азота, фосфора и калия в растениях ярового рапса и проса, выращенных через один и два года после загрязнения нефтью дозами  $12,5$  и  $25 \text{ л/м}^2$ , позволяет заключить, что под действием нефтяного загрязнения содержание азота и фосфора с одной стороны и калия с другой изменились в противоположных направлениях. Если содержание азота и фосфора в растениях под влиянием нефти снижалось (по отношению к контролю), то калия – повышалось. Причем, эти изменения были более значимыми при более высокой дозе нефти и затухали по мере старения нефтяного загрязнения. Загрязнение почвы нефтью заметнее отразилось в химическом составе вегетативной, нежели генеративной части урожая обеих испытанных культур. Из трех макроэлементов, изученных нами, под действием нефти более заметно изменилась концентрация азота. На наш взгляд, обнаруженные изменения содержания азота, фосфора и калия в урожае испытанных культур под влиянием нефтяного загрязнения объясняются неодинаковым влиянием последнего

на процессы накопления сухого вещества и поглощения отдельных питательных элементов, в результате чего обнаруживаются разнонаправленные изменения (повышение или снижение) в концентрации химических элементов репродуктивных и вегетативных органах растений.

### **3.5 Восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы агроэкологическими приемами**

Как уже отмечалось выше, известен ряд приемов восстановления плодородия нефтезагрязненных почв, в основу которых положены различные методы элиминирования нефтяных веществ. Ликвидация нефтяных загрязнений почвы, может быть осуществлена различными методами: механическими (землевание, засыпка грунтом), физико-химическими (сжигание, промывка, дренирование почвы, экстракция растворителями, сорбция, термическая десорбция), биологическими (биоремедиация, фиторемедиация).

Прежде наиболее простыми и дешевыми приемами ликвидации нефтяного загрязнения почвы считались: землевание, сжигание или засыпка загрязненной почвы грунтом (песок, торф и др.). Однако эти способы неэффективны и вредны по ряду причин: сжигание приводит к загрязнению не только почвы, но и воздуха и водной среды опасными продуктами горения, а засыпка (погребение) загрязненной почвы грунтом резко снижает возможность деструкции нефтяных веществ из-за возникновения анаэробных условий. Землевание, то есть замена загрязненной почвы плодородным слоем привозной почвы, – это, по сути, не реабилитация, а перевод загрязненной почвы в разряд опасного отхода, требующего дальнейшей утилизации. Кроме того, для замены загрязненной почвы требуется огромное количество привозного плодородного грунта.

Очистка почв и грунтов путем термической десорбции, пиролиза или экстракции паром, растворителями, растворами ПАВ (поверхностно-активные веществ) в специальных установках (отмывка), а также промывка растворами ПАВ на месте (insitu) со строительством дренажа для сбора промывных вод,



дорогостояща и малоэффективна для больших объемов грунта. Поэтому, по мнению большинства ученых и специалистов, наиболее перспективным считается биологический метод, опирающийся на способность углеводородокисляющих микроорганизмов (аборигенных или привнесенных) к активному разложению нефтяных веществ до безопасных соединений – углекислого газа, воды и др. (Гилязов и др., 2009; Melekhina et al., 2015; Tolpeshta et al., 2015; Anchugova et al., 2016; Nwankwegu et al., 2017; Saraeian et al., 2018). Для поддержания активной жизнедеятельности УОМ требуется оптимизация почвенных условий: кислотно-основных свойств, питательного и водно-воздушного режимов общеизвестными агротехническими и агрохимическими приемами: рыхлением, внесением органических и минеральных удобрений, химических мелиорантов. Именно эти обстоятельства были побудительными мотивами для нашего исследования, результаты которого приведены ниже.

### ***3.5.1 Действие агрохимических и агротехнических приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы на урожайность сельскохозяйственных культур***

Эффективность испытанных приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной почвы оценивалась нами по урожайности основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур. Урожайность – количество растительной продукции, производимой в расчете на единицу площади, главный интегрированный показатель уровня эффективного плодородия почв сельскохозяйственных земель.

В приложениях 22-25 приведены урожайные данные основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур по вариантам второго блока микрополевого опыта (МпО № 1). Напомним, что в данном блоке эксперимента в качестве восстановительных плодородие нефтезагрязненной почвы приемов изучены: послойное рыхление почвы, внесение органических и минеральных удобрений, известкование и инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1. Как

уже отмечалось, почва была преднамеренно загрязнена в мае 2004 г. из расчета 20 л товарной нефти на 1 м<sup>2</sup>, что, согласно (Гилязов, Гайсин, 2003), соответствовала среднему уровню загрязнения. 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 без возделывания сельскохозяйственной культуры. 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.

Подробная характеристика испытанных агрохимических приемов рекультивации: нормы, дозы сроки и способы внесения минеральных удобрений, биогумуса, извести, биопрепарата Байкал ЭМ-1, была дана во второй главе.

Действие приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы на продуктивность сельскохозяйственных культур изучали в севообороте со следующим чередованием культур: яровая пшеница – ячмень – яровой рапс – просо. С момента закладки опыта прошла три ротации севооборота, то есть каждая культура в 2005-2016 гг. возделывалась три раза при различной давности загрязнения.

Прежде чем перейти к обсуждению эффективности тех или иных приемов рекультивации, следует отметить, что на величину урожайности помимо испытанных приемов рекультивации весьма сильное влияние оказывало, как уже отмечалось выше, давность загрязнения или по-другому временной фактор.

На серой лесной почве, искусственно загрязненной нефтью из расчета 20 л/м<sup>2</sup>, в течение первого года всходы (викоовсяная смесь) не появились, а на второй год они погибли после появления (яровая пшеница). Начиная с третьего года, без каких-либо приемов рекультивации, началось медленное приближение урожайности на нефтезагрязненной почве к уровню фоновой почвы.

Сравнительный анализ урожайности основной продукции

сельскохозяйственных культур на фоновой и нефтезагрязненной почве без приемов рекультивации показывает большое влияние давности загрязнения на величину урожайности и демонстрирует постепенное, хотя и медленное, самовосстановление плодородия нефтезагрязненной почвы (рисунок 22).

Линейная зависимость урожайности основной продукции испытанных сельскохозяйственных культур (яровой ячмень, яровой рапс, просо, яровая пшеница) от давности загрязнения серой лесной почвы товарной нефтью описывалась уравнением регрессии:

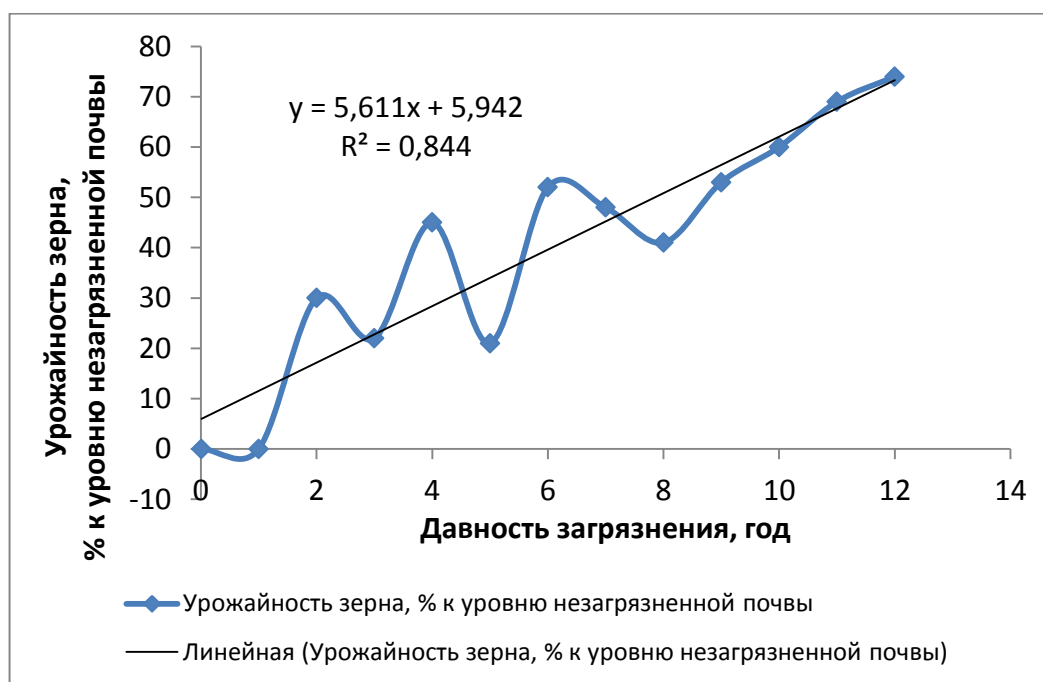


Рисунок 22 - Динамика роста урожайности зерна (маслосемян) на нефтезагрязненной серой лесной почве без приемов рекультивации во времени (МПО № 1)

$$Y = 5,611 \cdot x + 5,942, \quad (3)$$

где  $Y$  – урожайность основной продукции, % к уровню на незагрязненной почве;  
 $x$  – давность загрязнения, год.

Величина коэффициента детерминации ( $R^2=0,844$ ) свидетельствует о том, что уровень урожайности испытанных сельскохозяйственных культур без приемов рекультивации в большой степени (примерно на 84 %) определялась давностью загрязнения (время, прошедшее с момента загрязнения до посева

сельскохозяйственной культуры).

Динамика изменения урожайности побочной продукции (соломы) по мере старения нефтяного загрязнения почвы без приемов рекультивации показана на рисунке 23.

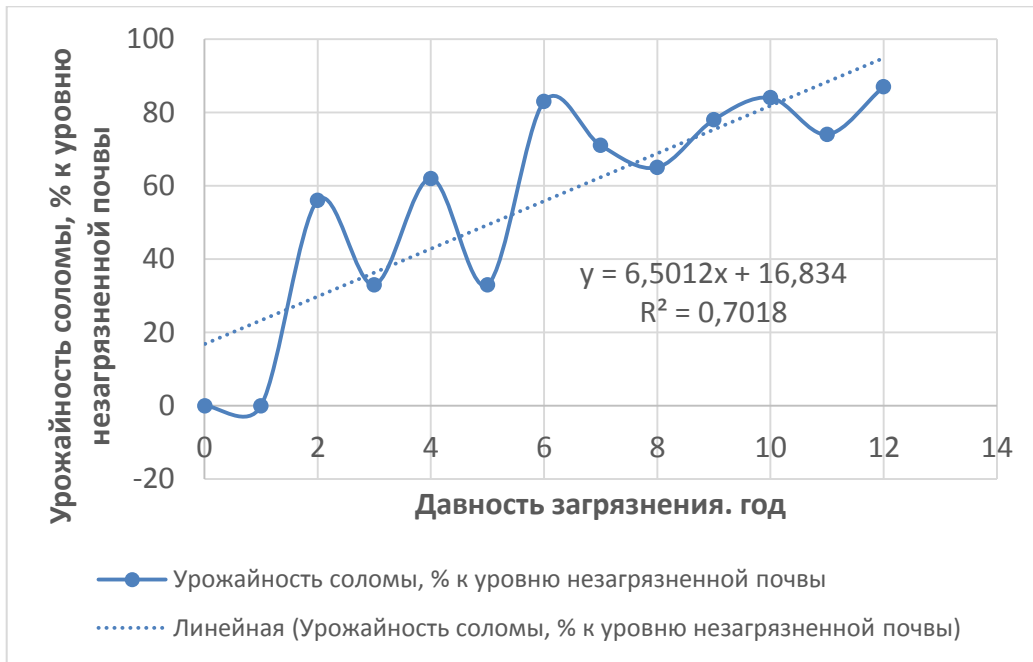


Рисунок 23 – Динамика роста урожайности соломы на нефтезагрязненной серой лесной почве без приемов рекультивации во времени (МПО № 1)

Зависимость урожайности соломы подопытных культур от давности загрязнения серой лесной почвы нефтью без приемов рекультивации описывалась уравнением регрессии:

$$Y = 6,5012 \cdot x + 16,834, \quad (4)$$

где  $Y$  – урожайность соломы, % к уровню на незагрязненной почве;

$x$  – давность загрязнения, год.

Величина коэффициента детерминации ( $R^2=0,7018$ ) свидетельствует о том, что степень зависимости урожайности соломы на нефтезагрязненной почве без приемов рекультивации от давности загрязнения достаточно высокая, хотя

несколько ниже, чем зависимость урожайности зерна.

Как видно, урожайность как зерна, так и соломы испытанных культур по мере старения нефтяного загрязнения без каких-либо приемов рекультивации медленно повышаются, хотя и скачкообразно. Следовательно, оценить эффективность приемов рекультивации нам приходилось на фоне постоянно действующего временного фактора, поэтому, на наш взгляд, более объективным критерием является измерение прибавок урожая в относительных единицах. В связи с этим, в таблицах 28 и 29 прибавки урожая сельскохозяйственных культур от приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы приведены в абсолютных ( $\text{г/м}^2$ ) и относительных единицах (процент к уровню урожая на нефтезагрязненной почве).

Прибавки урожая основной продукции от приемов рекультивации сильно варьировали по годам и вариантам опыта. В первой ротации севооборота (2005-2008 гг.) прибавки урожая зерна ячменя, рапса и проса от приемов рекультивации колебались в пределах от 64 до 300 % к уровню урожая на нефтезагрязненной почве.

Во второй ротации севооборота (2009-2012 гг.) прибавки урожая основной продукции испытанных культур от приемов рекультивации несколько уменьшились и составили 11-284 % к уровню урожая на нефтезагрязненной почве.

В третьей ротации севооборота (2013-2016 гг.) прибавки урожая зерна (маслосемян) в относительной единице (процент к уровню урожая на Нефтезагрязненной почве) ещё более заметно уменьшились и составили только 5-144 %. Как видим, относительные размеры (в процентах) прибавокурожай зерна (маслосемян) испытанных культур по мере старения нефтяного загрязнения постепенно снижались.

Таблица 28 – Прибавки урожая основной продукции (зерно) сельскохозяйственных культур от приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы (МпО № 1)

Год, культура	Приемы рекультивации						НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )
	Рыхление	Известь +Рыхление	Известь + Рыхление + NPK	Известь + Рыхление + Биогумус	Известь +Рыхление +Байкал	Известь +Рыхление +NPK +Байкал	
2006, ячмень	$\frac{58^*}{116}$	$\frac{66}{132}$	$\frac{99}{198}$	$\frac{95}{190}$	$\frac{82}{164}$	$\frac{121}{242}$	12
2007, яровой рапс	$\frac{58}{171}$	$\frac{62}{182}$	$\frac{95}{279}$	$\frac{90}{265}$	$\frac{81}{238}$	$\frac{102}{300}$	10
2008, просо	$\frac{63}{64}$	$\frac{73}{73}$	$\frac{96}{97}$	$\frac{91}{92}$	$\frac{86}{87}$	$\frac{103}{104}$	13
2009, яровая пшеница	$\frac{86}{141}$	$\frac{101}{166}$	$\frac{162}{266}$	$\frac{136}{223}$	$\frac{127}{208}$	$\frac{173}{284}$	16
2010, ячмень	$\frac{19}{45}$	$\frac{20}{48}$	$\frac{34}{81}$	$\frac{24}{57}$	$\frac{30}{71}$	$\frac{40}{95}$	9
2011, яровой рапс	$\frac{9}{11}$	$\frac{16}{20}$	$\frac{88}{111}$	$\frac{69}{87}$	$\frac{44}{56}$	$\frac{95}{120}$	11
2012, просо	$\frac{18}{18}$	$\frac{29}{29}$	$\frac{180}{178}$	$\frac{121}{120}$	$\frac{64}{63}$	$\frac{191}{189}$	12
2013, яровая пшеница	$\frac{19}{18}$	$\frac{19}{18}$	$\frac{131}{127}$	$\frac{59}{57}$	$\frac{49}{48}$	$\frac{148}{144}$	13
2014, ячмень	$\frac{10}{8}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{141}{114}$	$\frac{88}{71}$	$\frac{61}{49}$	$\frac{161}{130}$	15
2015, яровой рапс	$\frac{5}{5}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{91}{96}$	$\frac{80}{84}$	$\frac{39}{41}$	$\frac{106}{112}$	13
2016, просо	$\frac{9}{6}$	$\frac{10}{7}$	$\frac{114}{83}$	$\frac{97}{70}$	$\frac{43}{31}$	$\frac{133}{96}$	13

Прим.: \* - в числителе в г/м<sup>2</sup>, в знаменателе – в процентах к уровню урожая на нефтезагрязненной почве.

Таблица 29 – Прибавки урожая побочной продукции (солома) сельскохозяйственных культур от приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы (МпО № 1)

Год, культура	Приемы рекультивации						НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )
	Рыхление	Известь + Рыхление	Известь + Рыхление + NPK	Известь + Рыхление + Биогумус	Известь + Рыхление + Байкал	Известь + Рыхление + Байкал + NPK	
2006, ячмень	$\frac{53}{51}$	$\frac{68}{66}$	$\frac{88}{85}$	$\frac{79}{77}$	$\frac{76}{74}$	$\frac{104}{101}$	15
2007, яровой рапс	$\frac{52}{84}$	$\frac{59}{95}$	$\frac{102}{165}$	$\frac{104}{168}$	$\frac{76}{123}$	$\frac{113}{182}$	11
2008, просо	$\frac{66}{23}$	$\frac{79}{28}$	$\frac{134}{47}$	$\frac{134}{47}$	$\frac{90}{32}$	$\frac{139}{49}$	21
2009, яровая пшеница	$\frac{155}{140}$	$\frac{174}{157}$	$\frac{310}{279}$	$\frac{242}{218}$	$\frac{227}{205}$	$\frac{321}{289}$	21
2010, ячмень	$\frac{42}{35}$	$\frac{48}{40}$	$\frac{91}{75}$	$\frac{62}{51}$	$\frac{84}{69}$	$\frac{97}{80}$	15
2011, яровой рапс	$\frac{9}{6}$	$\frac{9}{6}$	$\frac{78}{53}$	$\frac{57}{39}$	$\frac{35}{24}$	$\frac{84}{57}$	13
2012, просо	$\frac{28}{7}$	$\frac{73}{17}$	$\frac{394}{94}$	$\frac{312}{74}$	$\frac{341}{81}$	$\frac{402}{95}$	22
2013, яровая пшеница	$\frac{4}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{116}{71}$	$\frac{41}{25}$	$\frac{32}{20}$	$\frac{138}{85}$	17
2014, ячмень	$\frac{11}{5}$	$\frac{13}{6}$	$\frac{162}{79}$	$\frac{83}{41}$	$\frac{64}{31}$	$\frac{151}{74}$	15
2015, яровой рапс	$\frac{11}{8}$	$\frac{14}{10}$	$\frac{133}{94}$	$\frac{115}{81}$	$\frac{53}{37}$	$\frac{147}{103}$	16
2016, просо	$\frac{26}{6}$	$\frac{30}{7}$	$\frac{264}{61}$	$\frac{235}{54}$	$\frac{139}{32}$	$\frac{270}{62}$	28

Прим.: \* - в числителе в г/м<sup>2</sup>, в знаменателе – в процентах к уровню урожая на нефтезагрязненной почве.

Особенно наглядно отмеченное явление постепенного уменьшения величин прибавок урожая от приемов рекультивации, выраженных в процентах к уровню урожая на загрязненной почве, по мере роста давности загрязнения иллюстрируется графиками рисунков 24 и 25.

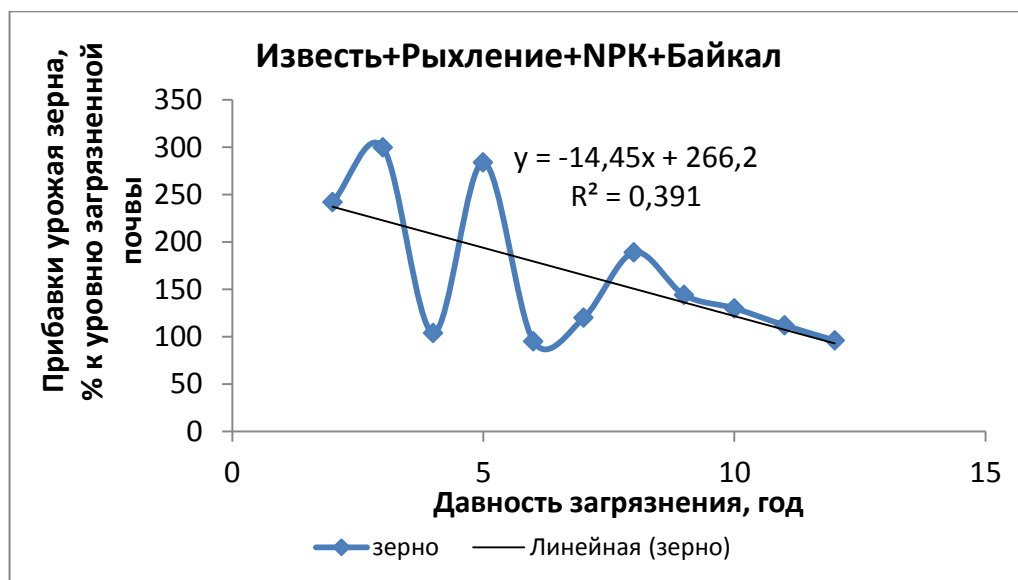


Рисунок24 - Динамика изменения прибавок урожая зерна (маслосемян) от комплексного применения агрохимических и агротехнических приемов рекультивации нефтезагрязненной почвы во времени (МпО № 1)

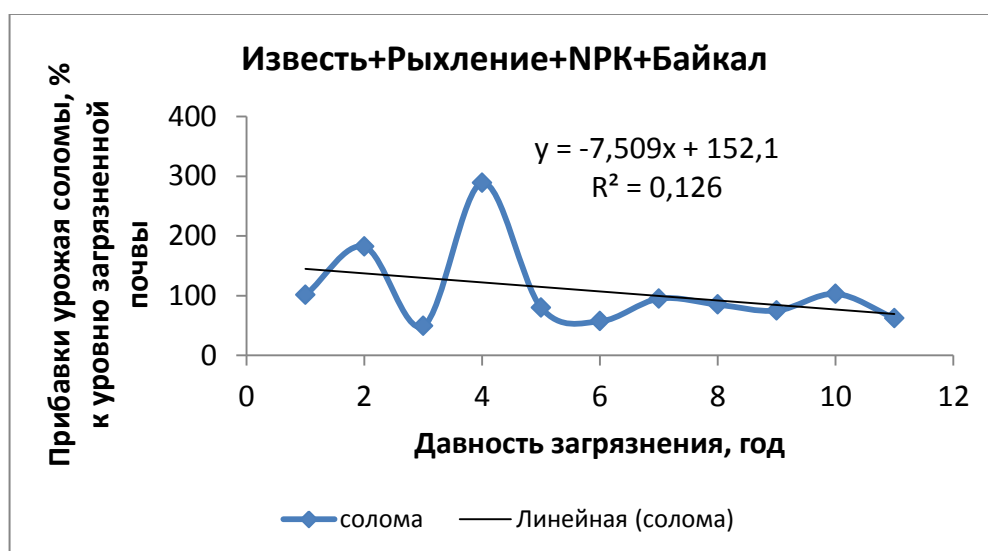


Рисунок25 - Динамика изменения прибавок урожая соломы от комплексного применения агрохимических и агротехнических приемов рекультивации нефтезагрязненной почвы во времени (МпО № 1)



На этих рисунках показана динамика изменения прибавок урожая зерна и соломы испытанных сельскохозяйственных культур по варианту опыта «Известь+Рыхление+NPK+Байкал ЭМ-1» во времени (давности загрязнения).

Судя по коэффициентам детерминации ( $R^2=0,126$ ) и корреляции ( $r=0,35$ ), зависимость прибавок урожая соломы от давности загрязнения почвы нефтью оказалась заметно слабее, чем зависимость прибавок урожая зерна.

Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) показывает, что величины прибавок урожая зерна обуславливались давностью загрязнения примерно на 39 %. Если судить зависимость прибавок урожая зерна от давности загрязнения почвы нефтью по величине коэффициента корреляции ( $r=0,63$ ) согласно шкале Чеддока, то она должна оцениваться как заметная ( $r=0,51-0,70$ ).

Линейная отрицательная зависимость прибавок урожая зерна культур от давности загрязнения серой лесной почвы товарной нефтью описывалась уравнением регрессии:

$$Y = -14,45 \cdot x + 266,2, \quad (5)$$

где  $Y$  – прибавки урожая основной продукции, % к уровню на нефтезагрязненной почве без приемов рекультивации;

$x$  – давность загрязнения, год.

Таким образом, относительные размеры (в процентах к уровню загрязненной почвы) прибавок урожая зерна и соломы испытанных культур от приемов рекультивации по мере старения нефтяного загрязнения постепенно снижались. Однако при этом абсолютные величины прибавок урожая не снижались, а наоборот, имели тенденцию некоторого роста. Так, если в первой ротации севооборота прибавки урожая основной продукции ячменя, ярового рапса и проса равнялись 120, 102 и 103 г/м<sup>2</sup>, то в третьей ротации они составили соответственно 161, 106 и 133 г/м<sup>2</sup>.

Переходим к рассмотрению сравнительной эффективности применения отдельных приемов рекультивации нефтезагрязненной почвы и их сочетаний по величине прибавок урожая основной и побочной продукции.

В целом, данные таблиц 28 и 29 указывают высокую эффективность испытанных приемов рекультивации нефтезагрязненной почвы.

В 2006 г., после двухлетнего интенсивного проведения рекультивационных работ без посева сельскохозяйственных культур, испытанные приемы рекультивации позволили получить прибавки урожая от 58 до 121 г/м<sup>2</sup> зерна ячменя, которые в 1,16-2,42 раза превышали урожайность на нефтезагрязненной почве без приемов рекультивации.

На следующий год (2007 г.) положительное влияние приемов рекультивации проявилось ещё более существенно: прибавки урожая маслосемян ярового рапса составили 171-300 % к уровню урожая на нерекультивируемой почве.

В последующие годы (2008-2016 гг.) прибавки урожая сильно колебались по годам и вариантам опыта, поднимаясь до 284 и опускаясь до 5 % к уровню урожая на загрязненной почве без приемов рекультивации.

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

Ранжирование сочетаний приемов рекультивации по величине среднегодовой прибавки урожая основной продукции наглядно иллюстрируется линейчатой диаграммой рисунка 26.



Рисунок 26 - Среднегодовые прибавки урожая основной продукции (зерно) от сочетания приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы (МПО № 1, 2006-2016 гг.)

В 2006-2016 гг. среднегодовые прибавки урожая зерна от вариантов опыта «Известь+Рыхление+ NPK+Байкал», «Известь +Рыхление+ NPK» и «Известь +Рыхление+ Биогумус» составили соответственно 165, 148 и 120 % к уровню урожая на нефтезагрязненной почве без приемов рекультивации. Тройке лидеров заметно уступали сочетания «Известь +Рыхление+ Байкал» и «Известь +Рыхление», среднегодовые прибавки урожая основной продукции которых составили соответственно 96 и 63 % к уровню урожая на загрязненной почве.

Прибавки урожая основной продукции от отдельных приемов рекультивации, рассчитанные вычлениением из комбинации приемов, показали вклад каждого приема в повышении урожайности (рисунок 27).

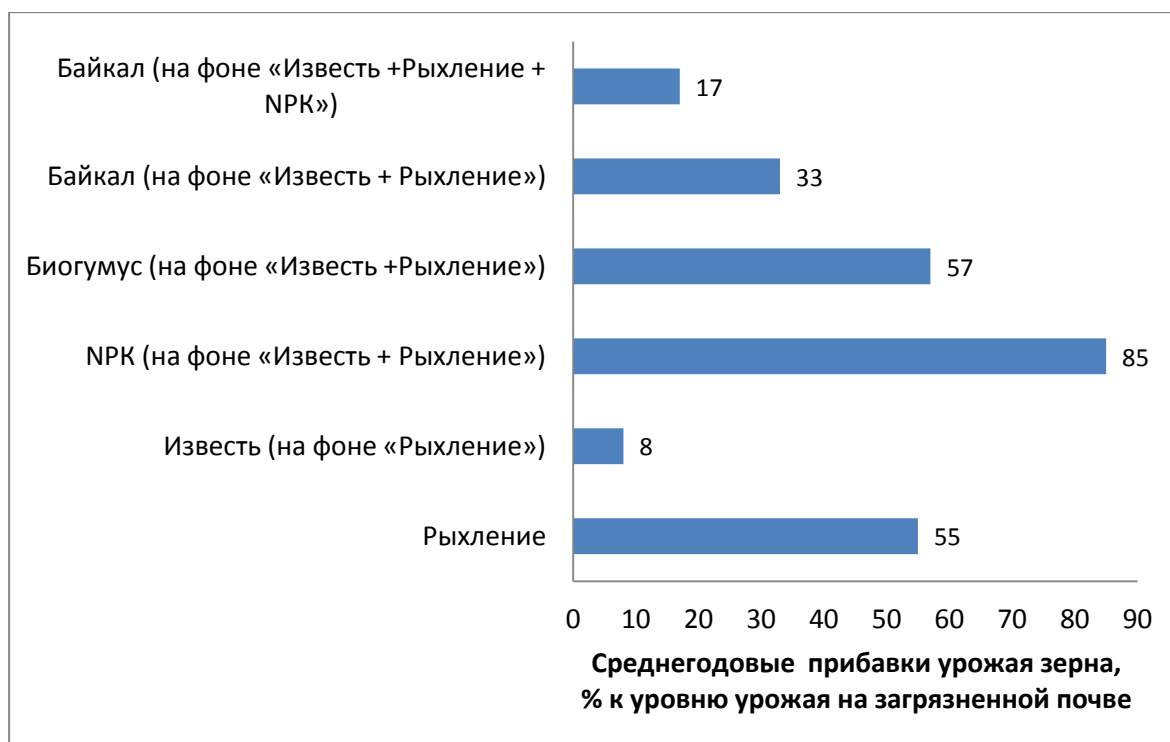


Рисунок 27 - Среднегодовые прибавки урожая основной продукции (зерно) от отдельных приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы (МпО № 1, 2006-2016 гг.)

В среднем за 2006-2016 гг. наибольший вклад в повышении прибавок урожая основной продукции испытанных культур на рекультивируемых почвах внесло полное минеральное удобрение, использованное на фоне известкования и рыхления почвы – 85 % к уровню урожая на нефтезагрязненной почве.

Второе место по значимости в повышении прибавок урожая зерна (57 % к уровню урожая на загрязненной почве) принадлежало биогумусу, внесенного также на фоне известкования и рыхления почвы. Как видно, биогумус по влиянию на прибавки урожая основной продукции значительно уступал минеральным удобрениям.

По влиянию на прибавки урожая испытанных культур за указанный период биогумусу незначительно уступало рыхление почвы. Среднегодовая прибавки урожая от этого агротехнического приема составила 55 % к уровню урожая на загрязненной почве.

Биопрепарат Байкал ЭМ-1 существенно уступал по эффективности минеральным удобрениям и биогумусу: в зависимости от сочетания с другими приемами от инокуляции почвы биопрепаратом были получены прибавки урожая зерна (маслосемян), численно равные 17 и 33 % от уровня урожая на нефтезагрязненной почве без приемов рекультивации. Как видно, положительное влияние данного биопрепарата рельефнее проявилось на фоне известкования и рыхления без внесения минеральных удобрений.

Минимальную прибавку урожая основной продукции испытанных сельскохозяйственных культур (8 % к уровню урожая на загрязненной почве) дало известкование, проведенное на фоне рыхления почвы.

Таким образом, судя по среднегодовым прибавкам урожая основной продукции сельскохозяйственных культур в 2006-2016 гг. отдельные приемы рекультивации расположились в следующий убывающий ряд: внесение полного минерального удобрения > внесение биогумуса > рыхление почвы > инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 > известкование.

Определенный интерес представляет характер изменения роли отдельных приемов рекультивации по мере старения нефтяного загрязнения. На рисунках 28-31 в виде круговых диаграмм показано изменение доли отдельных приемов рекультивации в суммарной прибавке урожая по ротациям севооборота в основных вариантах опыта.

По варианту опыта «Известь + Рыхление + NPK» в первой ротации севооборота (2005-2008 гг.) главным фактором, внесшим наибольший вклад в повышение урожайности основной продукции подопытных культур, оказался интенсивное рыхление почвы (рисунок 28). Как видно, данный агротехнический прием обеспечил получение 61 % от общей прибавки урожая. Доля второго по значимости фактора повышения урожая – внесения минеральных удобрений, составила 33 % в суммарной прибавке урожая. Вклад известкования в получении прибавки урожая на нефтезагрязненной почве был минимальным: 6 % в суммарной прибавке урожая основной продукции.

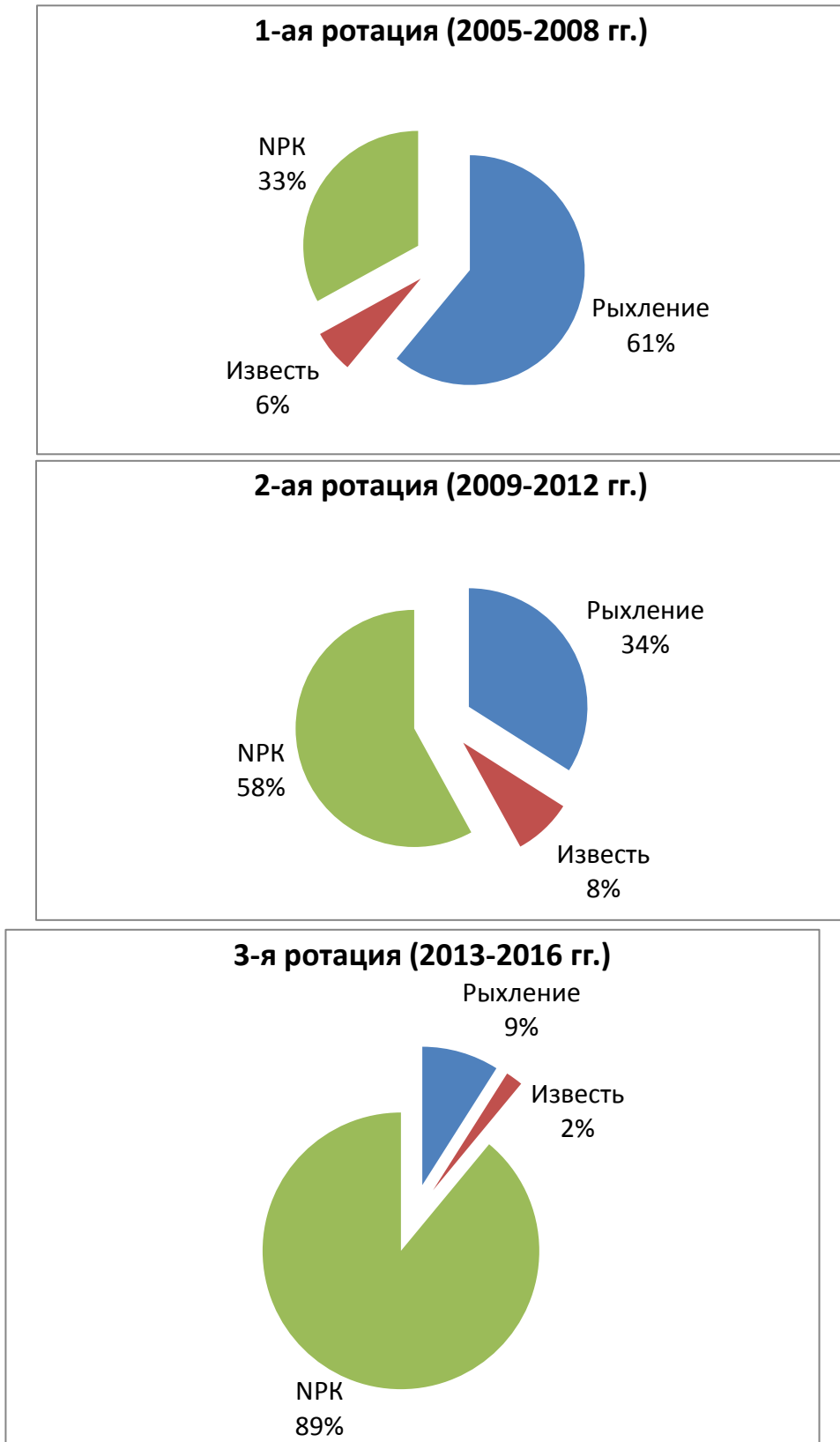


Рисунок 28 - Изменение доли отдельных приемов рекультивации в суммарной прибавке урожая по ротациям севооборота в варианте опыта «Известь + Рыхление +NPK»(МпО № 1)

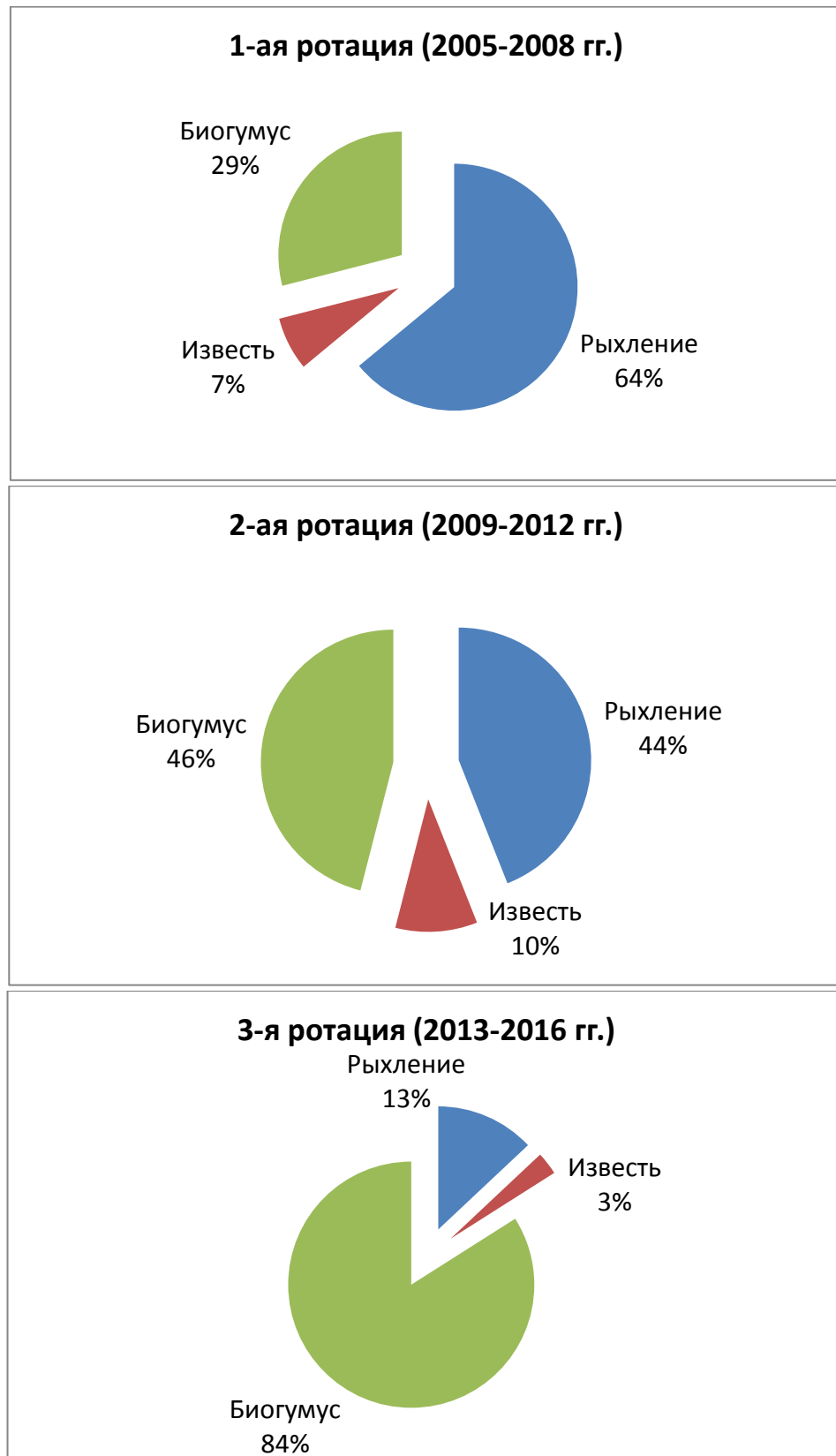


Рисунок 29 - Изменение доли отдельных приемов рекультивации в суммарной прибавке урожая по ротациям севооборота в варианте опыта «Известь + Рыхление + Биогумус» (МпО № 1)

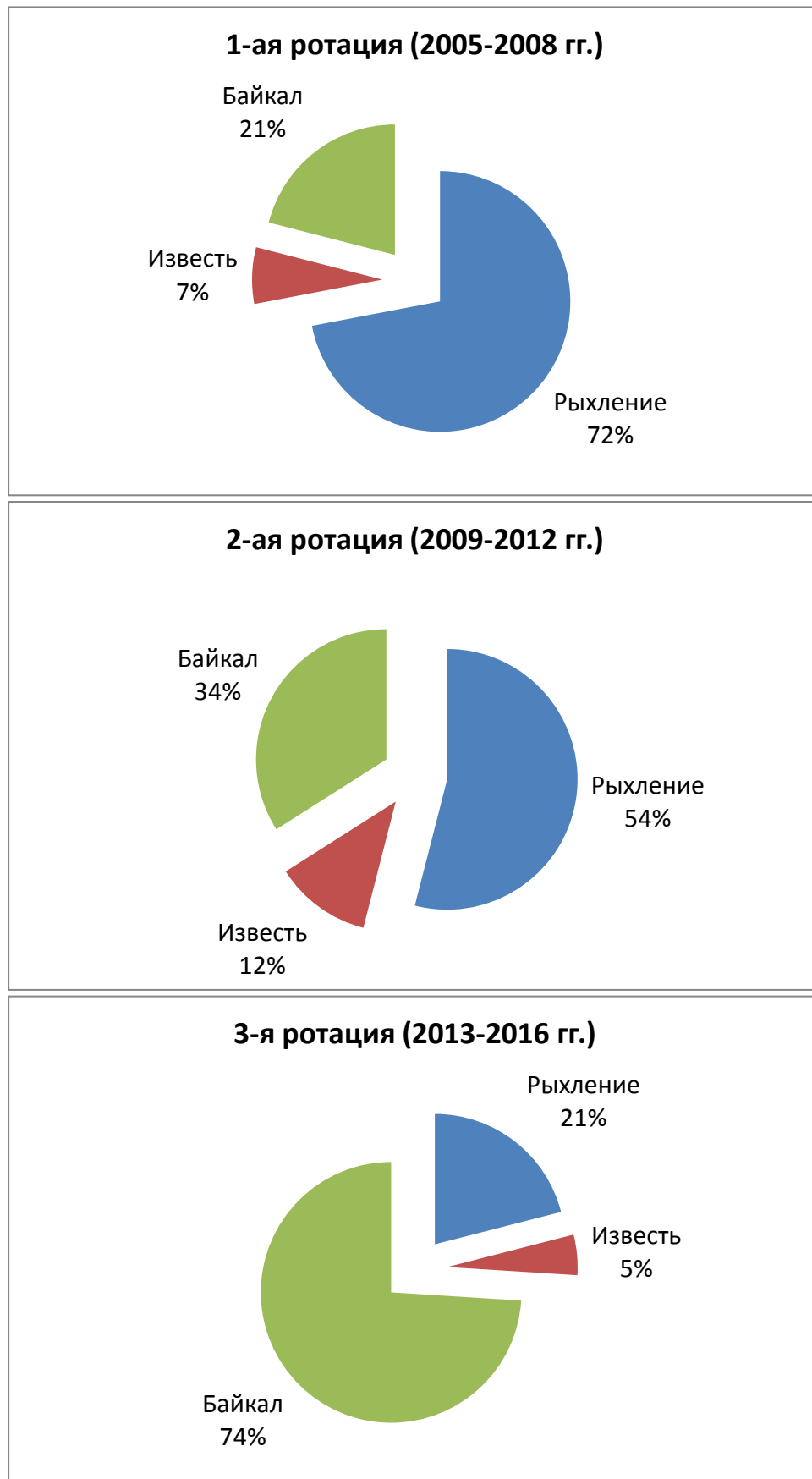


Рисунок 30 - Изменение доли отдельных приемов рекультивации в суммарной прибавке урожая по ротациям севооборота в варианте опыта «Известь + Рыхление +Байкал»(МПО № 1)



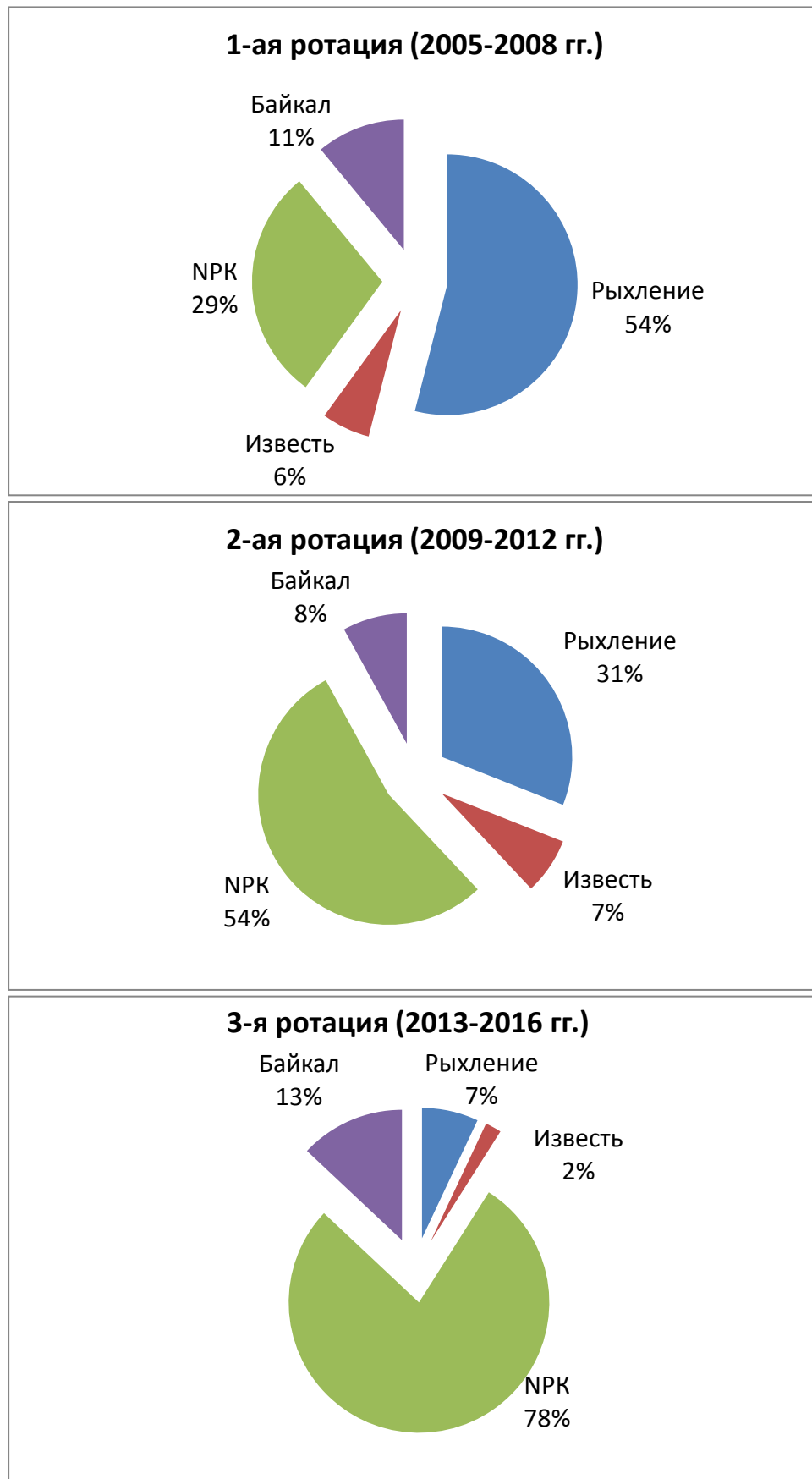


Рисунок 31 - Изменение доли отдельных приемов рекультивации в суммарной прибавке урожая по ротациям севооборота в варианте опыта «Известь + Рыхление +НПК +Байкал»(МПО № 1)

Во второй ротации севооборота (2009-2012 гг.) внесение минеральных удобрений и рыхление почвы поменялись местами: вклад минеральных удобрений в суммарной прибавке урожая вырос до 58 %, в то время как вклад рыхления почвы упал до 34 %. Доля известкования в суммарной прибавке урожая основной продукции существенно не изменилась и составила 8 %.

В третьей ротации севооборота ещё более рельефно проявилась значимость внесения полного минерального удобрения в повышении прибавок урожая при одновременном резком снижении роли рыхления почвы и известкования. Долевое участие полного минерального удобрения, рыхления и известкования нефтезагрязненной почвы в суммарной прибавке урожая основной продукции составили соответственно 89; 9 и 2 %.

Материалы рисунка 29 показывают изменение доли отдельных приемов рекультивации в суммарной прибавке урожая по ротациям севооборота в варианте опыта «Известь + Рыхление +Биогумус». Характер изменения значимости рыхления и известкования нефтезагрязненной почвы в суммарной прибавке урожая по ротациям севооборота оказался примерно таким же, как в варианте опыта «Известь + Рыхление +NPK»: по мере старения нефтяного загрязнения значимость рыхления снизилась с 64 до 13 %, а вклад известкования в повышении урожайности в течение всего срока наблюдения оставался небольшим. Изменение доли биогумуса в суммарной прибавке урожая по ротациям севооборота было аналогичным таковому полного минерального удобрения: с первой по третьей ротации доля биогумуса в суммарной прибавке урожая постепенно возрастала с 29 до 84 %.

Биопрепарат Байкал ЭМ-1 в варианте опыта «Известь + Рыхление +Байкал» действовал примерно также как полное минеральное удобрение и биогумус: по мере роста давности загрязнения значимость инокуляции нефтезагрязненной почвы биопрепаратом в суммарной прибавке урожая возрастала с 21 до 74 % (рисунок 30). Интересно, что по этому варианту опыта значимость рыхления почвы оставалась более весомой во второй и третьей ротациях севооборота, чем в двух предыдущих вариантах опыта. Как видно, доля рыхления почвы в

суммарной прибавке урожая во второй ротации осталась доминирующей и составила 54 %. Кроме того, в третьей ротации севооборота доля рыхления в суммарной прибавке урожая равнялась 21 %, что заметно выше доли рыхления в предыдущих двух вариантах опыта («Известь + Рыхление +NPK» и «Известь + Рыхление +Биогумус»). Данное явление возможно обусловлено высокой потребностью микроорганизмов биопрепарата Байкал ЭМ-1 в аэрации почвы.

На рисунке 31 представлены материалы по варианту опыта, обеспечившему получение максимальных прибавок урожая основной продукции от испытанных приемов рекультивации. В отличие от предыдущих вариантов опыта, в данном случае изучалось сочетание четырех приемов: известкование, рыхление почвы, внесение минеральных удобрений и инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1. Главенствующая роль рыхления почвы и внесения полного минерального удобрения в получении прибавок урожая основной продукции на нефтезагрязненной почве четко проявилась и в этом варианте опыта. Инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 явно уступала этим двум приемам рекультивации. Например, в суммарной прибавке урожая основной продукции долевое участие биопрепарата было меньше долевого участия минеральных удобрений в первой и второй ротациях севооборота соответственно в 2,64 и 6,75 раза.

Характер изменения значимости отдельных приемов рекультивации, испытанных в варианте «Известь + Рыхление + NPK +Байкал», по ротациям севооборота иллюстрируется линиями тренда, представленными на рисунке 32. Как видно, обнаружилась очень тесная положительная линейная зависимость роста вклада минеральных удобрений в суммарную прибавку урожая по мере старения нефтяного загрязнения ( $R^2=0,999$ ). Такой же тесной оказалась зависимость снижения доли прибавок урожая от рыхления почвы по ротациям севооборота.

Значимость вклада биопрепарата Байкал ЭМ-1 в суммарную прибавку урожая по ротациям севооборота изменилась слабо( $R^2=0,158$ ). Минимальный вклад в суммарную прибавку урожая, как и в предыдущих вариантах опыта,

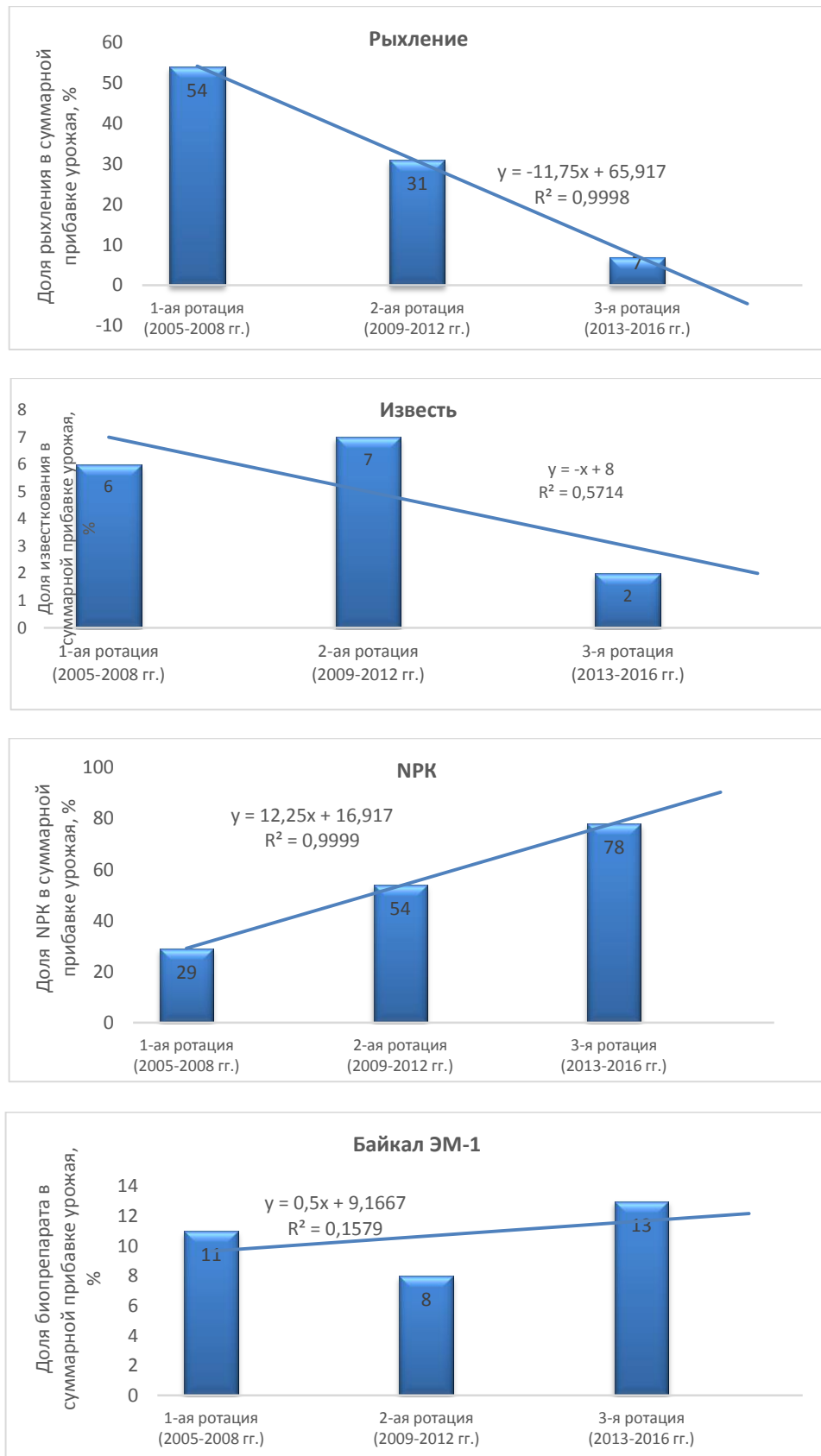


Рисунок 32 – Характер изменения доли отдельных приемов рекультивации в суммарной прибавке урожая по ротациям севооборота в варианте опыта «Известь + Рыхление +НРК +Байкал»(МПО № 1)

внесло известкование и значимость этого приема снижалась с ростом давности загрязнения ( $R^2=0,571$ ).

Данное обстоятельство, возможно связано с тем, что исходная (незагрязненная) почва имела слабокислую реакцию. Можно также предположить, что такая реакция среды для углеводородоокисляющих микроорганизмов и испытанных сельскохозяйственных культур не оказала заметного негативного влияния.

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

### ***3.5.2 Действие биопрепарата Микрозим (tm) Петро Трит на урожайность сельскохозяйственных культур***

Биопрепарат Байкал ЭМ-1, использованный нами в первом стационарном опыте (МпО №1), не содержал специализированные углеводородоокисляющие микроорганизмы, а был предназначен для оптимизации пищевого режима почвы благодаря содержанию в нём комплекса микроорганизмов, обогащающих почву азотом и мобилизующих питательные вещества самой почвы.

Во втором полевом опыте (МпО №2) испытывали биопрепарат Микрозим (tm) Петро Трит («ПЕТРО ТРИТ»), производимый ООО «РСЭ-Трейдинг-Микрозим» (г. Москва) специально для биологического окисления нефтяных углеводородов. Согласно «Инструкция по применению препарата-биодеструктора нефтяного загрязнения Микрозим (tm) Петро Трит», препарат содержит 12 штаммов (бацилл, атеробактеров, нокордий, родококкусов) углеводородоокисляющих микроорганизмов (УОМ) в виде концентрата сухих живых спор с концентрацией  $4 \cdot 10^{12}$  КОЕ/1 грамм общей массы препарата.

Использовали порошковидный препарат, поставляемый герметичных пластиковых ведрах, где в качестве носителя спор бактерий используется кукурузная мука. Почву инокулировали водной суспензией препарата. Дозу препарата, рассчитанную на 1 м<sup>2</sup> площади (150 г) разбавили в 2 л дистиллированной воде. Разведенный водой препарат использовали в течение 2 часов.

Действие биопрепарата «ПЕТРО ТРИТ» на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях нефтезагрязненной и фоновой серой лесной почвы продемонстрировано данными таблиц 31, 32 и приложения 26.

На нефтезагрязненных почвах различной степени загрязнения (12,5; 25 и 50 л/м<sup>2</sup>) биопрепарат «ПЕТРО ТРИТ» испытывали на фоне интенсивного рыхления почвы в течение двух лет и полного минерального удобрения, рассчитанного для получения запланированной урожайности. Кроме того, биопрепарат «ПЕТРО ТРИТ» был внесен на незагрязненную почву на фоне полного минерального удобрения.

Без приемов рекультивации на всех трех уровнях свежего нефтяного загрязнения (2014 г.) ячмень всходов не дал, а на незагрязненной почве урожайность зерна и соломы составила соответственно 178 и 201 г/м<sup>2</sup>. Внесение минеральных удобрений (N43P72K53), рассчитанных для получения 300 г/м<sup>2</sup> зерна, обеспечило получение урожайности на незагрязненной почве на уровне 94 % от запланированной. Инокуляция удобренной незагрязненной почвы биопрепаратом «ПЕТРО ТРИТ» какого-либо положительного влияния на урожайность зерна и соломы ячменя не оказала. Аналогичным образом проявил себя данный биопрепарат на незагрязненной почве и в последующие два года на посевах ярового рапса и проса.

На слабозагрязненной почве (12,5 л/м<sup>2</sup>) через год после загрязнения без приемов рекультивации часть растений выжила и сумели дойти до полного созревания, хотя урожайность маслосемян и соломы ярового рапса составила соответственно только 28 и 32 % к уровню урожая на фоновой почве.

Таблица 31 – Действие биопрепарата «ПЕТРО ТРИТ»  
на урожайность основной продукции сельскохозяйственных культур в  
нефтезагрязненной серой лесной почве (МпО № 2)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Приемы рекультивации	2014 г., ячмень на зерно	2015 г., яровой рапс на маслосемена	2016 г., просо на зерно
0*	нет (контроль)	$\frac{178^{**}}{100}$	$\frac{114}{100}$	$\frac{186}{100}$
	НРК	$\frac{282}{158}$	$\frac{168}{147}$	$\frac{283}{152}$
	НРК+«ПЕТРО ТРИТ»	$\frac{280}{157}$	$\frac{169}{148}$	$\frac{285}{153}$
12,5	нет	0***	$\frac{32}{28}$	$\frac{69}{37}$
	рыхление+ НРК	*****	-	$\frac{123}{66}$
	рыхление+ НРК + «ПЕТРО ТРИТ»	-	-	$\frac{139}{75}$
25	нет	0	0	$\frac{36}{19}$
	рыхление	-	-	$\frac{65}{35}$
	рыхление + «ПЕТРО ТРИТ»	-	-	$\frac{76}{41}$
	рыхление + «ПЕТРО ТРИТ» +НРК	-	-	$\frac{0,95}{51}$
50	нет	0	0	0
	рыхление+ НРК+ «ПЕТРО ТРИТ»	-	-	0
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )		9	7	15

Прим.: \* - незагрязненная (фоновая) почва;

\*\* - в числителе в г/м<sup>2</sup>, в знаменателе – в процентах к уровню урожая на контроле (незагрязненной почве);

\*\*\* - гибель растений;

\*\*\*\* - выполнение приемов рекультивации без посева сельскохозяйственной культуры.

Таблица 32 – Действие биопрепарата «ПЕТРО ТРИТ» на урожайность побочной продукции (солома) сельскохозяйственных культур в нефтезагрязненной серой лесной почве (МпО № 2)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Приемы рекультивации	2014 г., ячмень	2015 г., яровой рапс	2016 г., просо
0*	нет (контроль)	$\frac{201^{**}}{100}$	$\frac{145}{100}$	$\frac{485}{100}$
	НРК	$\frac{325}{162}$	$\frac{223}{154}$	$\frac{765}{158}$
	НРК+«ПЕТРО ТРИТ»	$\frac{325}{162}$	$\frac{222}{153}$	$\frac{765}{158}$
12,5	нет	0***	$\frac{46}{32}$	$\frac{232}{48}$
	рыхление+ НРК	-****	-	$\frac{380}{78}$
	рыхление+ НРК + «ПЕТРО ТРИТ»	-	-	$\frac{416}{86}$
25	нет	0	0	$\frac{133}{27}$
	рыхление	-	-	$\frac{229}{47}$
	рыхление + «ПЕТРО ТРИТ»	-	-	$\frac{258}{53}$
	рыхление+НРК+ «ПЕТРО ТРИТ» +	-	-	$\frac{314}{65}$
50	нет	0	0	0
	рыхление+ НРК+ «ПЕТРО ТРИТ»	-	-	0
НСР <sub>05</sub> (г/м <sup>2</sup> )		8	10	29

Прим.: \* - незагрязненная (фоновая) почва;

\*\* - в числителе в г/м<sup>2</sup>, в знаменателе – в процентах к уровню урожая на контроле (незагрязненной почве);

\*\*\* - гибель растений;

\*\*\*\* - выполнение приемов рекультивации без посева сельскохозяйственной культуры.



Оценить эффективность биопрепарата «ПЕТРО ТРИТ» на нефтезагрязненной почве удалось в 2016 г. на посевах проса. Правда, на делянках, получивших максимальную дозу нефти ( $50 \text{ л/м}^2$ ), всходы не появились и через два года после загрязнения. Комплексное применение рыхления почвы, внесения полного минерального удобрения и биопрепарата «ПЕТРО ТРИТ» на сильнозагрязненной почве также не помогло получить всходы проса.

На слабо- и среднезагрязненной почвах испытанные приемы дали положительные результаты. На слабозагрязненной почве ( $12,5 \text{ л/м}^2$ ) сочетание рыхления почвы в течение двух лет с внесением расчетных норм минеральных удобрений увеличило урожайность зерна проса, по сравнению с урожайностью на нерекультивируемой почве, на  $54 \text{ г/м}^2$ . Дополнение этого сочетания с инокуляцией почвы биопрепаратом «ПЕТРО ТРИТ» достоверно увеличило урожайность зерна на  $16 \text{ г/м}^2$ . Как видно, прибавка урожая зерна от биопрепарата оказалась более чем в 3 раза ниже от прибавки, полученной от совместного применения рыхления и минеральных удобрений.

Урожайные данные, полученные на среднезагрязненной почве ( $25 \text{ л/м}^2$ ), позволили вычленить роль каждого приема рекультивации в отдельности. Прибавки урожая зерна проса от рыхления почвы, инокуляции биопрепаратом «ПЕТРО ТРИТ» и внесения полного минерального удобрения составили соответственно 29, 11 и  $19 \text{ г/м}^2$ . К сожалению, прибавка урожая зерна от инокуляции почвы биопрепаратом «ПЕТРО ТРИТ» статистически оказалась недоказуемой. Наибольший эффект от испытанных приемов рекультивации, судя по урожайности зерна проса, был получен от интенсивного рыхления почвы в течение двух лет.

Характер действия приемов рекультивации на урожайность соломы проса примерно идентичен таковому на урожайность основной продукции (таблица 32). На слабозагрязненной почве комбинация рыхления почвы с внесением минеральных удобрений позволила получить прибавку урожая соломы  $148 \text{ г/м}^2$ , что более чем в 4 раза больше прибавки урожая от инокуляции почвы биопрепаратом «ПЕТРО ТРИТ» ( $36 \text{ г/м}^2$ ). Положительное действие тройной

комбинации приемов рекультивации (рыхление+НРК+ «ПЕТРО ТРИТ») на слабозагрязненной почве более заметно проявилось на урожайности зерна, нежели соломы проса: если урожайность зерна от этой комбинации увеличилась по сравнению с урожайностью на нерекультивируемой почве в 2,01 раза, то урожайность соломы - в 1,79 раза.

На среднезагрязненной почве (25 л/м<sup>2</sup>) прибавки урожая соломы от отдельных приемов рекультивации, рассчитанные методом вычленения, составили (г/м<sup>2</sup>): от рыхления - 96; от биопрепарата – 29 и от минеральных удобрений – 56. В отличие от прибавки урожая зерна, прибавка урожая соломы от биопрепарата «ПЕТРО ТРИТ» оказалась статистически достоверной.

Таким образом, как на слабо-, так и на среднезагрязненной почвах двухлетней давности загрязнения наибольшее положительное влияние на урожайность зерна и соломы проса оказало интенсивное рыхление почвы в течение двух вегетационных периодов. Наименьшее влияние на урожайность проса проявила инокуляция почвы биопрепаратом «ПЕТРО ТРИТ», прибавка зерна от которой была достоверной только на слабозагрязненной почве, а прибавка соломы была меньше, чем от минеральных удобрений почти в 2 раза. Следовательно, в нашем эксперименте заявленная производителем биопрепарата «ПЕТРО ТРИТ» и некоторыми исследователями (Инструкция...; Эффект от применения...; Парамонова и др., 2011) высокая её эффективность на нефтезагрязненных почвах, к сожалению, не обнаружилась, как на фоне интенсивного рыхления почвы, так и на фоне рыхления и удобрения. Можно предположить, что аборигенные углеводородокисляющие микроорганизмы, присутствующие в исследуемой нами почве, существенно не уступали по своим свойствам тем, которые содержатся в испытанном биопрепарате «ПЕТРО ТРИТ».

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

В предыдущих разделах было рассмотрено влияние нефтяного загрязнения на урожайность сельскохозяйственных культур и дана оценка агрономической эффективности испытанных приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы по величине прибавок урожая. Наряду с этим важной формой оценки воздействия нефтяного загрязнения на продуктивность сельскохозяйственных культур и результативности приемов рекультивации нефтезагрязненной почвы представляется определение их экономической эффективности. Как известно, экономическую эффективность тех или иных мероприятий устанавливают сопоставлением дополнительных затрат со стоимостью дополнительной продукции, полученной от этого мероприятия в денежном выражении.

В таблице 33 приведены расчеты экономической эффективности возделывания проса в условиях серой лесной почвы в зависимости от уровня и давности нефтяного загрязнения.

Стоимость продукции с единицы площади рассчитали исходя из урожайности зерна (пересчитанные с г/м<sup>2</sup> на т/га) и средней цены реализации зерна проса в 2016 г. (5000 руб./т). Затраты на возделывание проса рассчитаны по технологическим картам, которые приведены в приложениях 27-34.

Стоимость зерна проса, выращенного во втором полевом опыте (МПО № 2), на фоновой почве составила 9300 руб./га. Под влиянием первого уровня нефтяного загрязнения (12,5 л/м<sup>2</sup>) двухлетней давности стоимость продукции снизилась до 3450 руб./га, то есть в 2,7 раза по отношению к стоимости зерна на фоновой почве.

На среднезагрязненной почве (25 л/м<sup>2</sup>) стоимость полученной продукции составила 1800 руб./га, что более чем в 5 раз меньше показателя фоновой почвы.

На сильно загрязненной почве (50 л/м<sup>2</sup>) двухлетней давности загрязнения

Таблица 33 - Экономическая эффективность возделывания проса в зависимости от уровня и давности однократного загрязнения серой лесной почвы товарной нефтью

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Стоимость* продукции, руб./га	Затраты**, руб./га	Условный чистый доход, руб./га	УР***, %	Себестоимость продукции, руб./т
Давность загрязнения 2 года (2016 г., МпО № 2)					
0	9300	8667	633	7	4660
12,5	3450	8329	-4879	-59	12071
25	1800	8234	-6434	-78	22873
50	0	8130	-8130	-100	-
Давность загрязнения 12 лет (2016 г., МпО № 1)					
0	9350	8670	680	8	4636
10	8950	8646	304	4	4830
20	6900	8528	-1628	-19	6180
40	4850	8410	-3560	-42	8670

Прим.: \* - цена реализации зерна 5000 руб./т;

\*\* - рассчитаны по технологическим картам возделывания проса;

\*\*\* - уровень рентабельности.

урожая не было, следовательно стоимость продукции равна нулю. Как видно, четко прослеживается наличие тесной отрицательной зависимости между дозами нефти и стоимостью товарной продукции.

Затраты на возделывание проса, в зависимости от доз нефти, колебались в пределах от 8130 до 8667 руб./га. Примечательно то, что даже при полном отсутствии товарной продукции затраты на возделывание проса отличаются от фонового уровня только на 537 руб./га.

Производство проса на нефтезагрязненных почвах двухгодичной давности загрязнения оказалось убыточным. В зависимости от исходного уровня загрязнения почвы размеры ущерба от выращивания проса варьировали от 4879 до 8130 руб./га, в то время как на незагрязненной почве производство зерна проса оказалось рентабельным, обеспечивающим получение с каждого гектара 633 рублей условного чистого дохода при уровне рентабельности 7 %. С учетом недополученного условного чистого дохода, вышеназванные размеры экономического ущерба от нефтяного загрязнения возрастут ещё на 633 руб./га.

Таким образом, экономические потери от нефтяного загрязнения двухгодичной давности, в зависимости от уровня однократного загрязнения (12,5-50,0 л/м<sup>2</sup>) и с учетом недополученного дохода, составили от 5512 до 8763 рублей с каждого гектара посевной площади.

Расчеты экономической эффективности производства зерна проса, выращенного на первом полевым опыте (МпО № 1) по происшествии 12 лет после загрязнения почвы нефтью дозами 10, 20 40 л/м<sup>2</sup>, показали заметное уменьшение размеров экономического ущерба от нефтяного загрязнения. Как видно, размеры ущерба от загрязнения почвы нефтью дозами 20 и 40 л/м<sup>2</sup>, составили соответственно 1628 и 3560 руб./га, а в случае загрязнения минимальной дозой (10 л/м<sup>2</sup>) производство проса оказалось экономически оправданным, и обеспечил получение с каждого гектара 304 руб./га условного чистого дохода. Правда, даже минимальная доза нефти снизила величину условного чистого дохода и уровень рентабельности, по отношению к уровню фоновой почвы, примерно в два раза. Следовательно, результаты этого эксперимента также четко демонстрировали наличие тесной зависимости размеров ущерба и уровня рентабельности от исходного уровня нефтяного загрязнения.

В целом, обобщая материалы двух полевых опытов, следует отметить, что размеры экономических потерь (с учетом недополученного чистого дохода) от однократного нефтяного загрязнения серой лесной почвы дозами 10-50 л/м<sup>2</sup> в зависимости от давности загрязнения составили от 374 до 8763 руб./га в год.

Определение экономической эффективности приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы, рассчитанное на основе обобщения урожайных данных за 2006-2016 гг., полученных на первом полевом опыте, приведено в таблице 34. В данном случае для некоторого облегчения расчетов мы прибегли к определенным обобщениям и упрощениям, детали которых приведены в приложениях 35 и 36.

Для расчета стоимости товарной продукции урожаяи всех испытанных культур были пересчитаны в условные зерновые единицы, используя следующие коэффициенты перевода: для яровой пшеницы и ячменя 1,00; для ярового рапса и проса соответственно 1,36 и 0,81 (приложение 35). В 2006-2016 гг. среднегодовой выход зерновых единиц с каждого гектара по вариантам опыта составил от 0,85 т/га или 85 г/м<sup>2</sup> (загрязненная почва без приемов рекультивации) до 2,12 т/га или 212 г/м<sup>2</sup> (комплексное применение агрохимических и агротехнических приемов рекультивации).

Затраты на производство рассчитаны по технологическим картам, где в качестве условной культуры была взята яровая пшеница. Усредненные годовые нормы внесения минеральных и известковых удобрений, биогумуса, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и кратность рыхления почвы в течение трёх ротации севооборота (с учетом затрат на рекультивацию в 2004-2005 гг.) даны в приложении 36. Затраты на производство зерновых единиц по вариантам опыта приведены в технологических картах возделывания условной яровой пшеницы по усредненным данным (приложения 37-43).

Среднегодовая стоимость зерновых единиц, полученных за весь период эксперимента на нефтезагрязненной почве без приемов рекультивации, составила 8500 руб./га, а затраты на их производство - 10985 руб./га. Следовательно, возделывание сельскохозяйственных культур на нефтезагрязненной почве безприемов рекультивации в течение всех лет наблюдения оказалось убыточным: ежегодный экономический ущерб с каждого гектара равнялся 2485 руб.

Таблица 34 - Экономическая эффективность приемов восстановления плодородия  
нефтезагрязненной серой лесной почвы  
(МпО № 1, 2006-2016 гг.)

Приемы рекультивации	Стоимость* продукции, руб./га	Затраты**, руб./га	Условный чистый доход, руб./га	УР***, %	Себестоимость продукции, руб./т
Без приемов рекультивации	8500	10985	-2485	-23	12924
Рыхление	11800	11566	234	2	9802
Известь +Рыхление	12400	12033	367	3	9704
Известь + Рыхление + NPK	19900	18534	1366	7	9314
Известь + Рыхление + Биогумус	17400	17002	398	2	9771
Известь +Рыхление +Байкал	15100	15046	54	0,4	9964
Известь +Рыхление +Байкал +NPK	21200	21054	146	0,7	9931

Прим.: \* - цена реализации зерновой единицы 10000 руб./т;

\*\* - рассчитаны по технологическим картам возделывания условной яровой пшеницы;

\*\*\* - уровень рентабельности.

Все испытанные варианты восстановления плодородия нефтезагрязненной почвы были экономически оправданными, несмотря на то, что при этом резко возросли затраты. Как видно, затраты в зависимости от использованных приемов рекультивации, увеличились по сравнению с затратами на нерекультивируемой почве в 1,05-1,92 раза. Особенно резкий рост затрат наблюдался при внесении полного минерального удобрения, биогумуса и биопрепарата Байкал ЭМ-1.

Размеры среднегодового условного чистого дохода по вариантам опыта колебались от 54 («Известь +Рыхление +Байкал») до 1366 («Известь +Рыхление +NPK») руб./га.

Таким образом, экономически наиболее эффективным оказалось восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы сочетанием внесения полного минерального удобрения с интенсивным рыхлением почвы и известкованием, что обеспечило получение максимального условного чистого дохода и достижение наибольшего уровня рентабельности (7 %). В случае замены полного минерального удобрения биогумусом или биологическим препаратом Байкал ЭМ-1 показатели экономической эффективности существенно ухудшились. Наименьший уровень рентабельности (0,4 %) был получен при использовании биопрепарата Байкал ЭМ-1 на фоне рыхления и известкования нефтезагрязненной почвы. Максимальная себестоимость зерновой единицы (9964 руб./т) также был получен по этому варианту рекультивации. Инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на порядок снизила уровень рентабельности производства зерновых единиц при дополнении наилучшего варианта восстановления плодородия нефтезагрязненной почвы – «Известь + Рыхление + NPK», то есть на фоне внесения полного минерального удобрения.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Глубина проникновения нефтяных веществ в толщу серой лесной почвы обуславливалась дозой нефти и при испытанных её дозах 12,5; 25 и 50 л/м<sup>2</sup> составила соответственно 30, 45 и 60 см. В течение первого года после загрязнения из слоев 0-15 и 15-30 см серой лесной почвы элиминировалась соответственно 42-48 и 22-36 % исходного количества нефтяных веществ, в то время как в нижележащих слоях происходило возрастание их концентрации на 7-12 %.

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

3. Под действием нефтяного загрязнения содержание подвижных форм меди и кобальта не изменилось, марганца – увеличилось, а бора, молибдена и цинка достоверно снизилось, однако обеспеченность серой лесной почвы подвижными формами ни одного микроэлемента под действием нефтяного загрязнения не перешла в другую группу обеспеченности.

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

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

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

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

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

9. Отдельные приемы рекультивации по их вкладу в повышение среднегодовых прибавок урожая основной продукции в 2006-2016 гг. расположились в следующий убывающий ряд: внесение полного минерального удобрения > внесение биогумуса > рыхление почвы > инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 > известкование. Значимость испытанных приемов рекультивации существенным образом изменилась во времени: если в первое

время (до середины второй ротации севооборота) на продуктивность сельскохозяйственных культур наибольшее положительное влияние оказало интенсивное рыхление почвы, то в дальнейшем на урожайность наибольшее действие оказывало внесение минеральных удобрений и биогумуса.

10. Инокуляция почвы биопрепаратом Микрозим (tm) «ПЕТРО ТРИТ» достоверно увеличила урожайность проса только на слабозагрязненной почве и прибавка урожая зерна (16 г/м<sup>2</sup>) оказалась более чем в 3 раза ниже прибавки, полученной от совместного применения рыхления и минеральных удобрений.

11. Размеры экономических потерь (с учетом недополученного чистого дохода) от однократного нефтяного загрязнения серой лесной почвы дозами 10-50 л/м<sup>2</sup> в зависимости от давности загрязнения составили от 374 до 8763 руб./га в год. Экономически наиболее эффективным оказалось восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы сочетанием внесения полного минерального удобрения с рыхлением почвы и известкованием, что обеспечило получение максимального условного чистого дохода. В случае замены полного минерального удобрения биогумусом или биопрепаратом Байкал ЭМ-1 показатели экономической эффективности существенно ухудшились.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

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

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

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абросимов, А.А. Экология переработки углеводородных систем / А.А. Абросимова и др. Под ред. М. Ю. Доломатова, Э. Г. Теляшева. - М.: Химия, 2002. - 608 с.
2. Акайкин, Д.В. Условия среды и динамика токсикологических характеристик нефтезагрязненных почв / Д.В. Акайкин, А.М. Петров // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т.19. – №8. – С. 123-126.
3. Аксенова, Т.Е. География Татарстана / Т.Е. Аксенова, Г.П. Бутаков, Н.Н. Лаптева, Ю.Г. Хабутдинов. - Казань: Магариф, 1994. – 143 с.
4. 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.
5. Алиев, С.А. Рекомендации по рекультивации нефтезагрязненных земель / С.А. Алиев, Д.В. Гвозденко, М.П. Бабаев, Д.А. Гаджиев. – Баку: Элм, 1981. – 26 с.
6. Алимбетова, А.В. Влияние нефтяного загрязнения на микробиоту почвы / А.В. Алимбетова, А.К. Саданова, Т.Д. Мукашева // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – №12(1). – С. 55-57.
7. Андреевских, М.А. Биохимические особенности адаптации растений к нефтяному загрязнению среды [Электронный ресурс] / М.А. Андреевских. – Режим доступа: <http://shmain.ru/nauchnye-stati/bioximicheskie-osobennosti-adaptacii-rastenij-k-neftyanomu-zagryazneniyu-sredy.html>. Дата обращения 18.03.2018.
8. Андерсон, Р.К. Экологические последствия загрязнения нефтью / Р.К. Андерсон, А.Х. Мукатанов, Т.Ф.Бойко // Экология. - 1980. - № 6. - С. 21 – 25.
9. Андреева, Т.А. Интегральная оценка воздействия нефтяного загрязнения на параметры химического и биологического состояния почв таежной зоны Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Томск, 2005. – 15 с.
10. Антропогенное воздействие на природную среду [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/8055650/page:8>. Дата обращения

20.03.2019.

11.Архипов, Н.С. Актуальные вопросы экологии и безопасности жизнедеятельности в Республике Татарстан: учебное пособие / Н.С. Архипова, Д.С. Елагина. – Казань: Казан. ун-т, 2016. – 109 с.

12.Ахмадиев, М.В. Разработка биореакторной технологии ремедиации нефтезагрязненных почв: автореф. дис... канд. биол. наук. – Пермь, 2016. – 16 с.

13.Ахметзянова, Л.Г. Лабораторное моделирование рекультивации нефтезагрязненных почв для определения допустимого остаточного содержания нефтепродуктов / Л.Г. Ахметзянова, С.Ю. Селивановская, В.З. Латыпова // Уч. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2010. – Т.152. – Кн.4. – С. 68-77.

14.Байкал ЭМ-1 – микробиологическое удобрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://senpolia.tskm.ru/preparats/baikal.shtml>. Дата обращения 29.02.2015

15.Барабанщиков, Д.А. Экологические проблемы нефтяной промышленности России / Д.А. Барабанщиков, А.Ф. Сердюкова // Молодой ученый. – 2016. – №26. – С. 727-731.

16.Белых, Л.И. Закономерности распределения бенз(а)пирена в почвах агроэкосистем Южного Прибайкалья / Л.И. Белых, И.А. Рябчикова, В.А. Серышев // Агрехимия. - 2004. -№4. - С. 65-72.

17.Бенз(а)пирен (Btazo(a)pyrene) [Электронный ресурс]. –Режим доступа:[https://test.org.ua/usefulinfo/zdorovie\\_kosmetika/info/62](https://test.org.ua/usefulinfo/zdorovie_kosmetika/info/62). Дата обращения 13.08.2017.

18.Березин, В.Ю. Влияние нефтепродуктов на всхожесть семян и динамику роста растений тимopheевки луговой (*Phleum pratense* L.) / В.Ю. Березин, А.В. Заушинцева // Вестник КемГУКИ. – 2015. – № 4 (64). – Т.3. – С. 8-11.

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

20.Бородулина, Т.С. Рост и водный режим проростков пшеницы и салата в условиях нефтезагрязнения почвы / Т.С. Бородулина, В.И. Полонский // Вестник

КрасГАУ. – 2011. – №3. – С. 50-54.

21. Буланов, А.В. Исследование сорбционных свойств сорбентов, применяемых для очистки почв от нефтяных загрязнений / А.В. Буланов, И.В. Грецова, О.В. Муратова // Вестник СамГУ. – 2005. – №3(37). – С. 150-158.

22. Булатов, В.И. Нефть и экология: научные приоритеты в изучении нефтегазового комплекса. Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН, Югорский на-уч.-исследовательский институт информационных технологий / В.И. Булатов. - Новосибирск, 2004. - 155 с.

23. Булуктаев, А.А. Влияние нефтедобывающего комплекса на свойства почв в зоне заповедного режима / А.А. Булуктаев, Л.Х. Сангаджиева, Ц.Д. Даваева // Изв. Саратов. ун-та. – 2015. – Т.15. – №4. – С. 109-114.

24. Бутенко, Г.С. Полициклические ароматические углеводороды в почвах сельскохозяйственного назначения пригородной зоны г. Красноярска / Г.С. Бутенко // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы науч.-практ. конф. - Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2011. - С. 20.

25. Вавер, В.И. Рекультивация земель, загрязнённых нефтью [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://2nature.ru/soil\\_recultivation](http://2nature.ru/soil_recultivation). Дата обращения 12.05.2018.

26. Владимиров, В.А. Разливы нефти: причины, масштабы, последствия / В.А. Владимиров // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – С. 217-229.

27. Водопьянов, В.В. Фитотоксичность нефтезагрязнённых почв / В.В. Водопьянов, Н.А. Киреева, Е.М. Тарасенко // Агрехимия. – 2004. - №10. – с. 73-77.

28. Воеводина, Т.С. Влияние нефти на химические свойства чернозема обыкновенного Южного Предуралья / Т.С. Воеводина, А.М. Русанов, А.В. Васильченко // Вестник ОГУ. – 2015. – № 10 (185). – С. 157-161.

29. Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем / Под ред. М.А. Глазовской. - М.: Наука, 1988.- 264 с.

30. Врагова, Е.В. Обработка экспериментальных данных с помощью пакета Statistica для обеспечения фитомелиорации земель при влиянии нефти и отходов

бурения / Е.В. Врагова // Вестник НГУ. – 2010. – Т.8. – Вып.1. – С. 27-34.

31.В «Татнефти» состоялась ежегодная конференция трудового коллектива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tatneft.ru/press-tsentr/press-relizi/more/5039?lang=ru>. Дата обращения 12.05.2018.

32.Вшивцев, В.С.Биотестирование загрязнения среды нефтепродуктами по реакции фотосинтетического аппарата автотрофов / В.С. Вшивцев, Ю.И. Пиковский, В.А. Веселовский//Мониторинг нефти и нефтепродуктов в окружающей среде. – Уфа, 1985. – С.50-53.

33.Габбасова, И.М. Деструкция нефтепродуктов в техногенно – нарушенных почвах Башкортостана с использованием биопрепаратов и биостимуляторов / И.М. Габбасова, Т.Ф. Бойко, Н.Ф. Галимзянова, Ф.Х. Хазиев, Р.Р. Сулейманов // Проблемы антропогенного почвообразования: Тез. докл. Международной конф., Т. 2. – М., 1997. - С. 269-272.

34.Габбасова, И.М. Изменение свойств почв и состава грунтовых вод при загрязнении нефтью и нефтепромысловыми сточными водами в Башкирии / И.М. Габбасова, Р.Ф. Абдрахманов, И.К. Хабиров, Ф.Х. Хазиев // Почвоведение. – 1997. – №11. – С. 1362-1372.

35.Габбасова, И. М. Деградация и рекультивация почв Южного Приуралья: автореф. дис... докт. биол. наук – М., 2001. – 45с.

36.Гаврилин, И.И. Оценка влияния нефти и нефтепродуктов на состояние растительности по показателям фитотоксичности почв / И.И. Гаврилин, А.М. Шигапов // Системы. Методы. Технологии. – 2015. – № 3 (27). – С. 144-148.

37.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.

38.Гайсин, И.А. Макро - и микроудобрения в интенсивном земледелии /И.А. Гайсин. – Казань: Татарское кн. изд-во, 1989. - 126 с.

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

40. Галиуллин, Р.В. Индикация загрязнения почв тяжелыми металлами путем определения активности почвенных ферментов / Р.В. Галиуллин // *Агрохимия*. - 1989. - №11. - С. 87-92.

41. Гареев, Р. Привести деятельность компании в соответствие с требованиями // *Промышленность и общество*. - № 11, - 2014 [Электронный ресурс] / Р. Гареев. – Режим доступа: [rio@metalproject.su](mailto:rio@metalproject.su). Дата обращения 18.04.2015.

42. Гафарова, Е.В. Влияние цеолитсодержащей породы и растений на биологическую активность выщелоченного чернозема, загрязненного нефтяными углеводородами: автореф. дис... канд. биол. наук: – Казань, 2006. – 23 с.

43. Гашев, С.Н. Применение препарата «Путидойл» для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель Среднего Приобья / С.Н. Гашев, М.Н. Гашева, В.Н. Дядечко, А.В. Соромотин, Л.Е. Толстокорова // *Проблемы рекультивации нарушенных земель: Тез. докл. V Уральского совещ.* - Свердловск, 1988. - С.140-141.

44. Гашева, М.Н. Состояние растительности как критерий нарушенности лесных биоценозов при нефтяном загрязнении / М.Н. Гашева, С.Н. Гашев, А.В. Соромотин // *Экология*. - 1990. - № 2. - С. 77-78.

45. Герасимова, М.И. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация) / М.И. Герасимова, Н.М. Строганова, Н.В. Макарова, Т.В. Прокофьева. – М.: Агропромиздат, 2003. - 224 с.

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

47. Гилязов, М.Ю. Агроэкологическая характеристика нарушенных при нефтедобыче черноземов и приемы их рекультивации в условиях Закамья Татарстана: автореф. дис... докт. с-х. наук. – Казань, 1999. – 43 с.

48. Гилязов, М.Ю. Нефтезагрязненные почвы Республики Татарстан / М.Ю. Гилязов // *Агрохимический вестник*. – 2001.- № 6. – С. 21-24.

49. Гилязов, М.Ю. Агроэкологическая характеристика и приемы



рекультивации нефтезагрязненных черноземов Республики Татарстан / М.Ю. Гилязов, И.А. Гайсин. – Казань: ФЭН, 2003. – 228 с.

50.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.

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

52.Гоголева, О.А. Углевородоокисляющие микроорганизмы природных экосистем / О.А. Гоголева, Н.В. Немцева // БОНЦ УрО РАН. – 2012.– № 2.– С. 1-7.

53.Голованов, А.И. Рекультивация нарушенных земель / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, В.И. Сметанин. – СПб.: Издательство «Лань», 2025. – 336 с.

54.Голодаев, Г.П. Способ биологической очистки почв от нефтепродуктов и предотвращения дальнейшего распространения загрязнения / Г.П. Голодаев // Роль мелиорации в природопользовании: Материалы Всес. совещ. - Владивосток, 1990.-С. 218-219.

55.Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2016а. – 639 с.

56.Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2015 году». – Казань: Минэкологии и природных ресурсов Республики Татарстан, 2016б. – 505 с.

57.Григорьян, Б.Р. Фитотоксичность дерново-подзолистых почв при нефтяном загрязнении / Б.Р. Григорьян, Т.Г. Кольцова, Л.М. Сунгатуллина [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т.19. – №15. – С. 158-164.

58.Гриценко, А.И. Экология. Нефть и газ / А.И. Гриценко, Г.С. Акопов, В.М. Максимов. - М.: Наука, 1997. - 598 с.

59.Груздкова, Р.Л.Распространение нефтяного загрязнения в почве / Р.Л.

Груздкова, В.А. Сурнин // Загрязнение почв и сопредельных сред. Труды ин-та экспер. Метеорологии. - М.: Гидрометеиздат, 1990. - Вып. 17 (145). -С. 69-73.

60.Губанова, Т.А.Биодеградация нефти микроорганизмами / Т.А. Губанова, И.Н. Полякова // Новые направления в биотехнологии. Тезисы докладов 5 Всерос. конф.-Пушино, 1992. - 146 с.

61.Гузев, В.С.Диагностические признаки различных уровней загрязнения почвы нефтью / В.С. Гузев, С.В. Левин, Д.Г. Звягинцев //Почвоведение. - 1998. - №1., - С. 72-78.

62.Гусева, О. А. Экспериментальное моделирование миграции нефти и нефтепродуктов в почвах тундры ЕТР / О. А. Гусева // II съезд о-ва почвоведов: тез. докл. - Алма-Ата, 1996. - Кн. 1. - С. 160-161.

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

64.Давыдова, С.Л. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учеб. пособие / С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с.

65.Давыдова, И.Ю. Факторы деградации почв, загрязненных углеводородами нефти и условия их ремедиации / И.Ю. Давыдова, Ю.А. Мажайский, В.Ф. Евтюхин // Нейтрализация загрязненных почв. Под общей редакцией Ю.А. Мажайского. - Рязань, 2008. - С. 152-172.

66.Дегтярева, И.А. Рекультивация нефтезагрязненной почвы при использовании микроорганизмов-деструкторов и бентонита / И.А. Дегтярева, А.Я. Хидиятуллина // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т.15. – №5. – С. 134-136.

67.Дедыев, А.В. Содержание элементов минерального питания в почве при загрязнении её нефтью / А.В. Дедыев // Плодородие.- 2005.-№4.-С.34-35.

68.Демидиенко, А. Я. Изучение питательного режима почв, загрязненных нефтью / А. Я. Демидиенко, В. М. Демурджан, А. Д. Шеянова // Агрохимия. - 1983. - № 9. - С. 100-103.

69.Демидиенко, А.Я. Пути восстановления плодородия нефтезагрязненных почв черноземной зоны Украины / А.Я. Демидиенко, В.М. Демурджан //

Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988.- С. 197 – 206.

70.Денисова, А.П. Роль природных материалов и минеральных удобрений в связывании и биодegradации топливных углеводородов в почвах: автореф. дис... канд. биол. наук. – Казань, 2009. – 23 с.

71.Добыча нефти в РФ в 2018 году повысилась на 1,6 % [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/business/644895>. Дата обращения 12.05.2019.

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

73.Доспехов, Б.А. Методика опытного дела. 5-е изд., перераб. и доп. / Б.А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.

74.Дриацкая, З.В. Нефти СССР. Справочник. Дополнительный том. Физико-химическая характеристика нефтей СССР / З.В. Дриацкая, Н.М. Жмыхова, М.А. Мхчян. – М.: Химия, 1975. - 87 с.

75.Другов, Ю. С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов: практическое руководство [Электронный ресурс] / Ю. С. Другов, А. А. Родин. — 2-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 273 с.). — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.

76.Едемская, Н.Л. Биологическая активность дерново-подзолистых почв, загрязненных тяжелыми металлами /Н.Л. Едемская. Под ред. Л.А. Лебедевой. - М.: Изд. МГУ, 1999. - 96 с.

77.Елизарьева, Е.Н. Особенности выбора фиторемедиационных технологий очистки почв и сточных вод от ионов тяжелых металлов / Е.Н. Елизарьева, Ю.А. Янбаев, А.Ю. Кулагин // Вестник УдмГУ. – 2016. – Т. 26. – Вып.3. – С. 7-19.

78.Ельшина, Т.А. Почвенные водоросли как индикаторы некоторых видов техногенного загрязнения почвы ( на примере загрязнений, связанных с нефтедобычей): автореф. дис... канд. биол. наук. - Л., 1986. - 16 с.

79.Ершов, Б.А. Тенденции и масштабы загрязнения нефтью окружающей

среды в России на современном этапе / Б.А. Ершов, Л.Н. Звягина // Глобальный научный потенциал. – 2015. – № 1 (46). – С. 89-92.

80.Етеревская, Л.В.Изменения свойств почв в связи с загрязнением их при разведке и добыче нефти и газа / Л.В. Етеревская, Л.Д. Шеянова // Агрохимия и почвоведение. - 1975. - Вып.29. - С. 3-7

81.Етеревская, Л.В. О влиянии на растения загрязненной почвы при бурении и разведке на нефть и газ / Л.В. Етеревская, Л.Д. Яранцева // Растения и промышленная среда: Материалы III науч. конф. - Киев: Наукова думка, 1976. - С. 73-75.

82.Ибатуллина, И.З. Особенности биодegradации нефти в лугово-каштановых почвах Ставропольского края/И.З. Ибатуллина, Т. А. Семенова, А. С. Яковлев / Почвоведение.-2012. - № 3. -С. 376-384.

83.Иванченко, О.Б. Мутагенный потенциал как комплексный показатель загрязненности почв нефтепродуктами / О. Б. Иванченко и др. // Почвоведение. - 1996. - № 11. - С. 1394-1398.

84.Иларионов, С.А.Экологические аспекты восстановления нефтезагрязненных почв / С. А. Иларионов. - Екатеринбург, 2004. - 194 с.

85.Ильин, Н.П. Наблюдение за самоочищением почв от нефти в средней и южной тайге / Н.П. Ильин и др. // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. - М.: Наука, 1982. -С. 245-254.

86.Инструкция по применению препарата-биодеструктора нефтяного загрязнения Микрозим (ТМ) Петро Трит. – М., 2005. – 14 с.

87.Исмаилов, Н.М. Нефтяное загрязнение и биологическая активность почв/ Н.М. Исмаилов // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем.- М.: Наука, 1982. - С.227-235.

88.Исмаилов, Н.М. Биодegradация нефтяных углеводородов в почве, инокулированной дрожжами / Н.М. Исмаилов // Микробиология - 1985. - Т.54- № 5.- С.835-841.

89.Исмаилов, Н.М. Микробиология и ферментативная активность нефтезагрязненных почв / Н.М. Исмаилов // Восстановление нефтезагрязненных

почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 42-56.

90.Исмаилов, Н.М. Процессы самоочищения нефтезагрязненных почв и пути их интенсификации: автореф. дис...докт. биол. наук. - Уфа, 1990. – 47с.

91.Ишкова, С. В. Влияние нефтяных установок на загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и нефтепродуктами / С.В. Ишкова, Н.М. Троц, О.В. Горшкова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. - № 5-1. – С.217-219.

92.Ищенко, Е.П. Очистка нефтезагрязненных почв с использованием лузги подсолнечника: автореф. дис... канд. техн. наук. – Саратов, 2016. – 23 с.

93.Калугин, С.Н. Индуцированная фиторемедиация загрязненных пестицидами почв с помощью производных октана / С.Н. Калугин, А.А. Нуржанова, Р.А. Байжуманова [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т.15. – № 3 (4). – С. 1306-1310.

94.Карцев, А.А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений / А.А.Карцев. - М.: Недра, 1972. - 280 с.

95.Киреева, Н.А. Микробиологические процессы в нефтезагрязненных почвах / Киреева Н.А. - Уфа, 1994. -171 с.

96.Киреева, Н.А. Почвенные микроорганизмы как индикаторы загрязнения углеводородами / Н.А. Киреева // Реакция организмов на антропогенное воздействие: Межвуз. сб. науч. тр.- Уфа, 1995. - С. 17 – 19.

97.Киреева, Н.А. Микробиологические процессы в нефтезагрязненных почвах: автореферат дис... докт. биол. наук. - Санкт-Петербург, 1996.- 40 с.

98.Киреева, Н.А. Биологическая активность нефтезагрязненных почв / Н.А. Киреева, В.В. Водопьянов, А.М. Мифтахова. – Уфа: Гилем, 2001. – 376 с.

99.Киреева, Н.А. Детоксикация нефтезагрязненных почв. / Н.А. Киреева, Е.М. Тарасенко, М.Д. Бакаева. // Агрехимия. - 2004. - №10. - С. 68-72.

100.Киреева, Н.А. Рост и развитие растений яровой пшеницы на нефтезагрязненных почвах и при биоремедиации / Н.А. Киреева, А.М. Мифтахова, Г.М. Салахова // Агрехимия. – 2006. – №1. – С. 85-90.

101.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.

102.Киреева, Н.А. Биологическая активность загрязненных нефтью и рекультивируемых торфяно-глеевых почв республики Коми / Н.А. Киреева, Г.Ф. Рафикова, Т.Н. Щемелинина, М.Ю. Маркарова // Агрохимия. – 2008. – № 8. – С. 68.

103.Киреева, Н.А. Накопление бенз(а)пирена в системе «почва-растение» при загрязнении нефтью и внесении активного ила / Н.А. Киреева, Е.И. Новоселова, Н.И. Ерохина, А.С. Григориади // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2009. - № 6 (100). - С. 579-581.

104.Кириенко, О.А. Влияние загрязнения почвы нефтепродуктами на состав микробного сообщества / О.А. Кириенко, Е.Л. Имранова // Вестник ТОГУ. – 2015. – № 3 (38). – С. 79-86.

105.Кирюшин, В.И. Агрономическое почвоведение / В.И. Кирюшин. - М.: КолосС, 2010. - 687 с.

106.Колесников, С.И. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростиздат, 2006. – 385 с.

107.Колесниченко, А.В. Процессы биодegradации в нефтезагрязненных почвах / А.В. Колесниченко, А.И. Марченко, Т.П. Побежимова, В.В. Зыкова. – М.: «Промэкобезопасность», 2004. - 194 с.

108.Кольцова, Т.Г. Влияние нефтяного загрязнения на фитотоксичность дерново-карбонатных почв / Т.Г. Кольцова, Л.М. Сунгатуллина, Б.Р. Григорьян, В.Н. Башкиров // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т.18. – №1. – С. 376-382.

109.Коронелли, Т.В. Микробиологическая деградация углеводов и ее экологические последствия / Т.В. Коронелли // Науч. докл. высш. шк. Биол. Науки, - 1982. - № 3 (219). - С.5-13.

110.Кувшинская, Л.В. Влияние деятельности нефтедобывающего комплекса на повенный и растительный покровы в условиях Пермской области: автореф.

дис...канд. биол.наук. - Пермь, 2003. -17 с.

111.Кудеяров, С.И. Изменение ферментативной активности чернозема обыкновенного при загрязнении нефтью и нефтепродуктами в модельных экспериментах / С.И. Кудеяров, М.Л. Татосян, Д.К. Азнаурьян // Доклады Россельхозакадемии. – 2007. - № 5. – С. 32-34.

112.Кужамбердиева, С.Ж. Биорекультивация замазученных почвогрунтов с использованием биопрепарата на основе отходов растительного происхождения /С.Ж. Кужамбердиева и др. // Материалы международной научно-практической конференции «XXI ғасырдағы экологияның өзекті мәселелері». – Туркистан. - 2015. – С. 86-89.

113.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.

114.Курочкина, Г.Н. Влияние нового биопрепарата на ремедиацию нефтезагрязненной серой лесной почвы / Г.Н. Курочкина, А.Н. Шкидченко, А.А. Амелин // Почвоведение. - 2004. - № 10. - С. 1241 – 1249.

115.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.

116.Ладонин, Д.В. Влияние техногенного загрязнения на фракционный состав меди и цинка в почвах / Д.В. Ладонин // Почвоведение. - 1995. - №10. - С. 14-16.

117.Лапушова, Л.А. К вопросу формирования технологии очистки и рекультивации пахотных земель и сельскохозяйственных угодий при техногенных поражениях нефтью и нефтепродуктами / Л.А. Лапушова, Н.И. Рамазанова, К.В. Фомина // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского

края. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014. [Электронный ресурс].  
— Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/directions.html>. Дата обращения 16.03.2016.

118.Ларионова, Н.Л. Устойчивость растений к загрязнению почвы углеводородами и эффект фиторемедиации: автореф. дис...канд. биол. наук. – Казань, 2005. – 24 с.

119.Леднев, А.В. Практическое руководство по рекультивации земель, загрязнённых аварийными разливами нефти и нефтепромысловых вод / А.В. Леднев. - Ижевск: Изд.-во УдГУ, 2002. - 60 с.

120.Леднев, А.В. Изменение свойств дерново-подзолистых суглинистых почв под действием загрязнения продуктами нефтедобычи и приемы их рекультивации: автореф. дис...докт. с-х. наук. – Ижевск, 2008. – 43 с.

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

122.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.

123.Леонтьев, А. А. Новые методы закрепления и облесения песков / А.А. Леонтьев, В.В. Ким // Защитное лесоразведение на песчаных территориях Средней Азии. - Вып. 15. – Ташкент. – 1973. – С.14-19

124.Ловинецкая, С.Б. Оценка содержания нефтепродуктов в почвах придорожных территорий г. Омска и Омской области и возможности их ремедиации / С.Б. Ловинецкая, В.Г. Еремеева, А.В. Синдирева // Омский научный вестник. – 2015. – №138. – С. 241-245.

125.Логинов, О.Н. Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений / О.Н. Логинов, Н.Н. Силищев, Т.Ф. Бойко, Н.Ф. Галимзянова. –Уфа: Государственное издательство научно-технической литературы «Реактив», 2000. – 100 с.

126.Лозановская, И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом



загрязнении / И.Н. Лозановская и др. - М.: Высшая школа, 1998. - С.145-147.

127.Любин, В.Е. Ликвидация чрезвычайных ситуаций при разливе нефти и нефтепродуктов на воде и на суше / В.Е. Любин, А.Б. Кусаинов, И.А. Захаров. – Кокшетау, 2014. – 125 с.

128.Мажайский, Ю.А. Нефть и нефтепродукты - токсичные загрязнители почв / Ю.А. Мажайский и др. // Нейтрализация загрязненных почв. Под общей редакцией Ю.А. Мажайского. - Рязань, 2008. - С. 149-152.

129.Мазунина, Л.Е. Особенности анатомии и морфологии высших растений в условиях нефтяного загрязнения / Л.Е. Мазунина // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2009. – С. 16-18.

130.Маликов, А. «Татнефть» вновь стала абсолютным ЭКОлидером Татарстана [Электронный ресурс] / А. Маликов. – Режим доступа: <https://rg.ru/2016/12/16/reg-pfo/tatneft-vnov-stala-absoliutnym-ekoliderom-tatarstana.html>. Дата обращения 05.04.2017.

131.Марченко, Л.А. Исследование возможности сорбционной очистки при ликвидации нефтяных загрязнений / Л.А. Марченко, Е.А. Белоголов, А.А. Марченко [и др.] // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 84 (10). – С. 23-32.

132.Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. - 240 с.

133.Минеев, В.Г. Агрохимия и экологические функции калия / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 331 с.

134.Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.

135.Мифтахова А.М. Прямое и трансбиотическое влияние нефтяного загрязнения почв на высшие растения: автореф. дис...канд.биол. наук. — Уфа: БГУ, 2002.- 18 с.

136.Михайлова, Л.В. Фитотоксичность органогенных почв (верховой торф), загрязненных нефтью / Л.В. Михайлова, Е.А. Соколовская, А.М. Цулаия [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2012. – №2. – С. 91-96.

137. Михайлова, А.А. Эколого-биологические особенности загрязнения нефтепродуктами почв Архангельска / А.А. Михайлова, Л.Ф. Попова, Е.Н. Наквасина. – Архангельск, 2016. – 150 с.

138. Моисеева, Е.А. Влияние нефтяного загрязнения на рост и развитие галеги восточной в условиях средней тайги Западной Сибири / Е.А. Моисеева, А.И. Шепелев, Л.Ф. Шепелева // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – С. 140-146.

139. Морозов, Н.В. Оптимизация процесса восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / Н.В. Морозов, Е.В. Лыкова // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 11 – С. 63-63

140. Моторина, Л.В., Овчинников В.А. Промышленность и рекультивация земель / Л.В. Моторина, В.А. Овчинников. - М: Мысль, 1975. - 240 с.

141. Мотузова, Г.В. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия / Г.В. Мотузова, Е.А. Карпова. – М.: Изд-во МГУ, 2013. – 304 с.

142. Мукатанов, А.Х. Влияние нефти на свойства почв / А.Х. Мукатанов, П.Р. Ривкин // Нефтяное хоз-во. – 1980. - № 4. - С.53-54.

143. Мустафин, М.Р. Все о Татарстане (экономико-географический справочник) / М.Р. Мустафин, Р.Г. Хузеев. - Казань: Татарское кн. изд-во, 1994, - 164 с.

144. Мухаматдьярова, С.Р. Консорциум углеводородокисляющих микроорганизмов как основа биопрепарата для очистки отходов нефтеперерабатывающей промышленности: автореф. дис...канд. биол. наук. – Уфа, 2016. – 28 с.

145. Назаров, А.В. Использование микробно-растительных ассоциаций для очистки почвы от нефтяного загрязнения / А.В. Назаров // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т.15. – №3(5). – С. 1673-1675.

146. 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. // Агрохимия. - 2007. - № 7. - С. 64-73.

147. Нельсон-Смит, А. Нефть и экология моря / А. Нельсон-Смит. - М.:

Прогресс. 1977. – 301с.

148. Никифорова, Е.М Почвенно-геохимические условия разложения и миграции нефтепродуктов в ландшафтах СССР/ Е.М. Никифорова // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. – М.: Мысль, 1983. – С. 130 – 145.

149. Оборин, А.А. Нефтяная промышленность и охрана окружающей среды / А.А. Оборин, И.Г. Калачникова, Т.А. Масливец [и др.] // Геология месторождений горючих полезных ископаемых, их поиски и разведка. – 1986. – С. 107-112.

150. Оборин, А.А. Самоочищение и рекультивация нефтезагрязненных почва Предуралья и Западной Сибири / А.А. Оборин, И.Г. Калачникова, Т.А. Масливец, Е.Н. Базенкова, О.В. Плещеева, А.И. Оглобина // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 140 – 159.

151. Оборин, А. А. Нефтезагрязненные биоценозы / А. А. Оборин, В. Т. Хмурчик, С. А. Иларионов, М. Ю. Маркарова. - Пермь, 2008. - 511 с.

152. Ониани, О.Г. Агрохимия калия / О.Г. Ониани. – М.: Наука, 1981. – 200 с.

153. Орлов, Д.С. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник / Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова, Л.К. Садовникова, Т.А. Соколова. - М.: Агропромиздат, 1991. - 303 с.

154. Осипова, Е.С. Особенности биохимических механизмов защиты у осоки острой при действии нефтяного загрязнения среды / Е.С. Осипова, Г.А. Петухова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – 7 с.

155. Осмачко, О.Е. Влияние нефти на всхожесть и энергию прорастания семян ели и сосны / О.Е. Осмачко, Е.Е. Шабанова, А.К. Касимов // Леса Урала и хозяйство в них: сборник научных трудов. – 2006. – Вып. 28. – С. 76–83.

156. Параманова, И.Е. Оценка деградирующей способности биопрепаратов при внесении в загрязненную углеводородами почву в зависимости от почв, вида и концентрации нефтепродуктов / И.Е. Параманова, Н.Л. Кравченко, А.Б. Суюнова, Н.А. Талжанов, Д.С. Балпанов // Микробиологическая технология - наукоемкое направление современных знаний: материалы международной конференции. – Кишинев, 2011. – С. 196-197.

157.Пейве, Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов / Я.В. Пейве. - М.: Наука, 1980. - 430 с.

158.Петухова, Г.А. Ответные реакции модельных тест-объектов на нефтяное загрязнение среды / Г.А. Петухова, В.В. Дмитриева, В.В. Забродина [и др.] // Вестник ТюмГУ. – 2017. – Т.3. – №1. – С. 98-107.

159.Пиковский, Ю.И. Экспериментальные исследования трансформации нефти в почвах / Ю.И. Пиковский, И.Г. Калачникова, А.И. Оглоблина, А.А. Оборин // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах: Тр. III Всес. совещ. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С.191-195.

160.Пиковский, Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах / Ю.И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 7- 22.

161.Пиковский, Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде / Ю.И. Пиковский. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. – 207 с.

162.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.

163.Полонский, В.И. Реакция растений на низкие уровни нефтезагрязнения / В.И. Полонский, Д.Е. Полонская // Сиб. вестн. с-х. науки. – 2009. – №8. – С. 18-22.

164.Пономарева, Л.В. Биоремедиация нефтезагрязненных почв с использованием биопрепарата «Биосэг» и пероксида кальция / Л.В. Пономарева, В.Г. Крупчак, Н.П. Цветкова // Биотехнология. - 1998. - №1. - С. 79-84.

165.Прикладная экобиотехнология: учебное пособие в 2 т. Т.2. / А.Е. Кузнецов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 485 с.

166.Прокошев, В.В. Калий и калийные удобрения / В. В. Прокошев, И. П. Дерюгин. - М.: Ледум, 2000. – 184 с.

167.Рахманова, Г.Ф. Влияние наноструктурой водно-бентонитовой суспензии на агрохимические свойства нефтезагрязненной серой лесной почвы / Г.Ф. Рахманова // Вестник Казанского технологического университета. - 2017. – Т. 20. - № 10. – С.124-127.

168.Реймерс, Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. - М.: Мысль, 1990. - 637 с.

169.Ровинский, Ф.Я., Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов / Ф.Я. Ровинский, Т.Ф. Теплицкая, Т.А. Алексеева. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 224 с.

170.Рогозина, Е.А. Некоторые теоретические аспекты восстановления нефтезагрязненных почвенных экосистем / Е.А. Рогозина, В.К. Шиманский // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2007. – Т.2. – С. 1-16.

171.Рогозина, Е.А.Сравнительная характеристика отечественных биопрепаратов, предлагаемых для очистки почв и грунтов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами /Е.А. Рогозина, О.А. Андреева, С.И. Жаркова, Д.А. Мартынова, Н.А. Орлова //Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2010. - Т.5. -№3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ngtp.ru/rub/7/37\\_2010.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/7/37_2010.pdf). Дата обращения 23 03.2019.

172.Русанов, А.М. К вопросу диагностики и оценки загрязненных нефтью черноземов / А.М. Русанов, И.А. Мисетов, Т.С. Шорина // Вестник ТГУ. – 2012. – № 364. – С. 219-224.

173.Рыбак, В.К. К вопросу о рекультивации пахотных земель, нарушенных при проведении геологоразведочных работ / В.К. Рыбак // Мелиорация, борьба с эрозией, рекультивация почв: Тез. докл. 1 делегат. съезда почвоведов и агрохимиков УССР. - Харьков, 1982. – С.101.

174.Садовникова, Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении: учебное пособие /Л.К. Садовникова, Д.С. Орлов, И.Н. Лозановская. - 4-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2006. - 334 с.

175.Салангинас, Л.А. Изменение свойств почв под воздействием нефтезагрязнения и разработка системы мер по их реабилитации: автореферат дис... докт. биол. наук / Л.А. Салангинас. - Тюмень, 2003. – 32 с.

176.Самосова, С.М. Изменение микрофлоры и состава нефти в черноземной почве Татарии в первый период после загрязнения / С.М. Самосова, Г.П. Курбский, Г.М. Усачева и др. // Добыча полезных ископаемых и геохимия

природных экосистем. - М.: Наука, 1982. - С.235-245.

177.Сангаджиева, О.С. Экспериментальное изучение биологической очистки нефтезагрязненных почв накопительной микробной культурой / О.С. Сангаджиева, М.А. Ключанова, О.Б. Сопрунова // Экологические системы и приборы. - 2009. - № 11. - С. 12-15.

178.Сангаджиева, Л.Х. Влияние нефтяного загрязнения на фитотоксичность светло-каштановых почв Калмыкии / Л.Х. Сангаджиева, Ц.Д. Даваева, А.А. Булуктаев // ВестникКалмГУ. – 2013. – № 17. – С. 44-47.

179.Сафиоллин, Ф.Н. Инкрустация семян жидкими - стимулирующими составами (ЖУСС) / Ф.Н. Сафиоллин, И.А. Гайсин, Г.С. Миннуллин // Агрохимический Вестник. - 2001. - №6. - С. 31 - 34.

180.Седых, В.Н. Влияние отходов бурения и нефти на физиологическое состояние растений / В.Н. Седых, Л.А. Игнатъев // Сибирский экологический журнал. – 2002. – № 1. – С. 47–52.

181.Середина, В. П. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация / В.П. Середина, Т.А. Андреева, Т.П. Алексеева [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 270 с.

182.Середина, В.П. Загрязнение почв: учебное пособие / В.П. Середина. – Томск: ТГУ, 2015. – 346 с.

183.Синдирева, А.В. Использование газонных трав для фиторемедиации почв, загрязненных нефтепродуктами / А.В. Синдирева, С.Б. Ловинецкая, В.В. Гейс //Вестник Омского ГАУ. – 2016. – №1(21). – С. 92-97.

184.Сидоров, Д.Г. Полевой эксперимент по очистке почв от нефтяного загрязнения с использованием углеводородокисляющих микроорганизмов / Д.Г. Сидоров, И.А. Борзенков, Р.Р. Ибатулин, Е. И. Милехина, И. Т. Храмов, С.С. Беляев, М.В. Иванов // Прикладная биохимия и микробиология. - 1997. - Т. 33. - № 5. - С. 497 – 502.

185.Сидоров, Д.Г. Микробиологическая деструкция мазута в почве при использовании биопрепарата «Деворойл» / Д.Г. Сидоров, И.А. Борзенков, Е.И. Милехина и др. // Прикл. биохим. и микробиология. - 1998.- Т.34.- № 3.- С. 281-

286.

186.Сидоренко, О.Д.Деградация нефти ассоциацией углеводородокисляющих микроорганизмов / О.Д. Сидоренко, Т.А. Павликова //Доклады ТСХА. Вып. 275. - М.: Изд-во МСХА, 2003. - С. 265-272.

187.Славина, Т.П.Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на свойства почв / Т.П. Славина, М.И. Кахаткина, В.П. Середина, Р.Г. Иванова, Л.А. Изерская, В.В. Пуцаева // Мелиорация земель Сибири (Научные основы использования и охраны земельных ресурсов Сибири). - Красноярск, 1984. - С.141-144.

188.Смирнова, Е.В. Транспорт и распределение жидких углеводородов в выщелоченном черноземе: автореф. дис...канд. биол. наук. - Казань, 2003. - 22 с.

189.Смирнова, Е.В. Транспорт жидких углеводородов в выщелоченном черноземе / Е.В. Смирнова, И.П. Бреус. – Германия.: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 73 с.

190.Сморкалов, И.А. Роль фотогетеротрофных пурпурных бактерий в самоочищении почвы от углеводородов: автореф. дис...канд. биол. наук. – Екатеринбург, 2008. – 28 с.

191.Соколов, А.В. Агрохимия фосфора / А. В. Соколов. – М. Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 150 с.

192.Солнцева, Н.П. Геохимическая трансформация почв южной тайги под воздействием техногенных потоков(на примере нефтедобычи): автореф. дис...канд. геогр. наук. - М., 1981. - 22 с.

193.Солнцева, Н.П. Влияние техногенных потоков на морфологию лесных почв в районах нефтедобычи / Н.П. Солнцева // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. - М.: Наука, 1982. - С.26-29.

194.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.

195.Солнцева, Н.П.Региональный геохимический анализ загрязнения почв

нефтью (на примере Пермского Прикамья) / Н.П. Солнцева, Е.М. Никифорова // Восстановления нефтезагрязненных почвенных экосистем. - М.: Наука, 1988. - С.122-139.

196.Солнцева, Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов /Н.П. Солнцева. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 376 с.

197.Список стран по добыче нефти [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ru.wikipedia.org. Дата обращения 25.08.2018.

198.Стабникова, Е.В. Применение биопрепарата «Лестан» для очистки почвы от углеводов нефти / Е.В. Стабникова, М.В. Селезнева, А.Н. Дульгеров, В.Н. Иванов // Прикладная биохимия и микробиология. -1996. - Т.32. - №2. - С.219-233.

199.Станкевич, Д.С. Использование углеводородокисляющей бактерии *Pseudomonas* для биоремедиации нефтезагрязненных почв: автореф. дис...канд. биол. наук. -Москва, 2002. -18 с.

200.Суслонов, А. В. Влияние нефтяного загрязнения почв на формирование растительного покрова / А. В. Суслонов // Молодой ученый. — 2012. — №3. — С. 116-118.

201.Терпелец, В.Ю. Влияние отработанных буровых растворов на свойства почвы / В.Ю. Терпелец // Труды ВНИИКР нефти. - М., 1986. - №174.- 10 с.

202.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.

203.Трофимов, С.Я. Влияние нефти на почвенный покров и проблема создания нормативной базы по влиянию нефтезагрязнения на почвы / С.Я. Трофимов, Я.М. Аммосова, Д.С. Орлов [и др.] // Почвоведение. – 2000. – Сер.17. – №2. – С. 30-34.

204.Трошкова, Г.П. Экологическая биотехнология: учеб. пособие / Г.П. Трошкова, Е.К. Емельянова, Н.О. Карабинцева. – Новосибирск: Сибмедиздат НГМУ, 2011. – 143 с.

205.Украинцев, А.Д.Проблемы биологической ремедиации территории /



А.Д. Украинцев, А.Н. Синицин, Т.К. Крашенинников // Сб. докладов 1 Российского симпозиума по биологической безопасности. 23 октября 2003 г. Москва.

206.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 ГАУ. – 2008. - № 1(7). – С. 119-123.

207.Фарахова, И.З. Агрохимические свойства и приемы рекультивации нефтезагрязненных серых лесных почв Предкамья Республики Татарстан: автореф. дис... канд. с/х. наук. – Казань, 2009. – 20 с.

208.Фахрутдинов, А.И.Результаты рекультивации нефтезагрязненных территорий с применением бактериального препарата / А.И. Фахрутдинов, В.Г. Алехин, Л.А. Малышкин // Наука и образование XXI века: Сборник тезисов докладов второй окружной конференции молодых ученых ХМАО. Ч. 1. Сургут: Изд-во СурГУ, 2001. - С. 55-56.

209.Федонюк, В.В. Фиторемедиация черноземов оподзоленных как метод защиты почв от деградации в контексте учения Василия Васильевича Докучаева / В.В. Федонюк, О.Ф. Картавая, М.А. Федонюк // История наук о Земле. Коллективная монография. – 2017. – Вып. 6. – С. 297-303.

210.Хазиев, Ф.Х.Влияние нефтяного загрязнения на почву / Ф.Х. Хазиев, И.Ю. Хасанов, Б.У. Шамсутдинов //Проблемы комплексного изучения, освоения и охраны ландшафтов Урала: Тез. Докл. – Уфа, 1980. – С. 76-77.

211.Хазиев, Ф.Х. Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активации разложения нефти / Ф.Х. Хазиев, Ф.Ф. Фатхиев //Агрохимия. – 1981. – №10. – С. 102-111.

212.Хазиев, Ф.Х.Влияние нефтяного загрязнения на некоторые компоненты агроэкосистемы / Ф.Х. Хазиев, Е.И. Тишкина, Н.А. Киреева, Г.Г. Кузяхметов // Агрохимия. - 1988. - №2. - С. 56-61.

213.Хазиев, Ф. Х. Экология почв Башкортостана / Ф.Х. Хазиев. - Уфа: ГИЛЕМ, 2012. - 312 с.

214.Халимов, Э.М. Эколого-микробиологические аспекты повреждающего действия нефти в почве / Э. М. Халимов, С.В. Левин, В. С. Гузев // Вест. Моск. универс. Сер. 17. Почвоведение. - 1996. - № 2. - С. 59-64.

215.Хидиятуллина, А.Я. Биорекультивация нефтезагрязненных почв с использованием активных аборигенных микроорганизмов-деструкторов и эколого-токсикологическая оценка процесса ремедиации: автореф. дис... канд. с/х. наук. – Казань, 2013. – 23 с.

216.Химический энциклопедический словарь / гл. ред. И.Л. Кнунянц. – М.: Сов. энциклопедия, 1983. – 792 с.

217.Хотеев, В.В. Сукцессионные процессы на техногенном ландшафте в Северной лесостепи Тюменской области / В. В. Хотеев //Проблемы охраны растительного мира Сибири. Тез. докл. межд. совещ. - Новосибирск, 2001. - С. 94-95.

218.Цомбуева, Б.В. Применение природных материалов в качестве сорбентов для очистки почв от нефтяного загрязнения / Б.В. Цомбуева // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.

219.Цулаия, А.М. Функционально-морфологические изменения высших растений при действии нефтяного, солевого и нефтесолевого загрязнения почв: автореф.дис... канд. биол. наук. – Тюмень, 2012. – 20 с.

220.Чижов, Б.Е. Классификация нефтезагрязненных земель таежной зоны Западной Сибири с целью их рекультивации / Б.Е. Чижов, В.А. Долингер //Леса и лесн. хоз-во Западной Сибири. Вып. 6: сб. науч. тр. – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. – С. 179-192.

221.Чириков, Ф.В. Агрохимия калия и фосфора / Ф. В. Чириков. - М.: Сельхозиздат, 1956. - 464 с.

222.Чумаченко, И. Н. Фосфор в жизни растений и плодородии почв /И.Н. Чумаченко. – М.: ЦИНАО, 2002. – 124 с.

223.Шабад, Л. М. О циркуляции канцерогенов в окружающей среде / Л.М. Шабад. - М.: Медицина, 1973. – 295 с.

224.Шабанова, Е.Е. Оптимизация ландшафтов и лесовозобновительных

процессов в условиях нефтепромыслов Удмуртской республики: автореф. дис... канд. с/х наук. – Екатеринбург, 2008. – 18 с.

225. Шакирова, З.Х. Экологическая ситуация в Республике Татарстан / З.Х. Шакирова // Сельское, лесное и водное хозяйство. – 2013. – №8. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agro.snauka.ru/2013/08/1143>. Дата обращения: 29.04.2017.

226. 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.

227. Шамаева, А.А. Исследование процессов биоремедиации почв и объектов, загрязненных нефтяными углеводородами: автореф. дис... канд. биол. наук. - Уфа. – 2007. - 20 с.

228. Шамраев, А.В. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды / А.В. Шамраев, Т.С. Шорина // Вестник ОГУ. – 2009. – № 6 (112) – С. 642-645.

229. Шарипова, А.К. Влияние нефтяного загрязнения на прорастание семян ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) / А.К. Шарипова, Е.В. Донец // Вестник Омского ГАУ. – 2017. – № 1 (25). – С.65-70.

230. Шаркова, С.Ю. Состояние микробного комплекса почв при нефтезагрязнении / С.Ю. Шаркова, Е.А. Полянскова, Е.А. Парфенова // Известия ПГПУ. – 2011. – № 25. – С. 614-617.

231. Шаронова, Н.Л. Экология почвенной микробиоты и диагностика почв / Н.Л. Шаронова, В.М. Пахомова, Е.К. Бунтукова. – Казань, 2009. – 224 с.

232. Швец, А.А. Фиторемедиация загрязненных нефтью почв в условиях северо-западного Кавказа: автореф. дис... канд. с/х наук. -Краснодар. – 2009.-23 с.

233. Шилова, И.И. Культурфитоценозы на нефтезагрязненных землях таежной зоны (в полевом эксперименте) / И.И. Шилова, Н.М. Макаров // Растение и промышленная среда: Сб. науч. трудов. - Свердловск, 1985. - С.32-42.

234. Шулаев, Н.С. Изучение воздействия нефтяного загрязнения почв на

развитие высших растений на примере рогоза широколистного / Н.С. Шулаев, В.В. Пряничникова, Н.А. Быковский, Р.Р. Кадыров // Успехи современного естествознания. – 2016. – С. 193-197.

235.Щур, А.В. Технологии фиторемедиации техногенно поврежденных территорий / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы международной научно-технической конференции, Могилев, 16-17 апреля 2015 г. – 2015. – С.12-16.

236.Эффект от применения биотехнологии при рекультивации нефтяного загрязнения почвы на развитие растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.s-ng.ru/pdf/main\\_2329.pdf](http://www.s-ng.ru/pdf/main_2329.pdf). Дата обращения 16.04.2019.

237.Ягафарова, Г.Г. Испытание биопрепарата "Родотрин" для ликвидации нефтяных загрязнений / Г.Г. Ягафарова, Э.М. Гатауллина // Башкирский химический журнал. - 1995. - Т.2. - №3-4. - С. 69-70.

238.Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. – М.: Мир, 2003. – 584 с.

239.Яо, Л.М. Социальная экология: учебное пособие / Л.М. Яо. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2007. – 280 с.

240.Abed, M.M. Effect of disturbance by oil pollution on the diversity and activity of bacterial communities in biological soil crusts from the Sultanate of Oman / M.M. Abed, S. Al-Kindy // Appl. Soil Ecol. – 2017. – Vol. 110. – P. 88-96.

241.Agarry, S.E. Application of carbon-nitrogen supplementation plant and animal sources in in-situ soil bioremediation of diesel oil experimental analysis and kinetic modeling / S.E. Agarry, L.A. Jimoda // Environ. Earth Sci. –2013. –Vol.3 (7). – P. 51-62.

242.Aken, B.V. Transgenic plants and associated bacteria for phytoremediation of organic pollutants / B.V. Aken // Comprehensive Biotechnology. – 2011. – P. 223-227.

243.Alotaibi, H.S. Carbon mineralization and biochemical effects of short-term wheat straw in crude oil contaminated sandy soil / H.S. Alotaibi, A.R. Usman, A.S.

Abduljabbar // *Appl. Geochem.* – 2018. – Vol.88. – P. 276-287.

244. 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. -№ 2. -P. 234–237.

245. Atlas, R.M. Stimulated petroleum biodegradation / R.M. Atlas // *CRC Crit. Revs. Microbiol.* - 1977. - Vol. 5. - № 4. - P.371-386.

246. Blankenship, D.W. Plant growth inhibition by the water extract of a crude oil / D.W. Blankenship, R.A. Larson // *Water, Air and Soil Pollut.* – 1978. – Vol.10. – №4. – P. 471-472.

247. Bramley-Alves, J. Phytoremediation of hydrocarbon contaminants in subantarctic soils: an effective management option / J. Bramley-Alves, J. Wasley, C.K. King [et al.] // *J. Environ. Manage.* – 2014. – Vol.142. – P. 60-69.

248. Cai, B. Comparison of phytoremediation, bioaugmentation and natural attenuation for remediating saline soil contaminated by heavy crude oil / D. Cai, J. Mae, G. Yan [et al.] // *Biochem. Eng. J.* – 2016. – P. 170–177.

249. Dhanwal, P. Recent Advances in Phytoremediation Technology / P. Dhanwal, A. Kumar, Sh. Dudeja [et al.] // *Advances in Environmental Biotechnology.* – 2017. – P. 227-241.

250. Dickinson, N. Phytoremediation / N. Dickinson // *Encyclopedia of Applied Plant Science.* – 2017. – Vol.3. – P. 327-331.

251. Eevers, N. Chapter Seven–Bio- and Phytoremediation of Pesticide-Contaminated Environments: A Review / N. Eevers, J.C. White, J. Vangronsveld, N. Weyens // *Adv. Bot Res.* – 2017. – V.83. – P.277-318.

252. Ellis R. Contamination of soils by petroleum hydrocarbons / R. Ellis, R.S. Adams // *Adv. Agron.* - 1961. - Vol. 13. - P.197.

253. Evans, F.F. Impact of oil contamination and biostimulation on the diversity of indigenous bacterial communities in soil microcosms / F.F. Evans, A.S. Rosado, G.V. Sebastian [et al.] // *FEMS Microbiol. Ecol.* – 2004. – V. 49. – P. 245-305.

254. 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.

255.Golan, S. The effect of petroleum hydrocarbons on seed germination, development and survival of wild and cultivated plants in extreme desert soil / S. Golan, T. Faraj, E. Rahamim [et al.] // International Journal of Agriculture and Environmental Research. – 2016. – V.2. – Is.6. – P. 1743-1767.

256.Jong, E. The effect of subsurface hydrophobic layer on water and salt movement / E. Jong // Can. J. Sci. – 1983. – V.63. – №1. – P. 57-63.

257.Kabirov, R.R.Evaluating the biological activity of oil-polluted soils using a complex index / R.R. Kabirov, L.M. Safiullina, N.A. Kireeva etc. // Eurasian Soil Science. - 2012. - Vol. 45. - № 2. - P. 157-161.

258.Krauss, A. Potassium as an integral part for sustained soil fertility and efficient crop production / A. Krauss //Bull. Inst. Hod, aklim. rosl. - 2002. - № 222. - P. 5-17.

259.Lim, M.W. A comprehensive guide of remediation technologies for oil contaminated soil – Present works and future directions / M.W. Lim, E.V. Lau, Ph.E. Poh // Mar. Pollut. Bull. – 2016. – Vol.109 (1). – P. 14-45.

260.Melekhina, E. N. Secondary successions of biota in oil-polluted peat soil upon different biological remediation methods / E. N. Melekhina, M. Y. Markarova, T. N. Shchemelinina etc. // Eurasian Soil Science. - 2015. - Vol. 48. - № 6. - P. 643–653.

261.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. -№ 1. -P. 96–114.

262.Oh, K. Study on Application of Phytoremediation Technology in Management and Remediation of Contaminated Soils / K. Oh, T. Cao, T. Li, H. Cheng // Journal of Clean Energy Technologies. – 2014. – Vol. 2. – No. 3. – P. 216-220.

263.Orlova, E.E. The change of the Humus state of podzolic and dermo-podzolic soils after oil pollution / E.E. Orlova, L.G. Bakina // Internation Conference «Problems of antropogenic soils formation» June 16-21. – M.: V.V. Dokuchaev Soil Institute, 1994. – V.4. – P. 192.

264.Panchenko, L. Comparison of the phytoremediation potentials of Medicago

falcate L. and *Medicago sativa* L. in aged oil-sludge-contaminated soil / L. Panchenko, A. Muratova, O. Turkovskaya // *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* – 2017. – Vol.24. – I.3. – P.3117-3130.

265.Perry, J.J. Microbial sooxidation involving hydrocarbons / J.J. Perry // *Microbiol. Rev.* -1979. - V.43. - №1. - P. 59-63.

266.Pirzadah, T.B. Phytoremediation: An Eco-Friendly Green Technology for Pollution Prevention, Control and Remediation // T.B. Pirzadah, B. Malik, I. Tahir [et al.] // *Soil Remediation and Plants.* – 2015. – P.107-129.

267.Polyak, Y.M. Effect of remediation strategies on biological activity of oilcontaminated soil – A field study / Y.M. Polyak, L.G. Bakina, M.V. Chugunova [et al.] // *Int. Biodet. Biodeg.* – 2018. – V.126. – P. 57-68.

268.Salanitro, J.P. Crude oil hydrocarbon bioremediation and soil ecotoxicity assessment / J.P. Salanitro, P.B. Dorn, M.H. Huesemann [et al.] // *Environ. Sci. Technol.* –1997. – V. 31. – P. 1769–1776.

269.Sanner, T. Potency grading in carcinogen classification / T. Sanner et al. // *Molecular carcinogenesis.* - 1997. - №20. - P.280-287.

270.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. - № 5. - P. 393–407.

271.Sexton, A.J. Response of microorganisms in Arctik tundra Soils to application of crude oil / A.J. Sexton R.M. Atlas// *Abstrs Annu. Meet. Amer. Soc. Microbiol.* Atlantic City N.J.,1976. - Washington, D.C.,1976.- P.194.

272.Tiwari, J. Phytoremediation Potential of Industrially Important and Biofuel Plants: *Azadirachta indica* and *Acacia nilotica* / J. Tiwari, A. Kumar, N. Kumar // *Phytoremediation Potential of Bioenergy Plants.* – 2017. – P. 211-254.

273.Tolpeshta, I. I. Laboratory simulation of the successive aerobic and anaerobic degradation of oil products in oil-contaminated high-moor peat / I. I. Tolpeshta, S. Y. Trofimov, M. I. Erkenova etc. // *Eurasian Soil Science.* -2015. -Vol. 48.- № 3. -P. 314–324.

274. Tran, Th. H. Germination, physiological and biochemical responses of acacia seedlings (*Acacia raddiana* and *Acacia tortilis*) to petroleum contaminated soils / Th. H. Tran, E.M. Gati, A. Eshel, G. Winters // *Environ. Pollut.* – 2018. – Vol.234. – P.642-655.

275. 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.-№ 4. – P.537-540.

276. Urazmetov, I.A. Ecological state of water and soil of natural-anthropogenic landscapes in the oil-producing regions / I.A. Urazmetov, E.V. Smirnova // *Mediterranean Journal of Social Sciences.* - 2014. - Vol.5. - №18. -P.367-371.

277. 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 [et al.] // *Fresen. Environ. Bull.* – 2011. – V.20. – No 8. – P. 1904–1909.

278. ZoBell, C.E. Action of micro-organisms on hydrocarbons / C.E. ZoBell // *Bact. Rev.* – 1946. - № 10. - P.1-49.



## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Влияние свежего нефтяного загрязнения\* на некоторые  
агрохимические свойства верхнего 0-30 см слоя серой лесной почвы  
(МПО № 2, отбор почвенных проб 30.05.2014)

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	С	N	$\frac{C}{N}$	ЕКО	Н <sub>г</sub>	Подвижные формы, мг/кг			рН <sub>сол.</sub>
	%			ммоль/100 г		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N <sub>щ</sub> **	
0	$\frac{1,67}{100}$	$\frac{0,135}{100}$	$\frac{12,4}{100}$	$\frac{21,6}{100}$	$\frac{4,4}{100}$	$\frac{126}{100}$	$\frac{121}{100}$	$\frac{158}{100}$	$\frac{5,4}{100}$
12,5	$\frac{3,73}{223***}$	$\frac{0,137}{101}$	$\frac{27,2}{219}$	$\frac{17,8}{82}$	$\frac{3,7}{84}$	$\frac{102}{81}$	$\frac{99}{82}$	$\frac{125}{79}$	$\frac{5,4}{100}$
25	$\frac{6,04}{362}$	$\frac{0,135}{100}$	$\frac{44,7}{360}$	$\frac{15,5}{72}$	$\frac{3,4}{77}$	$\frac{98}{78}$	$\frac{97}{80}$	$\frac{102}{65}$	$\frac{5,5}{102}$
50	$\frac{9,89}{592}$	$\frac{0,136}{101}$	$\frac{72,7}{586}$	$\frac{13,1}{61}$	$\frac{3,2}{73}$	$\frac{95}{75}$	$\frac{94}{78}$	$\frac{83}{53}$	$\frac{5,7}{106}$
НСР <sub>05</sub>	0,12	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	-	0,8	0,3	6	6	10	0,2

Прим.: \* - загрязнение почвы проведено 14.05.2014 года;

\*\* - щелочногидролизуемый азот по Корнфилду;

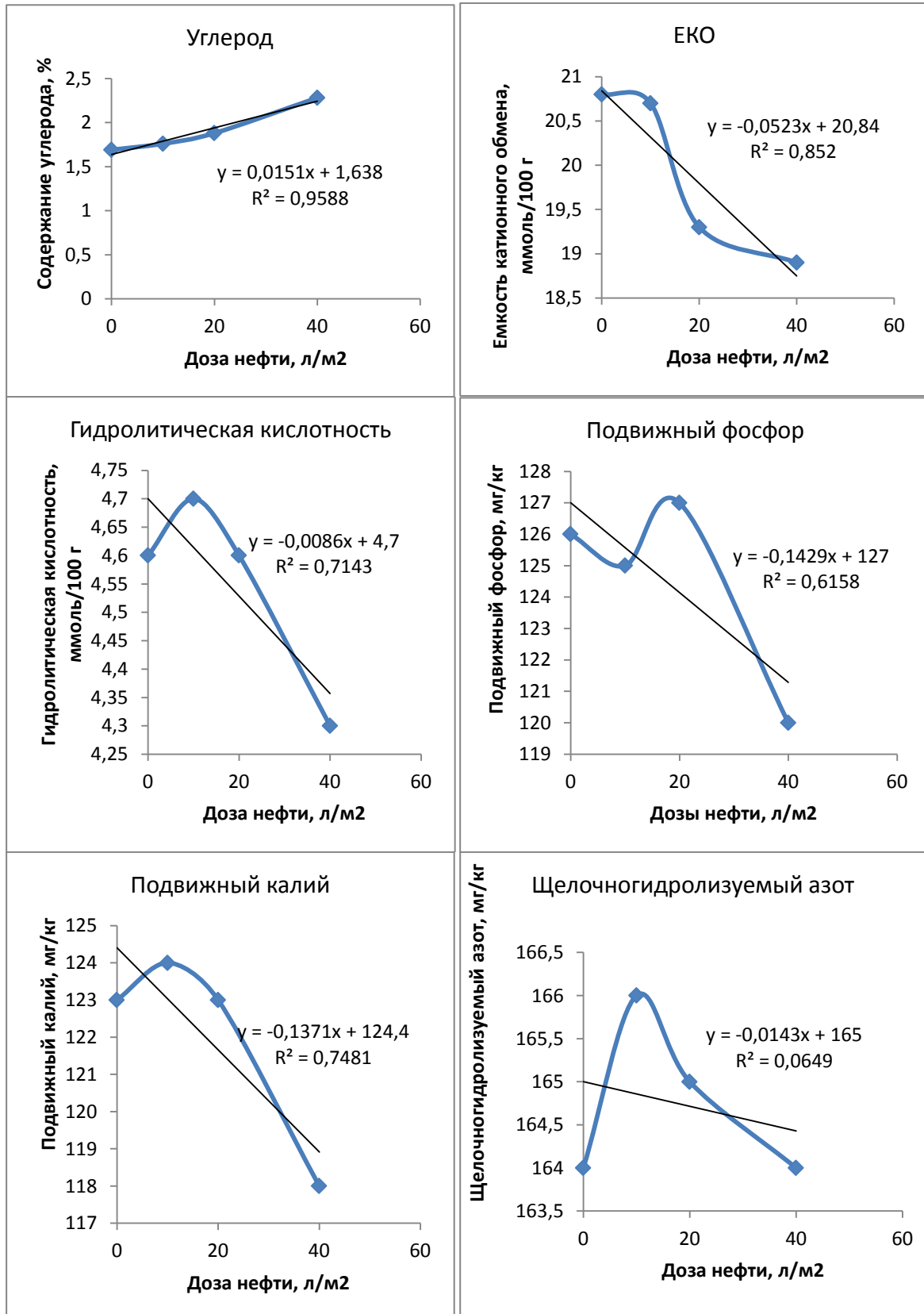
\*\*\* - в процентах по отношению к незагрязненной почве.

Дисперсионный анализ данных по влиянию уровня свежего нефтяного загрязнения на основные агрохимические свойства серой лесной почвы (МПО № 2, 2014 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
Содержание общего углерода, %							
0	1,66	1,72	1,62	1,69	6,69	1,67	0,12
12,5	3,67	3,71	3,82	3,71	14,91	3,73	
25,0	6,03	6,11	5,95	6,06	24,15	6,04	
50,0	9,97	9,86	9,94	9,80	39,57	9,89	
Сумма, P	21,33	21,40	21,33	21,26	85,32	-	
Содержание общего азота, %							
0	0,138	0,133	0,135	0,135	0,541	0,135	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
12,5	0,140	0,135	0,132	0,140	0,547	0,137	
25,0	0,136	0,134	0,139	0,131	0,540	0,135	
50,0	0,138	0,130	0,140	0,135	0,543	0,136	
Сумма, P	0,552	0,532	0,546	0,541	2,171	-	
Емкость катионного обмена, ммоль/100 г							
0	22,4	21,1	21,0	22,0	86,5	21,6	0,8
12,5	17,9	17,5	18,5	17,3	71,2	17,8	
25,0	16,0	15,1	16,1	14,9	62,1	15,5	
50,0	13,8	12,7	13,2	12,6	52,3	13,1	
Сумма, P	70,1	66,4	68,8	66,8	272,1	-	
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г							
0	4,2	4,5	4,4	4,6	17,7	4,4	
12,5	3,6	3,8	3,6	3,9	14,9	3,7	

продолжение приложения 2							
1	2	3	4	5	6	7	8
25,0	3,6	3,3	3,5	3,2	13,6	3,4	0,3
50,0	3,1	3,3	3,1	3,2	12,7	3,2	
Сумма, P	14,5	14,9	14,6	14,9	58,9	-	
Обменная кислотность, рН <sub>сол.</sub>							
0	5,3	5,4	5,5	5,5	21,7	5,4	0,2
12,5	5,4	5,4	5,4	5,3	21,5	5,4	
25,0	5,6	5,4	5,6	5,5	22,1	5,5	
50,0	5,7	5,6	5,8	5,7	22,8	5,7	
Сумма, P	22,0	21,8	22,3	22,0	88,1	-	
Содержание подвижных форм фосфора, мг/кг							
0	132	122	128	123	505	126	6
12,5	95	101	104	97	397	99	
25,0	98	96	100	93	387	97	
50,0	97	88	94	96	375	94	
Сумма, P	422	407	426	409	1664	-	
Содержание подвижных форм калия, мг/кг							
0	126	123	118	118	485	121	6
12,5	97	95	104	101	397	99	
25,0	100	97	98	94	389	97	
50,0	96	92	98	90	376	94	
Сумма, P	419	407	418	403	1647	-	
Содержание щелочногидролизуемого азота, мг/кг							
0	153	159	165	154	631	158	10
12,5	130	122	128	119	499	125	
25,0	104	107	95	103	409	102	
50,0	82	82	78	90	332	83	
Сумма, P	469	470	466	466	1871	-	

Влияние старого нефтяного загрязнения десятилетней давности на некоторые агрохимические свойства серой лесной почвы (МПО № 1, 2014 г.)



Дисперсионный анализ данных по влиянию старого нефтяного загрязнения десятилетней давности на основные агрохимические свойства серой лесной почвы (МПО № 1, 2014 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
Содержание общего углерода, %							
0	1,74	1,67	1,71	1,63	6,75	1,69	0,08
10	1,76	1,78	1,70	1,80	7,04	1,76	
20	1,93	1,85	1,87	1,88	7,53	1,88	
40	2,24	2,30	2,23	2,36	9,13	2,28	
Сумма, P	7,67	7,6	7,51	7,67	30,45	-	
Содержание общего азота, %							
0	0,13	0,14	0,13	0,13	0,53	0,13	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
10	0,14	0,13	0,14	0,14	0,55	0,14	
20	0,13	0,13	0,13	0,14	0,53	0,13	
40	0,13	0,13	0,13	0,13	0,52	0,13	
Сумма, P	0,53	0,53	0,53	0,54	2,13	-	
Емкость катионного обмена, ммоль/100 г							
0	20,8	20,1	20,7	21,5	83,1	20,8	1,2
10	20,5	21,7	20,4	20,3	82,9	20,7	
20	19,5	18,4	19,0	20,3	77,2	19,3	
40	19,5	18,4	17,8	19,8	75,5	18,9	
Сумма, P	80,3	78,6	77,9	81,9	318,7	-	
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г							
0	4,7	4,4	4,5	4,7	18,3	4,6	
10	4,9	4,7	4,5	4,6	18,7	4,7	
20	4,4	4,5	4,7	4,8	18,4	4,6	

продолжение приложения 4							
1	2	3	4	5	6	7	8
40	4,1	4,5	4,3	4,4	17,3	4,3	$F_{\phi} < F_{05}$
Сумма, P	18,1	18,1	18	18,5	72,7	-	
Обменная кислотность, рН <sub>сол.</sub>							
0	5,4	5,3	5,4	5,4	21,5	5,4	$F_{\phi} < F_{05}$
10	5,3	5,5	5,4	5,4	21,6	5,4	
20	5,4	5,3	5,5	5,3	21,5	5,4	
40	5,5	5,4	5,4	5,4	21,7	5,4	
Сумма, P	21,6	21,5	21,7	21,5	86,3	-	
Содержание подвижных форм фосфора, мг/кг							
0	130	123	124	128	505	126	5
10	129	124	121	127	501	125	
20	124	128	123	132	507	127	
40	119	117	119	124	479	120	
Сумма, P	502	492	487	511	1992	-	
Содержание подвижных форм калия, мг/кг							
0	126	120	121	126	493	123	$F_{\phi} < F_{05}$
10	127	122	125	121	495	124	
20	120	122	124	125	491	123	
40	116	123	120	114	473	118	
Сумма, P	489	487	490	486	1952	-	
Содержание щелочногидролизуемого азота, мг/кг							
0	167	163	162	164	656	164	$F_{\phi} < F_{05}$
10	165	166	164	168	663	166	
20	164	167	168	160	659	165	
40	163	164	162	166	655	164	
Сумма, P	659	660	656	658	2633	-	

Характер изменения общего углерода, ЕКО и кислотности нефтезагрязненной серой лесной почвы во времени (МпО № 1)

Показатели	Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>	Возраст загрязнения, месяцы				
		0,5	23,5	47,5	72,0	120,0
Углерод, %	0	1,69	1,65	1,67	1,69	1,69
	10	3,42	2,06	1,89	1,78	1,76
	20	5,13	2,78	2,36	2,07	1,88
	40	8,37	4,05	3,35	2,65	2,28
	НСР <sub>05</sub>	0,06	0,08	0,07	0,10	0,08
ЕКО, ммоль/100 г	0	22,2	22,0	22,3	22,5	20,8
	10	18,6	21,1	22,1	22,3	20,7
	20	16,0	17,7	18,9	20,1	19,3
	40	14,7	16,0	17,6	19,4	18,9
	НСР <sub>05</sub>	1,3	0,5	0,7	0,8	1,2
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	0	4,2	4,3	4,5	4,0	4,6
	10	3,6	4,0	4,5	4,0	4,7
	20	3,4	3,9	4,3	4,1	4,6
	40	3,3	4,0	4,2	4,3	4,3
	НСР <sub>05</sub>	0,2	0,2	0,2	0,3	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
рН сол.	0	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
	10	5,5	5,4	5,4	5,5	5,4
	20	5,6	5,4	5,5	5,4	5,4
	40	5,6	5,5	5,4	5,5	5,4
	НСР <sub>05</sub>	0,1	F <sub>φ</sub> <F <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>



Характер изменения общего азота и подвижных форм фосфора и калия в нефтезагрязненной серой лесной почве во времени (МпО № 1)

Показатели	Дозы нефти, л/м <sup>2</sup>	Возраст загрязнения, месяцы				
		0,5	23,5	47,5	72,0	120,0
Общий азот, %	0	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13
	10	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14
	20	0,13	0,13	0,14	0,14	0,13
	40	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13
	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>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0	129	130	128	125	126
	10	106	122	127	126	125
	20	102	109	116	123	127
	40	101	108	113	119	120
	НСР <sub>05</sub>	7	5	6	6	5
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0	115	114	117	120	123
	10	93	108	117	120	124
	20	93	98	108	119	123
	40	90	94	104	114	118
	НСР <sub>05</sub>	5	4	5	5	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>

Дисперсионный анализ данных по влиянию свежего нефтяного загрязнения на содержание подвижных форм микроэлементов в серой лесной почве (МпО № 2, 2014 г.), мг/кг

Почва	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Бор							
незагрязненная	0,74	0,67	0,69	0,75	2,85	0,71	0,06
загрязненная	0,52	0,42	0,39	0,50	1,83	0,46	
Сумма, P	1,26	1,09	1,08	1,25	4,68	-	
Молибден							
незагрязненная	0,18	0,15	0,16	0,18	0,67	0,17	0,02
загрязненная	0,16	0,13	0,13	0,14	0,56	0,14	
Сумма, P	0,34	0,28	0,29	0,32	1,23	-	
Марганец							
незагрязненная	54	45	48	50	197	49	6
загрязненная	58	56	55	62	231	58	
Сумма, P	112	101	103	112	428	-	
Медь							
незагрязненная	3,2	2,9	2,9	3,3	12,3	3,1	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
загрязненная	3,0	2,9	2,8	3,4	12,1	3,0	
Сумма, P	6,2	5,8	5,7	6,7	24,4	-	
Цинк							
незагрязненная	4,2	3,8	4,0	4,5	16,5	4,1	0,7
загрязненная	3,6	3,6	3,2	3,3	13,7	3,4	
Сумма, P	7,8	7,4	7,2	7,8	30,2	-	
Кобальт							
незагрязненная	0,17	0,14	0,15	0,15	0,61	0,15	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
загрязненная	0,15	0,15	0,14	0,16	0,60	0,15	
Сумма, P	0,32	0,29	0,29	0,31	1,21	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию нефтяного загрязнения одногодичной давности на содержание подвижных форм микроэлементов в серой лесной почве (МпО № 2, 2014 г.), мг/кг

Почва	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Бор							
незагрязненная	0,66	0,57	0,59	0,67	2,49	0,62	0,06
загрязненная	0,47	0,46	0,45	0,53	1,91	0,48	
Сумма, P	1,13	1,03	1,04	1,20	4,40	-	
Молибден							
незагрязненная	0,18	0,15	0,14	0,16	0,63	0,16	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
загрязненная	0,14	0,15	0,14	0,14	0,57	0,14	
Сумма, P	0,32	0,30	0,28	0,30	1,20	-	
Марганец							
незагрязненная	53	48	51	52	204	51	3
загрязненная	60	55	55	59	229	57	
Сумма, P	113	103	106	111	433	-	
Медь							
незагрязненная	3,3	2,8	3,0	3,3	12,4	3,1	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
загрязненная	3,2	3,0	2,8	3,3	12,3	3,1	
Сумма, P	6,5	5,8	5,8	6,6	24,7	-	
Цинк							
незагрязненная	4,5	4,1	4,0	4,3	16,9	4,2	0,3
загрязненная	3,8	3,2	3,5	3,8	14,3	3,6	
Сумма, P	8,3	7,3	7,5	8,1	31,2	-	
Кобальт							
незагрязненная	0,18	0,14	0,15	0,17	0,64	0,16	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
загрязненная	0,17	0,15	0,14	0,17	0,63	0,16	
Сумма, P	0,35	0,29	0,29	0,34	1,27	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию доз товарной нефти на урожайность основной продукции сельскохозяйственных культур в условиях серой лесной почвы (МПО № 2), г/м<sup>2</sup>

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
2014 г., зерно ярового ячменя							
0	186	175	184	168	713	178	7
12,5	0	0	0	0	0	0	
25,0	0	0	0	0	0	0	
50,0	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	186	175	184	168	713	-	
2015 г., маслосемена ярового рапса							
0	118	112	118	109	457	114	5
12,5	37	26	36	29	128	32	
25,0	0	0	0	0	0	0	
50,0	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	155	138	154	138	585	-	
2016 г., зерно проса							
0	196	184	192	172	744	186	26
12,5	70	62	76	67	275	69	
25,0	62	0	39	42	143	36	
50,0	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	328	246	307	281	1162	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию доз товарной нефти на урожайность  
побочной продукции сельскохозяйственных культур в условиях серой лесной  
почвы (МПО № 2), г/м<sup>2</sup>

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
2014 г., солома ярового ячменя							
0	208	195	207	195	805	201	6
12,5	0	0	0	0	0	0	
25,0	0	0	0	0	0	0	
50,0	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	208	195	207	195	805	-	
2015 г., солома ярового рапса							
0	149	143	151	138	581	145	6
12,5	52	41	47	43	183	46	
25,0	0	0	0	0	0	0	
50,0	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	201	184	198	181	764	-	
2016 г., солома проса							
0	495	478	500	468	1941	485	50
12,5	242	225	241	219	927	232	
25,0	185	41	142	164	532	133	
50,0	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	922	744	883	851	3400	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию товарной нефти на урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МпО № 1), г/м<sup>2</sup>

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Первая ротация (2005 г.), давность загрязнения 1 год							
0	264	260	255	270	1049	262	22
10	150	85	100	120	455	114	
20	0	0	0	0	0	0	
40	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	414	345	355	390	1504	-	
Вторая ротация (2009 г.), давность загрязнения 5 лет							
0	297	275	286	299	1157	289	19
10	142	155	158	146	601	150	
20	58	70	65	50	243	61	
40	5	5	0	14	24	6	
Сумма, P	502	505	509	509	2025	-	
Третья ротация (2013 г.), давность загрязнения 9 лет							
0	194	194	202	183	773	193	11
10	164	162	168	153	647	162	
20	95	111	108	098	412	103	
40	51	60	50	64	225	56	
Сумма, P	504	527	528	498	2057	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию товарной нефти на урожайность соломки яровой пшеницы в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МпО № 1), г/м<sup>2</sup>

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Первая ротация (2005 г.), давность загрязнения 1 год							
0	312	325	293	285	1215	304	17
10	210	190	205	200	805	201	
20	0	0	0	0	0	0	
40	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	522	515	498	485	2020	-	
Вторая ротация (2009 г.), давность загрязнения 5 лет							
0	344	325	332	340	1341	335	23
10	217	235	228	216	896	224	
20	119	107	115	102	443	111	
40	36	31	0	52	119	30	
Сумма, P	716	698	675	710	2799	-	
Третья ротация (2013 г.), давность загрязнения 9 лет							
0	208	204	225	194	831	208	13
10	184	194	188	167	733	183	
20	152	173	168	160	653	163	
40	142	155	175	143	615	154	
Сумма, P	686	726	756	664	2832	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию товарной нефти на урожайность зерна ячменя в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МПО № 1), г/м<sup>2</sup>

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Первая ротация (2006 г.), давность загрязнения 2 год							
0	166	163	152	175	656	164	17
10	65	65	93	80	303	76	
20	55	49	60	35	199	50	
40	40	0	0	0	0	0	
Сумма, P	286	277	305	290	1158	-	
Вторая ротация (2010 г.), давность загрязнения 6 лет							
0	85	78	75	87	325	81	9
10	59	53	54	65	231	58	
20	45	40	48	35	168	42	
40	15	20	15	17	67	17	
Сумма, P	204	191	192	204	791	-	
Третья ротация (2014 г.), давность загрязнения 10 лет							
0	206	195	210	214	825	206	11
10	188	186	179	164	717	179	
20	125	112	125	133	495	124	
40	56	62	53	58	229	57	
Сумма, P	575	551	559	578	2263	-	



Дисперсионный анализ данных по влиянию товарной нефти на урожайность  
 соломы ячменя в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной  
 почвы (МПО № 1), г/м<sup>2</sup>

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Первая ротация (2006 г.), давность загрязнения 2 год							
0	180	175	192	190	737	184	18
10	118	143	133	105	499	125	
20	105	100	96	110	411	103	
40	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	403	418	421	405	1647	-	
Вторая ротация (2010 г.), давность загрязнения 6 лет							
0	142	136	144	157	579	145	15
10	167	148	144	162	621	155	
20	121	119	130	113	483	121	
40	68	75	67	61	271	68	
Сумма, P	498	478	485	493	1954	-	
Третья ротация (2014 г.), давность загрязнения 10 лет							
0	253	231	24	247	971	243	13
10	228	247	226	243	944	236	
20	206	195	202	212	815	204	
40	150	157	151	153	611	153	
Сумма, P	837	83	819	855	3341	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию товарной нефти на урожайность маслосемян ярового рапса в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МпО № 1), г/м<sup>2</sup>

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Первая ротация (2007 г.), давность загрязнения 3 год							
0	149	145	154	163	611	153	7
10	54	47	43	51	195	49	
20	33	32	37	35	137	34	
40	4	0	3	5	12	3	
Сумма, P	240	224	237	254	955		
Вторая ротация (2011 г.), давность загрязнения 7 лет							
0	157	165	170	165	657	164	10
10	115	125	122	119	481	120	
20	86	70	76	84	316	79	
40	40	43	39	41	163	41	
Сумма, P	398	403	407	409	1617		
Третья ротация (2015 г.), давность загрязнения 11 лет							
0	147	118	134	150	549	137	15
10	130	138	126	122	516	129	
20	97	86	94	102	379	95	
40	68	42	49	64	223	56	
Сумма, P	442	384	403	438	1667	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию товарной нефти на урожайность соломы ярового рапса в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МпО № 1), г/м<sup>2</sup>

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Первая ротация (2007 г.), давность загрязнения 3 год							
0	190	176	190	195	751	188	9
10	69	62	74	73	278	70	
20	64	59	57	65	247	62	
40	15	12	0	18	45	11	
Сумма, P	340	309	321	351	1321	-	
Вторая ротация (2011 г.), давность загрязнения 7 лет							
0	198	210	215	204	827	207	13
10	190	204	202	207	803	201	
20	149	132	155	152	588	147	
40	119	136	132	124	511	128	
Сумма, P	668	682	692	687	2729	-	
Третья ротация (2015 г.), давность загрязнения 11 лет							
0	190	186	190	198	764	191	15
10	180	170	194	181	725	181	
20	136	130	146	155	567	142	
40	122	133	113	120	488	122	
Сумма, P	628	619	643	654	2544	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию товарной нефти на урожайность зерна  
проса в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МПО

№ 1), г/м<sup>2</sup>

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Первая ротация (2008 г.), давность загрязнения 4 год							
0	223	211	218	225	877	219	16
10	157	147	142	166	612	153	
20	94	105	110	86	395	99	
40	27	32	26	38	123	31	
Сумма, P	501	495	496	515	2007	-	
Вторая ротация (2012 г.), давность загрязнения 8 лет							
0	256	258	236	245	995	249	12
10	186	208	191	200	785	196	
20	103	103	102	096	404	101	
40	61	60	64	56	241	60	
Сумма, P	606	629	593	597	2425	-	
Третья ротация (2016 г.), давность загрязнения 12 лет							
0	188	176	189	196	749	187	12
10	185	181	166	183	715	179	
20	145	130	137	140	552	138	
40	90	98	101	98	387	97	
Сумма, P	608	585	593	617	2403	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию товарной нефти на урожайность соломки проса в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МПО № 1), г/м<sup>2</sup>

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Первая ротация (2008 г.), давность загрязнения 4 год							
0	453	433	450	475	1811	453	32
10	380	348	332	345	1405	351	
20	269	285	305	273	1132	283	
40	86	115	91	102	395	99	
Сумма, P	1188	1181	1178	1195	4742	-	
Вторая ротация (2012 г.), давность загрязнения 8 лет							
0	647	635	643	664	2589	647	28
10	563	569	575	594	2301	575	
20	408	447	426	402	1683	421	
40	286	259	263	248	1056	264	
Сумма, P	1904	1910	1907	1908	7629	-	
Третья ротация (2016 г.), давность загрязнения 12 лет							
0	404	390	396	418	1608	402	14
10	400	392	383	398	1573	393	
20	372	358	369	380	1479	370	
40	298	296	297	284	1175	294	
Сумма, P	1474	1436	1445	148	5835	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию товарной нефти на содержание общего азота в растениях в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МПО № 2), %

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Маслосемена ярового рапса (2015 г.), давность загрязнения 1 год							
0	3,42	3,29	3,34	3,50	13,55	3,39	0,17
12,5	2,93	2,86	2,80	2,85	11,44	2,86	
Сумма, P	6,35	6,15	6,14	6,35	24,99	-	
Зерно проса (2016 г.), давность загрязнения 2 года							
0	1,90	1,84	1,97	1,97	7,68	1,92	0,12
12,5	1,75	1,80	1,65	1,71	6,91	1,73	
25	1,54	1,60	1,57	1,52	6,23	1,56	
Сумма, P	5,19	5,24	5,19	5,20	20,82	-	
Солома ярового рапса (2015 г.), давность загрязнения 1 год							
0	0,78	0,73	0,74	0,76	3,01	0,75	0,09
12,5	0,58	0,65	0,62	0,58	2,43	0,61	
Сумма, P	1,36	1,38	1,36	1,34	5,44	-	
Солома проса (2016 г.), давность загрязнения 2 года							
0	0,79	0,81	0,88	0,89	3,37	0,84	0,07
12,5	0,70	0,68	0,76	0,74	2,88	0,72	
25	0,66	0,67	0,61	0,65	2,59	0,65	
Сумма, P	2,15	2,16	2,25	2,28	8,84	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию товарной нефти на содержание общего фосфора в растениях в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МпО № 2), %

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Маслосемена ярового рапса (2015 г.), давность загрязнения 1 год							
0	1,61	1,76	1,68	1,80	6,85	1,71	0,17
12,5	1,51	1,63	1,47	1,47	6,08	1,52	
Сумма, P	3,12	3,39	3,15	3,27	12,93	-	
Зерно проса (2016 г.), давность загрязнения 2 года							
0	0,57	0,70	0,62	0,63	2,52	0,63	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
12,5	0,58	0,55	0,60	0,60	2,33	0,58	
25	0,58	0,49	0,56	0,52	2,15	0,54	
Сумма, P	1,73	1,74	1,78	1,75	7,00	-	
Солома ярового рапса (2015 г.), давность загрязнения 1 год							
0	0,24	0,21	0,21	0,23	0,89	0,22	0,03
12,5	0,18	0,19	0,18	0,20	0,75	0,19	
Сумма, P	0,42	0,40	0,39	0,43	1,64	-	
Солома проса (2016 г.), давность загрязнения 2 года							
0	0,19	0,16	0,23	0,21	0,79	0,20	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
12,5	0,20	0,17	0,15	0,16	0,68	0,17	
25	0,14	0,14	0,19	0,18	0,65	0,16	
Сумма, P	0,53	0,47	0,57	0,55	2,12	-	

Дисперсионный анализ данных по влиянию товарной нефти на содержание общего калия в растениях в зависимости от уровня и давности загрязнения серой лесной почвы (МПО № 2), %

Доза нефти, л/м <sup>2</sup>	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
Маслосемена ярового рапса (2015 г.), давность загрязнения 1 год							
0	0,85	0,90	0,84	0,90	3,49	0,87	0,04
12,5	0,88	0,94	0,90	0,91	3,63	0,91	
Сумма, P	1,73	1,84	1,74	1,81	7,12	-	
Зерно проса (2016 г.), давность загрязнения 2 года							
0	0,55	0,48	0,51	0,54	2,08	0,52	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
12,5	0,50	0,50	0,54	0,55	2,09	0,52	
25	0,58	0,61	0,53	0,51	2,23	0,56	
Сумма, P	1,63	1,59	1,58	1,60	6,40	-	
Солома ярового рапса (2015 г.), давность загрязнения 1 год							
0	1,02	0,98	1,05	1,10	4,15	1,04	0,11
12,5	1,14	1,15	1,20	1,12	4,61	1,15	
Сумма, P	2,16	2,13	2,25	2,22	8,76	-	
Солома проса (2016 г.), давность загрязнения 2 года							
0	1,55	1,49	1,58	1,49	6,11	1,53	0,07
12,5	1,68	1,59	1,70	1,64	6,61	1,65	
25	1,81	1,70	1,75	1,82	7,08	1,77	
Сумма, P	5,04	4,78	5,03	4,95	19,8	-	



Урожайность основной продукции (зерно) сельскохозяйственных культур в зависимости от приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы (МПО № 1), г/м<sup>2</sup>

Год, культура	Варианты опыта								НСР <sub>05</sub>
	Незагрязненная почва (контроль)	Нефть-20 л/м <sup>2</sup> (ЗП)	ЗП+ Рыхление	ЗП+ Известь +Рыхление	ЗП+ Известь + Рыхление + NPK	ЗП+ Известь + Рыхление + Биогумус	ЗП+ Известь +Рыхление +Байкал	ЗП+ Известь +Рыхление +Байкал +NPK	
2004, викоовсяная смесь	216	0*	-**	-	-	-	-	-	-
2005, яровая пшеница	262	0	-	-	-	-	-	-	-
2006, ячмень	164	50	108	116	149	145	132	171	12
2007, яровой рапс	153	34	92	96	129	124	115	136	10
2008, просо	219	99	162	172	195	190	185	202	13
2009, яровая пшеница	289	61	147	162	223	197	188	234	16
2010, ячмень	81	42	61	62	76	66	72	82	9
2011, яровой рапс	164	79	88	95	167	148	123	174	11
2012, просо	249	101	119	130	281	222	165	292	12
2013, яровая пшеница	193	103	122	122	234	162	152	251	13
2014, ячмень	206	124	134	136	265	212	185	285	15
2015, яровой рапс	137	95	100	103	186	175	134	201	13
2016, просо	187	138	147	148	252	235	181	271	13

Прим.: \* - гибель растений; \*\* - содержание почвы по системе чистого пара.

Дисперсионный анализ данных по влиянию приемов рекультивации  
нефтезагрязненной серой лесной почвы на урожайность основной продукции  
сельскохозяйственных культур (МПО № 1), г/м<sup>2</sup>

Варианты опыта*	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
2006 г., зерно ярового ячменя							
1	166	163	152	175	656	164	12
2	55	49	60	35	199	50	
3	108	95	116	112	431	108	
4	115	111	118	120	464	116	
5	148	140	162	147	597	149	
6	138	132	155	156	581	145	
7	130	123	142	134	529	132	
8	166	160	184	173	683	171	
Сумма, P	1026	973	1089	1052	414	129	
2007 г., маслосемена ярового рапса							
1	149	145	154	163	611	153	10
2	33	32	37	35	137	34	
3	87	95	100	85	367	92	
4	93	105	95	91	384	96	
5	125	118	140	134	517	129	
6	120	119	125	131	495	124	
7	103	115	122	121	461	115	
8	138	131	130	145	544	136	
Сумма, P	848	86	903	905	3516	110	
2008 г., зерно проса							
1	223	211	218	225	877	219	13
2	94	105	110	86	395	99	
3	150	164	159	175	648	162	
4	185	168	171	165	689	172	
5	186	195	200	200	781	195	
6	190	192	185	192	759	190	
7	185	192	189	175	741	185	
8	195	209	211	194	809	202	
Сумма, P	1411	1442	144	1405	5698	178	
2009 г., зерно яровой пшеницы							
1	297	275	286	299	1157	289	16
2	58	70	65	50	243	61	
3	160	156	127	145	588	147	
4	153	165	171	160	649	162	

продолжение приложения 23							
1	2	3	4	5	6	7	8
5	218	235	229	211	893	223	
6	209	203	182	193	787	197	
7	182	195	190	184	751	188	
8	222	238	245	231	936	234	
Сумма, Р	1499	1537	1495	1473	6004	188	
2010 г., зерно ячменя							
1	85	78	75	87	325	81	9
2	45	40	48	35	168	42	
3	70	51	69	53	243	61	
4	56	64	61	68	249	62	
5	80	78	79	68	305	76	
6	71	68	70	55	264	66	
7	80	76	67	64	287	72	
8	90	85	79	73	327	82	
Сумма, Р	577	54	548	503	2168	68	
2011 г., маслосемена ярового рапса							
1	157	165	170	165	657	164	11
2	86	70	76	84	316	79	
3	90	89	79	95	353	88	
4	87	91	102	100	380	95	
5	161	170	178	160	669	167	
6	140	153	149	149	591	148	
7	121	126	130	115	492	123	
8	163	188	177	169	697	174	
Сумма, Р	1005	1052	1061	1037	4155	130	
2012 г., зерно проса							
1	256	258	236	245	995	249	12
2	103	103	102	96	404	101	
3	123	124	112	118	477	119	
4	127	140	122	132	521	130	
5	280	270	295	278	1123	281	
6	215	233	226	215	889	222	
7	175	168	163	154	660	165	
8	301	287	298	281	1167	292	
Сумма, Р	158	1583	1554	1519	6236	195	
2013 г., зерно яровой пшеницы							
1	194	194	202	183	773	193	13
2	95	111	108	98	412	103	
3	136	118	122	111	487	122	
4	121	135	121	112	489	122	
5	224	258	222	231	935	234	

продолжение приложения 23							
1	2	3	4	5	6	7	8
6	170	175	152	150	647	162	
7	161	158	141	147	607	152	
8	257	263	239	246	1005	251	
Сумма, Р	1358	1412	1307	1278	5355	167	
2014 г., зерно ячменя							
1	206	195	210	214	825	206	15
2	125	112	125	133	495	124	
3	123	123	146	145	537	134	
4	127	124	146	148	545	136	
5	261	257	268	273	1059	265	
6	216	205	221	205	847	212	
7	173	178	195	195	741	185	
8	290	298	289	263	1140	285	
Сумма, Р	1521	1492	16	1576	6189	193	
2015 г., маслосемена ярового рапса							
1	147	118	134	150	549	137	13
2	97	86	94	102	379	95	
3	103	109	94	95	401	100	
4	97	106	108	102	413	103	
5	190	193	180	181	744	186	
6	186	163	178	174	701	175	
7	138	140	127	132	537	134	
8	202	208	195	198	803	201	
Сумма, Р	116	1123	111	1134	4527	141	
2016 г., зерно проса							
1	188	176	189	196	749	187	13
2	145	130	137	140	552	138	
3	156	139	150	142	587	147	
4	146	151	157	139	593	148	
5	268	233	261	246	1008	252	
6	241	224	245	229	939	235	
7	182	190	179	174	725	181	
8	289	263	276	255	1083	271	
Сумма, Р	1615	1506	1594	1521	6236	195	

Прим.: \*- варианты опыта:

- 1 - Незагрязненная почва (контроль);
- 2 - Нефть-20 л/м<sup>2</sup> (ЗП);
- 3 - ЗП+ Рыхление;
- 4 - ЗП+ Известь +Рыхление;
- 5 - ЗП+ Известь+ Рыхление + NPK;
- 6 - ЗП+ Известь + Рыхление + Биогумус;
- 7 - ЗП+ Известь+Рыхление +Байкал;
- 8 - ЗП+ Известь +Рыхление +Байкал +NPK.

Урожайность побочной продукции (солома) сельскохозяйственных культур в зависимости от приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы (МПО № 1), г/м<sup>2</sup>

Год, культура	Варианты опыта								НСР <sub>05</sub>
	Незагрязненная почва (контроль)	Нефть-20 л/м <sup>2</sup> (ЗП)	ЗП+ Рыхление	ЗП+ Известь +Рыхление	ЗП+ Известь + Рыхление + НРК	ЗП+ Известь + Рыхление + Биогумус	ЗП+ Известь +Рыхление +Байкал	ЗП+ Известь +Рыхление +Байкал +НРК	
2004, викоовсяная смесь	291	0*	-**	-	-	-	-	-	-
2005, яровая пшеница	304	0	-	-	-	-	-	-	-
2006, ячмень	184	103	156	171	191	182	179	207	15
2007, яровой рапс	188	62	117	121	164	166	138	175	11
2008, просо	453	283	349	362	417	417	373	422	21
2009, яровая пшеница	335	111	266	285	421	353	338	432	21
2010, ячмень	145	121	163	169	212	183	205	218	15
2011, яровой рапс	207	147	156	156	225	204	182	231	13
2012, просо	647	421	449	494	815	733	762	823	22
2013, яровая пшеница	208	163	167	168	279	204	195	301	17
2014, ячмень	243	204	215	217	366	287	268	355	15
2015, яровой рапс	191	142	153	156	275	257	195	289	16
2016, просо	501	435	461	465	699	670	574	705	28

Прим.: \* - гибель растений; \*\* - содержание почвы по системе чистого пара.

Дисперсионный анализ данных по влиянию приемов рекультивации  
нефтезагрязненной серой лесной почвы на урожайность побочной продукции  
сельскохозяйственных культур (МПО № 1), г/м<sup>2</sup>

Варианты опыта*	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
2006 г., солома ярового ячменя							
1	180	175	192	190	737	184	15
2	105	100	96	110	411	103	
3	155	144	166	158	623	156	
4	165	161	184	175	685	171	
5	177	213	185	189	764	191	
6	170	194	176	187	727	182	
7	176	177	178	186	717	179	
8	195	225	198	209	827	207	
Сумма, P	1323	1389	1375	1404	5491	172	
2007 г., солома ярового рапса							
1	190	176	190	195	751	188	11
2	66	59	57	65	247	62	
3	115	112	118	123	468	117	
4	128	125	120	112	485	121	
5	171	165	150	171	657	164	
6	172	163	173	155	663	166	
7	146	135	142	130	553	138	
8	178	183	167	171	699	175	
Сумма, P	1164	1118	1117	1122	4521	141	
2008 г., солома проса							
1	453	433	450	475	1811	453	21
2	269	285	305	273	1132	283	
3	360	333	343	361	1397	349	
4	340	374	385	350	1449	362	
5	413	420	420	416	1669	417	
6	427	430	410	400	1667	417	
7	364	366	385	378	1493	373	
8	429	410	432	416	1687	422	
Сумма, P	3055	3051	313	3069	12305	385	
2009 г., солома яровой пшеницы							
1	344	325	332	340	1341	335	21
2	119	107	115	102	443	111	
3	286	274	250	255	1065	266	
4	296	267	272	304	1139	285	
5	428	438	406	413	1685	421	

продолжение приложения 25							
1	2	3	4	5	6	7	8
6	347	345	361	359	1412	353	
7	320	325	354	354	1353	338	
8	432	422	426	447	1727	432	
Сумма, Р	2572	2503	2516	2574	10165	318	
2010 г., солома ячменя							
1	142	136	144	157	579	145	15
2	121	119	130	113	483	121	
3	168	155	174	154	651	163	
4	159	167	173	178	677	169	
5	218	210	221	200	849	212	
6	187	192	173	179	731	183	
7	217	194	219	189	819	205	
8	223	209	212	228	872	218	
Сумма, Р	1435	1382	1446	1398	5661	177	
2011 г., солома ярового рапса							
1	198	210	215	204	827	207	13
2	149	132	155	152	588	147	
3	150	146	166	163	625	156	
4	156	150	157	160	623	156	
5	228	234	216	223	901	225	
6	197	214	209	195	815	204	
7	173	188	195	172	728	182	
8	237	219	242	225	923	231	
Сумма, Р	1488	1493	1555	1494	603	188	
2012 г., солома проса							
1	647	635	643	664	2589	647	22
2	408	447	426	402	1683	421	
3	449	467	434	447	1797	449	
4	488	507	498	482	1975	494	
5	839	808	801	813	3261	815	
6	742	750	720	721	2933	733	
7	751	753	778	765	3047	762	
8	836	814	827	815	3292	823	
Сумма, Р	516	5181	5127	5109	20577	643	
2013 г., солома яровой пшеницы							
1	208	204	225	194	831	208	17
2	152	173	168	160	653	163	
3	172	179	152	166	669	167	
4	167	184	153	169	673	168	
5	286	297	274	258	1115	279	
6	213	218	194	190	815	204	

продолжение приложения 25							
1	2	3	4	5	6	7	8
7	198	197	182	204	781	195	
8	306	314	290	293	1203	301	
Сумма, Р	1702	1766	1638	1634	6741	211	
2014 г., солома ячменя							
1	253	231	240	247	971	243	15
2	206	195	202	212	815	204	
3	226	206	208	221	861	215	
4	220	203	220	226	869	217	
5	377	362	354	370	1463	366	
6	279	290	295	284	1148	287	
7	257	278	271	267	1073	268	
8	346	369	358	347	1420	355	
Сумма, Р	2164	2134	2148	2174	862	269	
2015 г., солома ярового рапса							
1	190	186	190	198	764	191	16
2	136	130	146	155	567	142	
3	153	164	140	155	612	153	
4	148	165	161	151	625	156	
5	278	260	292	271	1101	275	
6	265	250	245	267	1027	257	
7	189	184	198	210	781	195	
8	295	295	290	276	1156	289	
Сумма, Р	1654	1634	1662	1683	6633	207	
2016 г., солома проса							
1	503	486	493	521	2003	501	28
2	438	422	434	445	1739	435	
3	466	443	455	480	1844	461	
4	486	459	452	464	1861	465	
5	712	721	687	675	2795	699	
6	691	690	658	642	2681	670	
7	555	572	602	567	2296	574	
8	693	684	718	724	2819	705	
Сумма, Р	4544	4477	4499	4518	18038	564	

Прим.: \*- варианты опыта:

1. Незагрязненная почва (контроль);
2. Нефть-20 л/м<sup>2</sup> (ЗП);
3. ЗП+ Рыхление;
4. ЗП+ Известь +Рыхление;
5. ЗП+ Известь+ Рыхление + NPK;
6. ЗП+ Известь + Рыхление + Биогумус;
7. ЗП+ Известь+Рыхление +Байкал;
8. ЗП+ Известь +Рыхление +Байкал +NPK.



Дисперсионный анализ данных по влиянию биопрепарата Микрозим (tm) Петро Трит («ПЕТРО ТРИТ») на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях серой лесной почвы (МпО № 2,), г/м<sup>2</sup>

Варианты опыта*	Повторения				Сумма, V	Средние	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
2014 г., зерно ярового ячменя							
1	186	175	184	168	713	178	9
2	294	279	281	274	1128	282	
3	278	271	290	282	1121	280	
4	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	758	725	755	724	2962	-	
2014 г., солома ярового ячменя							
1	208	195	207	195	805	201	8
2	317	330	328	324	1299	325	
3	326	322	318	335	1301	325	
4	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	851	847	853	854	3405	-	
2015 г., маслосемена ярового рапса							
1	118	112	118	109	457	114	7
2	169	165	161	177	672	168	
3	170	171	162	174	677	169	
4	37	26	36	29	128	32	
7	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	494	474	477	489	1934	-	
2015 г., солома ярового рапса							
1	149	143	151	138	581	145	10
2	223	221	214	233	891	223	
3	229	234	215	211	889	222	
4	52	41	47	43	183	46	
7	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	
Сумма, P	653	639	627	625	2544	-	

продолжение приложения 26							
1	2	3	4	5	6	7	8
2016 г., зерно проса							
1	196	184	192	172	744	186	15
2	282	291	285	274	1132	283	
3	285	277	283	294	1139	285	
4	70	62	76	67	275	69	
5	128	116	120	127	491	123	
6	138	146	133	140	557	139	
7	62	0	39	42	143	36	
8	80	42	75	64	261	65	
9	83	70	78	73	304	76	
10	96	102	97	86	381	95	
11	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	
Сумма, Р	142	129	1378	1339	5427	-	
2016 г., солома проса							
1	495	478	500	468	1941	485	29
2	764	772	772	751	3059	765	
3	773	751	762	775	3061	765	
4	242	225	241	219	927	232	
5	394	362	374	391	1521	380	
6	412	428	405	420	1665	416	
7	185	41	142	164	532	133	
8	243	215	234	223	915	229	
9	270	257	249	256	1032	258	
10	308	317	320	312	1257	314	
11	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	
Сумма, Р	4086	3846	3999	3979	1591		

Прим.: \* - варианты опыта:

1. Незагрязненная почва (контроль);
2. Контроль + NPK;
3. Контроль + «ПЕТРО ТРИТ» + NPK;
4. Нефть 12,5 л /м<sup>2</sup>;
5. Нефть 12,5 л /м<sup>2</sup> + Рыхление + NPK;
6. Нефть 12,5 л /м<sup>2</sup> + Рыхление + NPK + «ПЕТРО ТРИТ»;
7. Нефть 25 л/м<sup>2</sup>;
8. Нефть 25 л/м<sup>2</sup> + Рыхление;
9. Нефть 25 л/м<sup>2</sup> + Рыхление + «ПЕТРО ТРИТ»;
10. Нефть 25 л/м<sup>2</sup> + Рыхление + NPK + «ПЕТРО ТРИТ»;
11. Нефть 50 л/м<sup>2</sup>;
12. Нефть 50 л/м<sup>2</sup> + Рыхление + NPK + «ПЕТРО ТРИТ».

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

МпО № 2. Просо 2016 г.

Незагрязненная почва (контроль)

культура	просо
сорт	Татарское красное
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	18,60	1860
побочной	45,8	4580

Норма высева, т/га	0,04
--------------------	------

Стоимость ГСМ, руб.	32
Стоимость 1 т/км, руб.	25
стоимость 1 кВт.ч., руб.	3,2
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		Электронергия		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	стоимость всего, руб.	количество т/км	стоимость, руб.	количество, кВт.ч		стоимость, руб.	
									марка	количество																				трактористов-машинистов
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1	9,80	10,20	71,43	91,7	935,71	935,71	1310,00	10,30	10,30	32960									
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7		1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1	61,00	1,64	11,48	80,91	132,64	132,64	185,70	1,80	1,80	5760									
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5		2	МТЗ-82	КПР-3,6	1	1	16,00	6,25	43,75	80,91	505,69	0,00	505,69	707,96	2,50	2,50	8000								
4	Погрузка мин.удобрений	т	4	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1	151,00	0,03	0,19	47,56	1,26	1,26	1,76	0,30	0,01	38,4									
5	Перевозка удобрений	т	4	3,7	1,5		1	КАМАЗ												0	20	500,00								
6	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3		2	МТЗ-1221	Amazone	1	1	56,00	1,79	12,50	0,00	91,7	46,61	163,75	0,00	163,75	229,25	3,60	3,60	11520						
7	Инкрустация семян	т	4					эл.дв.	ПС-10А	1	1	67,60	0,06	0,41	0,41	47,56	31,13	2,81	1,84	4,66	6,52						9,1	29,12		
8	Погрузка семян	т	4	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1	151,00	0,03	0,19	47,56	1,26	1,26	1,76	0,30	0,01	38,4									
9	Перевозка семян	т	4	3,7	2,6		1	КАМАЗ												0	20	500,00								
10	Посев	га	100	7,7	27		2	МТЗ-1221	СЭП-3,6	2	1	20,00	5,00	35,00	70,00	91,7	46,61	458,50	466,10	924,60	1294,44	5,70	5,70	18240						
11	Прикатывание	га	100	7,7	18,5		1	МТЗ-82	ЗККШ-6	1	1	67,00	1,49	10,45	71,34	106,48	106,48	149,07	1,50	1,50	4800									
12	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1		1	МТЗ-82	СТК-5	1	1	31,70	0,66	4,64	47,56	31,51	31,51	44,11	1,20	0,25	806,4									
13	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4		1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1	54,00	1,85	12,96	61,13	113,20	113,20	158,49	0,86	0,86	2752									
14	Прямое комбайнирование	га	100				3	ДОН-1500		1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	71,75	55,54	597,92	462,83	1060,75	1485,05	12,30	12,30	39360						
15	Транспортировка зерна на ток	т	186,0					КАМАЗ												0	930	23250,00								
16	Считка	т	186,0					эл.двиг.	ОБС-25	1		3	40,00	4,65	97,65	34,87	486,44	486,44	681,01			0					53,94	172,608		
17	транспортировка зерна на склад	т	171,1					КАМАЗ												0	855,6	21390,00								
<b>Всего</b>			<b>руб.</b>										<b>41,98</b>	<b>261,32</b>	<b>226,40</b>			<b>3050,73</b>	<b>1417,21</b>	<b>4467,94</b>	<b>6255,12</b>	<b>x</b>	<b>38,84</b>	<b>124275,20</b>	<b>1825,60</b>	<b>45640,00</b>	<b>63,04</b>	<b>201,73</b>	<b>0,00</b>	

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	4	40000	160000

	на 1 га	всего
Амортизация	512,62	51261,57
Текущий ремонт	76,89	7689,24

Расход ГС	Кол-во	ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	38,84	3200		124275,2
Смаз мат	0,24	2174		512,5
6,07%				
<b>Всего</b>	<b>39,07</b>			<b>124787,6868</b>

Тарифный фонд зарплаты	4467,94
Доплаты:	
за продукцию	1116,99
за качество и срок	4467,94
за классность	580,83
Повышенная оплата на уборке	6255,12
<b>Итого доплат</b>	<b>12420,88</b>
Отпуска	1519,99
Доплата за стаж	2761,32
Итого зарплаты с отпусками	21170,13
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>26716,71</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>267,17</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>14,36</b>

<b>Всего прямые затраты</b>	<b>795101,99</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>7951,02</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>427,47</b>

<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>20205,06</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>71559,18</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>866661,17</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>8666,61</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>465,95</b>

Внесение удобрений	Количество, т	Цена	Рублей
<b>из них органические</b>			
ам. Селитра	0	15300	0
аммофос (12:52)	4	30400	121600
хлористый калий	0	16500	0
нефтяная сера 0,25 мм	0	4000	0
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	20	1750	35000
Пума супер 7,5, л	100	1980	198000
Виал ТТ, л	1,6	2500	4000

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

МПО № 2, Просо 2016 г.

Нефть 12,5 л/м2

культура	просо
сорт	Татарское красное
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	6,90	690
побочной	23,2	2320

Норма высева, т/га 0,04

Стоимость ГСМ, руб.	32
Стоимость 1 т/км, руб.	25
стоимость 1 кВт.ч., руб.	3,2
расстояние, км	5

№п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата			Количество человек для выполнения нормы		Норма выработки	Количество нормомен 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			количество	стоимость всего, руб.	количество т/км	стоимость, руб.	количество, кВт.ч	стоимость, руб.		
									марка	количество																			на единицу, кг
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1	9,80	10,20	71,43	91,7	935,71	935,71	1310,00	10,30	10,30	32960								
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7	1	1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1	61,00	1,64	11,48	80,91	132,64	132,64	185,70	1,80	1,80	5760								
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5	2	2	МТЗ-82	КПИР-3,6	1	1	16,00	6,25	43,75	80,91	505,69	0,00	505,69	707,96	2,50	2,50	8000							
4	Потрузка мин.удобрений	т	4	4,9	0,5	1	1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1	151,00	0,03	0,19	47,56	1,26	1,26	1,76	0,30	0,01	38,4								
5	Перевозка удобрений	т	4	3,7	1,5	1	1	КАМАЗ													0	20	500,00						
6	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3	2	2	МТЗ-1221	Amazona	1	1	56,00	1,79	12,50	0,00	91,7	46,61	163,75	0,00	163,75	229,25	3,60	3,60	11520					
7	Инкрустация семян	т	4	4,9	0,5	1	1	эл.дв.	ПС-10А	1	1	67,60	0,06	0,41	47,56	31,13	2,81	1,84	4,66	6,52						9,1	29,12		
8	Потрузка семян	т	4	4,9	0,5	1	1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1	151,00	0,03	0,19	47,56	1,26	1,26	1,76	0,30	0,01	38,4								
9	Перевозка семян	т	4	3,7	2,6	1	1	КАМАЗ													0	20	500,00						
10	Посев	га	100	7,7	27	2	2	МТЗ-1221	СЭП-3,6	2	1	20,00	5,00	35,00	70,00	91,7	46,61	458,50	466,10	924,60	1294,44	5,70	5,70	18240					
11	Примятьвание	га	100	7,7	18,5	1	1	МТЗ-82	ЗКШ-6	1	1	67,00	1,49	10,45	71,34	106,48	106,48	149,07	1,50	1,50	4800								
12	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	1	1	МТЗ-82	СТК-5	1	1	31,70	0,66	4,64	47,56	31,51	31,51	44,11	1,20	0,25	806,4								
13	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1	54,00	1,85	12,96	61,13	113,20	113,20	158,49	0,86	0,86	2752								
14	Прямое комбайнирование	га	100			3		ДОН-1500		1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	71,75	55,54	597,92	462,83	1060,75	1485,05	12,30	12,30	39360					
15	Транспортировка зерна на ток	т	69,0					КАМАЗ													0	345	8625,00						
16	Очистка	т	69,0					эл.двиг.	ОВС-25	1	3	40,00	1,73	36,23	34,87	180,45	180,45	252,63		0					20,01	64,032			
17	транспортировка зерна на склад	т	63,5					КАМАЗ												0	317,4	7935,00							
<b>Всего</b>			<b>руб.</b>										<b>39,06</b>	<b>261,32</b>	<b>164,97</b>			<b>3050,73</b>	<b>1111,23</b>	<b>4161,96</b>	<b>5826,74</b>	<b>x</b>	<b>38,84</b>	<b>124275,20</b>	<b>702,40</b>	<b>17560,00</b>	<b>29,11</b>	<b>93,15</b>	<b>0,00</b>

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	4	40000	160000

Внесение удобрений из них органические	Количество, т	Цена	Рублей
ам. Селитра	0	15300	0
аммофос (12:52)	4	30400	121600
хлористый калий	0	16500	0
нефтяная сера 0,25 мм	0	4000	0
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	20	1750	35000
Пума супер 7,5, л	100	1980	198000
Виал ТТ, л	1,6	2500	4000

	на 1 га	всего
Амортизация	512,62	51261,57
Текущий ремонт	76,89	7689,24

Расход ГСМ	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	38,84	3200	124275,2
Смаз мат	0,24	2174	512,5
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>39,07</b>		<b>124787,6868</b>

Тарифный фонд зарплаты	4161,96
Доплаты:	
за продукцию	1040,49
за качество и срок	4161,96
за классность	541,05
Повышенная оплата на уборке	5826,74
<b>Итого доплат</b>	<b>11570,24</b>
Отпуска	1415,90
Доплата за стаж	2572,21
Итого зарплаты с отпусками	19720,31
<b>Всего зарплаты с начислениями</b>	<b>24887,03</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>248,87</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>36,07</b>

<b>Всего прямые затрат</b>	<b>764155,34</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>7641,55</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>1107,47</b>

<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>19276,66</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>68773,98</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>832929,32</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>8329,29</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>1207,14</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

МпО № 2, Просо 2016 г.

Нефть 25 л/м2

культура	просо
сорт	Татарское красное
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	3,60	360
побочной	13,3	1330

Норма высева, т/га	0,04
--------------------	------

Стоимость ГСМ, руб.	32
Стоимость 1 т/км, руб.	25
стоимость 1 кВт.ч., руб.	3,2
расстояние, км	5

№п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата			Количество человек для выполнения нормы		Норма выработки	Количество нормоисмен 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 выработка	в условных, эталонных га	начало работ	рабочих дней	марка трактора, автомобиля, полейки	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.				
									марка	количество																	на единицу, кг	всего, ц		количество т/км
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4		6	MT3-1221	ПН-3-35	1	1		9,80	10,20	71,43		91,7		935,71		935,71	1310,00	10,30	10,30	32960					
2	Закортие влаги	га	100	7,7	17,7		1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1		61,00	1,64	11,48		80,91		132,64		132,64	185,70	1,80	1,80	5760					
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5		2	MT3-82	КПИР-3,6	1	1		16,00	6,25	43,75		80,91		505,69	0,00	505,69	707,96	2,50	2,50	8000					
4	Погрузка мин.удобрений	т	4	4,9	0,5		1	MT3-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,03	0,19		47,56		1,26		1,26	1,76	0,30	0,01	38,4					
5	Перевозка удобрений	т	4	3,7	1,5		1	КАМАЗ																0	20	500,00				
6	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3		2	MT3-1221	Amazone	1	1		56,00	1,79	12,50	0,00	91,7	46,61	163,75	0,00	163,75	229,25	3,60	3,60	11520					
7	Инкрустация семян	т	4	4,9	0,5		1	эп.дв.	ПС-10А	1	1	1	67,60	0,06	0,41	0,41	47,56	31,13	2,81	1,84	4,66	6,52						9,1	29,12	
8	Погрузка семян	т	4	4,9	0,5		1	MT3-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,03	0,19		47,56		1,26		1,26	1,76	0,30	0,01	38,4					
9	Перевозка семян	т	4	3,7	2,6		1	КАМАЗ																0	20	500,00				
10	Посев	га	100	7,7	27		2	MT3-1221	СЗП-3,6	2	1	2	20,00	5,00	35,00	70,00	91,7	46,61	458,50	466,10	924,60	1294,44	5,70	5,70	18240					
11	Прикатывание	га	100	7,7	18,5		1	MT3-82	ЗККШ-6	1	1		67,00	1,49	10,45		71,34		106,48		106,48	149,07	1,50	1,50	4800					
12	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1		1	MT3-82	СТК-5	1	1		31,70	0,66	4,64		47,56		31,51		31,51	44,11	1,20	0,25	806,4					
13	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4		1	MT3-82	ОП-2000	1	1		54,00	1,85	12,96		61,13		113,20		113,20	158,49	0,86	0,86	2752					
14	Прямое комбайнирование	га	100				3	ДОН-1500		1	1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	71,75	55,54	597,92	462,83	1060,75	1485,05	12,30	12,30	39360					
15	Транспортировка зерна на ток	т	36,0					КАМАЗ																0	180	4500,00				
16	Очистка	т	36,0					эп.двиг.	ОВС-25	1		3	40,00	0,90		18,90		34,87		94,15	94,15	131,81			0			10,44	33,408	
17	транспортировка зерна на склад	т	33,1					КАМАЗ																0	165,6	4140,00				
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>											<b>38,23</b>	<b>261,32</b>	<b>147,65</b>				<b>3050,73</b>	<b>1024,92</b>	<b>4075,65</b>	<b>5705,92</b>	<b>x</b>	<b>38,84</b>	<b>124275,20</b>	<b>385,60</b>	<b>9640,00</b>	<b>19,54</b>	<b>62,53</b>	<b>0,00</b>

	тонн	Цена	Стоимость
Семена - всего	4	40000	160000

	на 1 га	всего
Амортизация	512,62	51261,57
Текущий ремонт	76,89	7689,24

Тарифный фонд зарплаты	4075,65
Доплаты:	
за продукцию	1018,91
за качество и срок	4075,65
за классность	529,84
Повышенная оплата на уборке	5705,92
<b>Итого доплат</b>	<b>11330,32</b>
Отпуска	1386,54
Доплата за стаж	2518,88
Итого зарплаты с отпусками	19311,39
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>24370,97</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>243,71</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>67,70</b>

<b>Всего прямые затраты</b>	<b>755426,80</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>7554,27</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>2098,41</b>

Внесение удобрений	Количество, т	Цена	Рублей
<b>из них органические</b>			
ам. Селитра	0	15300	0
аммофос (12:52)	4	30400	121600
хлористый калий	0	16500	0
нефтяная сера 0,25 мм	0	4000	0
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	20	1750	35000
Пума супер 7,5, л	100	1980	198000
Виал ТТ, л	1,6	2500	4000

Расход ГС	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб
ДТ, ц	38,84	3200	124275,2
Смаз мат	0,24	2174	512,5
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>39,07</b>		<b>124787,6868</b>

<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>19014,80</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>67988,41</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>823415,21</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>8234,15</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>2287,26</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

МпО № 2. Просо 2016 г.

Нефть 50 л/м2

культура	просо
сорт	Татарское красное
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	0,00	0
побочной	0,0	0

Норма высева, т/га	0,04
--------------------	------

Стоимость ГСМ, руб.	32
Стоимость 1 т/км, руб.	25
стоимость 1 кВт.ч., руб.	3.2

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, автомобиль, комбайна	СХМ		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.				
									марка	количество																		на единицу, кг		всего, ц	количество, кВт.ч
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	7	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1	9,80	10,20	71,43	91,7	935,71	935,71	1310,00	10,30	10,30	32960										
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7		1	ДТ-75	БЭТС-1	24	1	61,00	1,64	11,48	80,91	132,64	132,64	185,70	1,80	1,80	5760										
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5		2	МТЗ-82	КПИР-3,6	1	1	16,00	6,25	43,75	80,91	505,69	0,00	505,69	707,96	2,50	2,50	8000									
4	Погрузка мин. удобрений	т	4	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1	151,00	0,03	0,19	47,56	1,26	1,26	1,76	0,30	0,01	38,4										
5	Перевозка удобрений	т	4	3,7	1,5		1	КАМАЗ													0	20	500,00								
6	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3		2	МТЗ-1221	Amazone	1	1	56,00	1,79	12,50	91,7	46,61	163,75	0,00	163,75	229,25	3,60	3,60	11520								
7	Инкрустация семян	т	4	4,9	0,5		1	эл.дв. МТЗ-82	ПС-10А	1	1	67,60	0,06	0,41	47,56	31,13	2,81	1,84	4,66	6,52								9,1	29,12		
8	Погрузка семян	т	4	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1	151,00	0,03	0,19	47,56	1,26	1,26	1,76	0,30	0,01	38,4										
9	Перевозка семян	т	4	3,7	2,6		1	КАМАЗ												0	20	500,00									
10	Посев	га	100	7,7	27		2	МТЗ-1221	СЗП-3,6	2	1	20,00	5,00	35,00	70,00	91,7	46,61	458,50	466,10	924,60	1294,44	5,70	5,70	18240							
11	Прикатывание	га	100	7,7	18,5		1	МТЗ-82	ЗКШ-6	1	1	67,00	1,49	10,45	71,34	106,48	106,48	149,07	1,50	1,50	4800										
12	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1		1	МТЗ-82	СТК-5	1	1	31,70	0,66	4,64	47,56	31,51	31,51	44,11	1,20	0,25	806,4										
13	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4		1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1	54,00	1,85	12,96	61,13	113,20	113,20	158,49	0,86	0,86	2752										
14	Прямое комбайнирование	га	100				3	ДОН-1500		1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	71,75	55,54	597,92	462,83	1060,75	1485,05	12,30	12,30	39360							
15	Транспортировка зерна на ток	т	0,0					КАМАЗ												0	0	0,00									
16	Очистка	т	0,0					эл.двиг. ОВС-25		1		3	40,00	0,00	0,00	34,87		0,00	0,00	0,00							0	0			
17	транспортировка зерна на склад	т	0,0					КАМАЗ												0	0	0,00									
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>											<b>37,33</b>	<b>261,32</b>	<b>128,75</b>			<b>3050,73</b>	<b>930,78</b>	<b>3981,51</b>	<b>5574,11</b>	<b>x</b>	<b>38,84</b>	<b>124275,20</b>	<b>40,00</b>	<b>1000,00</b>	<b>9,10</b>	<b>29,12</b>	<b>0,00</b>		

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	4	40000	160000

Внесение удобрений из них органические	Количество, т	Цена	Рублей
ам. Селитра	0	15300	0
аммофос (12:52)	4	30400	121600
хлористый калий	0	16500	0
нефтяная сера 0,25 мм	0	4000	0
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	20	1750	35000
Пума супер 7,5 л	100	1980	198000
Виал ТТ, л	1,6	2500	4000

	на 1 га	всего
Амортизация	512,62	51261,57
Текущий ремонт	76,89	7689,24

Расход ГСМ	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	38,84	3200	124275,2
Смаз мат	0,24	2174	512,5
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>39,07</b>		<b>124787,6888</b>

Тарифный фонд зарплаты	3981,51
Доплаты:	
за продукцию	995,38
за качество и срок	3981,51
за классность	517,60
Повышенная оплата на уборке	5574,11
<b>Итого доплат</b>	<b>11068,58</b>
Отпуска	1354,51
Доплата за стаж	2460,69
Итого зарплаты с отпусками	18865,29
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>23807,99</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>238,08</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>#ДЕЛ/0!</b>

<b>Всего прямые затрат</b>	<b>745904,75</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>7459,05</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>#ДЕЛ/0!</b>

<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>18729,14</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>67131,43</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>813036,18</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>8130,36</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>#ДЕЛ/0!</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

МпО № 1. Просо 2016 г.

Незагрязненная почва (контроль)

культура	просо
сорт	Татарское красное
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	18,70	1870
побочной	50,1	5010

Норма высева, т/га	0,04
--------------------	------

Стоимость ГСМ, руб.	32
Стоимость 1 т/км, руб.	25
стоимость 1 кв.ч., руб.	3,2

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					трактористов-машинистов	вспомогательных работников	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.	
									марка	количество																					стоимость всего, 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	6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1	9,80	10,20	71,43	91,7	935,71	935,71	1310,00	10,30	32960											
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7	1	1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1	61,00	1,64	11,48	80,91	132,64	132,64	185,70	1,80	5760											
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5	2	2	МТЗ-82	КПР-3,6	1	1	16,00	6,25	43,75	80,91	505,69	0,00	505,69	707,96	2,50	8000										
4	Погрузка мин. удобрений	т	4	4,9	0,5	1	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1	151,00	0,03	0,19	47,56	1,26	1,26	1,76	0,30	38,4											
5	Перевозка удобрений	т	4	3,7	1,5	1	1	КАМАЗ												0	20	500,00									
6	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3	2	2	МТЗ-1221	Amazona	1	1	56,00	1,79	12,50	0,00	91,7	46,61	163,75	0,00	163,75	229,25	3,60	3,60	11520							
7	Инкрустация семян	т	4	4		1	1	эл.дв.	ПС-10А	1	1	67,60	0,06	0,41	47,56	31,13	2,81	1,84	4,66	6,52						9,1	29,12				
8	Погрузка семян	т	4	4,9	0,5	1	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1	151,00	0,03	0,19	47,56	1,26	1,26	1,76	0,30	38,4											
9	Перевозка семян	т	4	3,7	2,6	1	1	КАМАЗ												0	20	500,00									
10	Посев	га	100	7,7	27	2	2	МТЗ-1221	СЗП-3,6	2	1	20,00	5,00	35,00	70,00	91,7	46,61	458,50	466,10	924,60	1294,44	5,70	5,70	18240							
11	Прикатывание	га	100	7,7	18,5	1	1	МТЗ-82	ЗККШ-6	1	1	67,00	1,49	10,45	71,34	106,48	106,48	149,07	1,50	4800											
12	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	1	1	МТЗ-82	СТК-5	1	1	31,70	0,66	4,64	47,56	31,51	31,51	44,11	1,20	806,4											
13	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1	54,00	1,85	12,96	61,13	113,20	158,49	0,86	2752												
14	Прямое комбайнирование	га	100			3		ДОН-1500		1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	71,75	55,54	597,92	462,83	1060,75	1485,05	12,30	12,30	39360							
15	Транспортировка зерна на ток	т	187,0					КАМАЗ												0	935	23375,00									
16	Очистка	т	187,0					эл.двиг.	ОВС-25	1		40,00	4,68	98,18	34,87	489,05	489,05	684,67													
17	транспортировка зерна на склад	т	172,0					КАМАЗ											0	860,2	21505,00										
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>										<b>42,01</b>	<b>261,32</b>	<b>226,92</b>				<b>3050,73</b>	<b>1419,83</b>	<b>4470,56</b>	<b>6258,78</b>	<b>x</b>	<b>38,84</b>	<b>124275,20</b>	<b>1835,20</b>	<b>45880,00</b>	<b>63,33</b>	<b>202,66</b>	<b>0,00</b>		

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	4	40000	160000

Внесение удобрений из них органические	Количество, т	Цена	Рублей
ам. Селитра	0	15300	0
аммофос (12:52)	4	30400	121600
хлористый калий	0	16500	0
нефтяная сера 0,25 мм	0	4000	0
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	20	1750	35000
Пума супер 7,5 л	100	1980	198000
Вилал ТТ, л	1,6	2500	4000

	на 1 га	всего
Амортизация	512,62	51261,57
Текущий ремонт	76,89	7689,24

Расход ГСМ	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	38,84	3200	124275,2
Смаз мат	0,24	2174	512,5
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>39,07</b>		<b>124787,6868</b>

Тарифный фонд зарплаты	4470,56
Доплаты:	
за продукцию	1117,64
за качество и срок	4470,56
за классность	581,17
Повышенная оплата на уборке	6258,78
<b>Итого доплат</b>	<b>12428,15</b>
Отпуска	1520,88
Доплата за стаж	2762,94
Итого зарплаты с отпусками	21182,53
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>26732,35</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>267,32</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>14,30</b>

<b>Всего прямые затрат</b>	<b>795366,50</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>7953,66</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>425,33</b>

<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>20212,99</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>71582,98</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>866949,48</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>8669,49</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>463,61</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

МпО № 1. Просо 2016 г.

Нефть 10 Л/м2

культура	просо
сорт	Татарское красное
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	17,90	1790
побочной	49,0	4900

Норма высева, т/га	0,04
--------------------	------

Стоимость ГСМ, руб.	32
Стоимость 1 т/км, руб.	25
стоимость 1 кВт.ч., руб.	3,2

№п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата				Количество человек для выполнения нормы		Норма выработки	Количество нормомен 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	трактористов - машинистов	вспомогательных работников	на единицу, кг			всего, ц	количество т/км	стоимость, руб.	количество, кВт.ч	стоимость, руб.			
									марка	количество																			количество		стоимость всего, 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		91,7		935,71		935,71	1310,00	10,30	10,30	32960							
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7	1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1		61,00	1,64	11,48		80,91		132,64		132,64	185,70	1,80	1,80	5760							
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КПИР-3,6	1	1		16,00	6,25	43,75		80,91		505,69	0,00	505,69	707,96	2,50	2,50	8000							
4	Погрузка мин.удобрений	т	4	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,03	0,19		47,56		1,26		1,26	1,76	0,30	0,01	38,4							
5	Перевозка удобрений	т	4	3,7	1,5	1	КАМАЗ																0	20	500,00						
6	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3	2	МТЗ-1221	Amazone	1	1		56,00	1,79	12,50	0,00	91,7	46,61	163,75	0,00	163,75	229,25	3,60	3,60	11520							
7	Инкрустация семян	т	4	4	0,5	1	эл.дв.	ПС-10А	1	1	1	67,60	0,06	0,41	0,41	47,56	31,13	2,81	1,84	4,66	6,52						9,1	29,12			
8	Погрузка семян	т	4	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,03	0,19		47,56		1,26		1,26	1,76	0,30	0,01	38,4							
9	Перевозка семян	т	4	3,7	2,6	1	КАМАЗ																0	20	500,00						
10	Посев	га	100	7,7	27	2	МТЗ-1221	СЭП-3,6	2	1	2	20,00	5,00	35,00	70,00	91,7	46,61	458,50	466,10	924,60	1294,44	5,70	5,70	18240							
11	Прикатывание	га	100	7,7	18,5	1	МТЗ-82	ЭКШ-6	1	1		67,00	1,49	10,45		71,34		106,48		106,48	149,07	1,50	1,50	4800							
12	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	1	МТЗ-82	СТК-5	1	1		31,70	0,66	4,64		47,56		31,51		31,51	44,11	1,20	0,25	806,4							
13	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1		54,00	1,85	12,96		61,13		113,20		158,49	0,86	0,86	2752								
14	Прямое комбайнирование	га	100			3	ДОН-1500		1	1	1	12,00	8,33	58,33	58,33	71,75	55,54	597,92	462,83	1060,75	1485,05	12,30	12,30	39360							
15	Транспортировка зерна на ток	т	179,0				КАМАЗ																0	895	22375,00						
16	Очистка	т	179,0				эл.двиг.	ОБС-25	1		3	40,00	4,48		93,98		34,87		468,13	658,38			0				51,91	166,112			
17	транспортировка зерна на склад	т	164,7				КАМАЗ																0	823,4	20585,00						
<b>Всего</b>		руб.											<b>41,81</b>	<b>261,32</b>	<b>222,72</b>			<b>3050,73</b>	<b>1398,91</b>	<b>4449,63</b>	<b>6229,49</b>	<b>x</b>	<b>38,84</b>	<b>124275,20</b>	<b>1758,40</b>	<b>43960,00</b>	<b>61,01</b>	<b>195,23</b>	<b>0,00</b>		

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	4	40000	160000

Внесение удобрений	Количество, т	Цена	Рублей
из них органические			
ам. Селитра	0	15300	0
аммофос (12:52)	4	30400	121600
хлористый калий	0	16500	0
нефтяная сера 0,25 мм	0	4000	0
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	20	1750	35000
Пума супер 7,5, л	100	1980	198000
Виал ТТ, л	1,6	2500	4000

	на 1 га	всего
Амортизация	512,62	51261,57
Текущий ремонт	76,89	7689,24

Расход ГСМ	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	38,84	3200	124275,2
Смаз мат	0,24	2174	512,5
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>39,07</b>		<b>124787,6868</b>

Тарифный фонд зарплаты	4449,63
Доплаты:	
за продукцию	1112,41
за качество и срок	4449,63
за классность	578,45
Повышенная оплата на уборке	6229,49
<b>Итого доплат</b>	<b>12369,98</b>
Отпуска	1513,77
Доплата за стаж	2750,01
Итого зарплаты с отпусками	21083,39
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>26607,24</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>266,07</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>14,86</b>

<b>Всего прямые затраты</b>	<b>793250,49</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>7932,50</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>443,16</b>
<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>20149,51</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>71392,54</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>864643,03</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>8646,43</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>483,04</b>



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

МпО № 1. Просо 2016 г.

Нефть 20 л/м2

культура	просо
сорт	Татарское красное
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	13,80	1380
побочной	43,5	4350

Норма высева, т/га	0,04
--------------------	------

Стоимость ГСМ, руб.	32
Стоимость 1 т/км, руб.	25
стоимость 1 квт.ч., руб.	3,2

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		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.				
									марка	количество																						
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	7	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1			9,80	10,20	71,43	17	18	935,71	935,71	1310,00	10,30	32960									
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7		1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1			61,00	1,64	11,48	80,91		132,64	132,64	185,70	1,80	1,80	5760								
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5		2	МТЗ-82	КПР-3,6	1	1			16,00	6,25	43,75	80,91		505,69	0,00	505,69	707,96	2,50	2,50	8000							
4	Погрузка мин.удобрений	т	4	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1			151,00	0,03	0,19	47,56		1,26	1,26	1,76	0,30	0,01	38,4								
5	Перевозка удобрений	т	4	3,7	1,5		1	КАМАЗ															0	20	500,00							
6	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3		2	МТЗ-1221	Amazona	1	1			56,00	1,79	12,50	0,00	91,7	46,61	163,75	0,00	163,75	229,25	3,60	3,60	11520						
7	Инкрустация семян	т	4	4			1	эл.дв.	ПС-10А	1	1	1		67,60	0,06	0,41	47,56	31,13	2,81	1,84	4,66	6,52						9,1	29,12			
8	Погрузка семян	т	4	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1			151,00	0,03	0,19	47,56		1,26	1,26	1,76	0,30	0,01	38,4								
9	Перевозка семян	т	4	3,7	2,6		1	КАМАЗ															0	20	500,00							
10	Посев	га	100	7,7	27		2	МТЗ-1221	СЗП-3,6	2	1	2		20,00	5,00	35,00	70,00	91,7	46,61	458,50	466,10	924,60	1294,44	5,70	5,70	18240						
11	Прикатывание	га	100	7,7	18,5		1	МТЗ-82	ЗККШ-6	1	1			67,00	1,49	10,45	71,34		106,48	106,48	149,07	1,50	1,50	4800								
12	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1		1	МТЗ-82	СТК-5	1	1			31,70	0,66	4,64	47,56		31,51	31,51	44,11	1,20	0,25	806,4								
13	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4		1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1			54,00	1,85	12,96	61,13		113,20	158,49	0,86	0,86	2752									
14	Прямое комбайнирование	га	100				3	ДОН-1500		1	1	1		12,00	8,33	58,33	58,33	71,75	55,54	597,92	462,83	1060,75	1485,05	12,30	12,30	39360						
15	Транспортировка зерна на ток	т	138,0					КАМАЗ															0	690	17250,00							
16	Очистка	т	138,0					эл.двиг.	ОВС-25	1		3		40,00	3,45		72,45		34,87		360,90	360,90	505,27						40,02	128,064		
17	транспортировка зерна на склад	т	127,0					КАМАЗ															0	634,8	15870,00							
<b>Всего</b>			<b>руб.</b>											<b>40,78</b>	<b>261,32</b>	<b>201,20</b>				<b>3050,73</b>	<b>1291,68</b>	<b>4342,41</b>	<b>6079,37</b>	<b>x</b>	<b>38,84</b>	<b>124275,20</b>	<b>1364,80</b>	<b>34120,00</b>	<b>49,12</b>	<b>157,18</b>	<b>0,00</b>	

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	4	40000	160000

Внесение удобрений из них органические	Количество, т	Цена	Рублей
ам. Селитра	0	15300	0
аммофос (12:52)	4	30400	121600
хлористый калий	0	16500	0
нефтяная сера 0,25 мм	0	4000	0
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	20	1750	35000
Пума супер 7,5, л	100	1980	198000
Виал ТТ, л	1,6	2500	4000

	на 1 га	всего
Амортизация	512,62	51261,57
Текущий ремонт	76,89	7689,24

Расход ГСМ	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб
ДТ, ц	38,84	3200	124275,2
Смаз мат	0,24	2174	512,5
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>39,07</b>		<b>124787,6868</b>

Тарифный фонд зарплаты	4342,41
Доплаты:	
за продукцию	1085,60
за качество и срок	4342,41
за классность	564,51
Повышенная оплата на уборке	6079,37
<b>Итого доплат</b>	<b>12071,90</b>
Отпуска	1477,29
Доплата за стаж	2683,74
Итого зарплаты с отпусками	20575,34
<b>Всего зарплаты с начислениями</b>	<b>25966,07</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>259,66</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>18,82</b>

<b>Всего прямые затраты</b>	<b>782405,93</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>7824,06</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>566,96</b>

<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>19824,18</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>70416,53</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>852822,47</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>8528,22</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>617,99</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

МПО № 1, Просо 2016 г.

Нефть 40 л/м2

культура	просо
сорт	Татарское красное
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	9,70	970
побочной	36,7	3670

Норма высева, т/га 0,04

Стоимость ГСМ, руб.	32
Стоимость 1 т/км, руб.	25
стоимость 1 кВт.ч., руб.	3,2
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, ав. 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.				
									марка	количество																	трактористов - машинистов		вспомогательных работников	трактористов - машинистов
1	Всашка	га	100	7,7	142,4		6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1	9,80	10,20	71,43		91,7		935,71		935,71	1310,00	10,30	10,30	32960						
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7		1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1	61,00	1,64	11,48		80,91		132,64		132,64	185,70	1,80	1,80	5760						
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5		2	МТЗ-82	КПИР-3,6	1	1	16,00	6,25	43,75		80,91		505,69	0,00	505,69	707,96	2,50	2,50	8000						
4	Погрузка мин удобрений	т	4	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1	151,00	0,03	0,19				47,56		1,26	1,76	0,30	0,01	38,4						
5	Перевозка удобрений	т	4	3,7	1,5		1	КАМАЗ																0	20	500,00				
6	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3		2	МТЗ-1221	Amazone	1	1	56,00	1,79	12,50	0,00	91,7	46,61	163,75	0,00	163,75	229,25	3,60	3,60	11520						
7	Инкрустация семян	т	4	4,9	0,5		1	эл.дв.	ПС-10А	1	1	67,60	0,06	0,41	0,41	47,56	31,13	2,81	1,84	4,66	6,52							9,1	29,12	
8	Погрузка семян	т	4	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1	151,00	0,03	0,19				47,56		1,26	1,76	0,30	0,01	38,4						
9	Перевозка семян	т	4	3,7	2,6		1	КАМАЗ																0	20	500,00				
10	Посев	га	100	7,7	27		2	МТЗ-1221	СЭП-3,6	2	1	20,00	5,00	35,00	70,00	91,7	46,61	458,50	466,10	924,60	1294,44	5,70	5,70	18240						
11	Прикатывание	га	100	7,7	18,5		1	МТЗ-82	ЗКШ-6	1	1	67,00	1,49	10,45		71,34		106,48		106,48	149,07	1,50	1,50	4800						
12	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1		1	МТЗ-82	СТК-5	1	1	31,70	0,66	4,64		47,56		31,51		31,51	44,11	1,20	0,25	806,4						
13	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4		1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1	54,00	1,85	12,96		61,13		113,20		113,20	158,49	0,86	0,86	2752						
14	Прямое комбайнирование	га	100				3	ДОН-1500				12,00	8,33	58,33	58,33	71,75	55,54	597,92	462,83	1060,75	1485,05	12,30	12,30	39360						
15	Транспортировка зерна на ток	т	97,0					КАМАЗ																0	485	12125,00				
16	Очистка	т	97,0					эл.двиг.	ОВС-25	1		3	40,00	2,43		50,93		34,87		253,68	253,68	355,15						28,13	90,016	
17	транспортировка зерна на склад	т	89,2					КАМАЗ																0	446,2	11155,00				
<b>Всего</b>			<b>руб.</b>										<b>39,76</b>	<b>261,32</b>	<b>179,67</b>				<b>3050,73</b>	<b>1184,45</b>	<b>4235,18</b>	<b>5929,26</b>	<b>x</b>	<b>38,84</b>	<b>124275,20</b>	<b>971,20</b>	<b>24280,00</b>	<b>37,23</b>	<b>119,14</b>	<b>0,00</b>

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	4	40000	160000

Внесение удобрений из них органические	Количество, т	Цена	Рублей
ам. Селитра	0	15300	0
аммофос (12:52)	4	30400	121600
хлористый калий	0	16500	0
нефтяная сера 0,25 мм	0	4000	0
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	20	1750	35000
Пума супер 7,5, л	100	1980	198000
Виал ТТ, л	1,6	2500	4000

Амортизация	на 1 га	всего
	512,62	51261,57
Текущий ремонт	76,89	7689,24

Расход ГСМ	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	38,84	3200	124275,2
Смаз мат	0,24	2174	512,5
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>39,07</b>		<b>124787,6868</b>

Тарифный фонд зарплаты	4235,18
Доплаты:	
за продукцию	1058,80
за качество и срок	4235,18
за классность	550,57
Повышенная оплата на уборке	5929,26
<b>Итого доплат</b>	<b>11773,81</b>
Отпуска	1440,81
Доплата за стаж	2617,47
Итого зарплаты с отпусками	20067,28
<b>Всего зарплаты с начислениями</b>	<b>25324,90</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>253,25</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>26,11</b>

<b>Всего прямые затраты</b>	<b>771561,38</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>7715,61</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>795,42</b>

<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>19498,84</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>69440,52</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>841001,90</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>8410,02</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>867,01</b>

Продуктивность сельскохозяйственных культур в зерновых единицах\* в зависимости от приемов рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы (МПО № 1), г/м<sup>2</sup>

Год, культура	Нефть-20 л/м <sup>2</sup> (ЗП)	ЗП+ Рыхление	ЗП+ Известь +Рыхление	ЗП+ Известь + Рыхление + НРК	ЗП+ Известь + Рыхление + Биогумус	ЗП+ Известь +Рыхление +Байкал	ЗП+ Известь +Рыхление +Байкал +НРК
2006, ячмень	50	108	116	149	145	132	171
2007, яровой рапс	46	125	131	175	169	156	185
2008, просо	80	131	139	158	154	150	164
2009, яр. пшеница	61	147	162	223	197	188	234
2010, ячмень	42	61	62	76	66	72	82
2011, яровой рапс	107	65	129	227	201	167	237
2012, просо	82	96	105	228	180	134	237
2013, яр. пшеница	103	122	122	234	162	152	251
2014, ячмень	124	134	136	265	212	185	285
2015, яровой рапс	129	136	140	253	238	182	273
2016, просо	112	119	120	204	190	147	220
Зерновые единицы в среднем за 2006-2016 гг.	85	118	124	199	174	151	212
Солома/зерно яр. пшеницы в 2013 г.	1,58	1,37	1,38	1,19	1,26	1,28	1,20
Урожайность соломы в среднем за 2006-2016 гг.	134	162	171	237	219	193	254

Прим.: \* - коэффициенты перевода в зерновые единицы для яровой пшеницы и ячменя 1,00; для ярового рапса и проса соответственно 1,36 и 0,81.

Расчет среднегодовых норм внесения агрохимикатов и кратности рыхления почвы  
в первом микрополевым опыте (МПО № 1)

Годы	Культура	Биогумус, т/га	Известь, т/га	Минеральные удобрения, кг д.в./га			Байкал, л/га	Рыхление, 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
Сумма за 2004-2016 гг.		15	18	835	747	706	3900	42
Среднегодовые за 2006-2016 гг.*		1,324	1,636	76	68	64	355	3,82

Прим.: \* - с учетом затрат на рекультивацию в 2004-2005 гг.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Яровая пшеница 2006-2016 гг. Загрязненная почва (ЗП)

культура	яровая пшеница
сорт	Экада 70
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	8,50	850
побочной	13,4	1340

Норма высева, т/га 0,22

Стоимость ГСМ, руб.	30,5
Стоимость 1 т/км, руб.	21,5
стоимость 1 кВт.ч, руб.	2,95
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 работ	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 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.					
									марка	количество																	трактористов - машинистов	вспомогательных работников		трактористов - машинистов	вспомогательных работников
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	31415								
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	371,39	265,28	1,80	1,80	5490								
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	7625							
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	4	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	0,03	0,19		95,12	2,52		2,52	3,53	0,30	0,01	36,6							
6	Перевозка удобрений	т	4	3,7	1,5		1	КАМАЗ															0	20	430,00						
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	327,50	458,50	3,60	3,60	10980							
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	26,845			
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	201,3							
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6		1	КАМАЗ															0	110	2365,00						
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	17385						
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	4575							
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	768,6							
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	2623							
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	37515						
16	Транспортировка зерна на ток	т	85,0					КАМАЗ															0	425	9137,50						
17	Очистка	т	85,0					эл.дв.	ОВС-25	1		3	40,00	2,13	44,63		69,74		444,59	444,59	622,43			0			24,65	72,7175			
18	транспортировка зерна на склад	т	78,2					КАМАЗ															0	391	8406,50						
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>											<b>39,15</b>	<b>259,16</b>	<b>175,24</b>				<b>6025,75</b>	<b>2322,72</b>	<b>8348,47</b>	<b>11687,86</b>	<b>x</b>	<b>38,89</b>	<b>118614,50</b>	<b>946,00</b>	<b>20339,00</b>	<b>33,75</b>	<b>99,56</b>	<b>0,00</b>	

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	22	15000	330000

Внесение удобрений из них органические	Количество, т	Цена	Рублей
ам. Селитра	0	12350	0
аммофос (12:52:0)	4	24510	98040
хлористый калий	0	12040	0
Известь	0	125	0
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	3	1650	4950
Луна супер 7,5, л	100	1830	183000
Вилал ТТ, л	55	2130	117150

	на 1 га	всего
Амортизация	503,43	50342,83
Текущий ремонт	75,51	7551,42

Расход ГСМ	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	38,89	3050	118614,5
Смаз мат	0,24	2174	513,2
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>39,13</b>		<b>119127,6994</b>

Тарифный фонд зарплаты	8348,47
Доплаты:	
за продукцию	2087,12
за качество и срок	8348,47
за классность	1085,30
Повышенная оплата на уборке	11687,86
<b>Итого доплат</b>	<b>23208,75</b>
Отпуска	2840,15
Доплата за стаж	5159,61
Итого зарплаты с отпусками	39556,98
<b>Всего зарплаты с начислениями</b>	<b>49820,91</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>498,21</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>58,73</b>

<b>Всего прямые затрат</b>	<b>1007814,66</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>10078,15</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>1185,66</b>

<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>27293,24</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>90703,32</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>1098517,98</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>10985,18</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>1292,37</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Яровая пшеница 2006-2016 гг. ЗП+Рыхление

культура	яровая пшеница
сорт	Экда 70
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	11,80	1180
побочной	16,2	1620

Норма высева, т/га	0,22
--------------------	------

Стоимость ГСМ, руб.	30,5
Стоимость 1 т/км, руб.	21,5
стоимость 1 кВт.ч., руб.	2,95

№п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата		Количество человек для выполнения нормы	Количество 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				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.			
									марка																			количество	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	31415					
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	5490					
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	7625					
4	Рыхление почвы	га	380	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КСН-3	1	1		25,00	15,20	106,40		161,82		2459,66	0,00	2459,66	3443,53	2,50	9,50	28975					
5	Погрузка мин.удобрений	т	4	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1		151,00	0,03	0,19		95,12		2,52		2,52	3,53	0,30	0,01	36,6					
6	Перевозка удобрений	т	4	3,7	1,5	1	КАМАЗ																	0	20	430,00			
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	10980					
8	Индустиация 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	26,845		
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	201,3					
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6	1	КАМАЗ																0	110	2365,00				
11	Посев	га	100	7,7	27	2	МТЗ-1221	СЭП-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	17385					
12	Приматывание	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	4575					
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	768,6					
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	2623					
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	37515					
16	Транспортировка зерна на ток	т	118,0				КАМАЗ																0	590	12685,00				
17	Очистка	т	118,0				эл.двиг.	ОВС-25	1		3	40,00	2,95		61,95	69,74				617,20	617,20	864,08			0	34,22	100,949		
18	транспортировка зерна на склад	т	108,6				КАМАЗ																0	542,8	11670,20				
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>										<b>55,17</b>	<b>365,56</b>	<b>192,56</b>				<b>8485,41</b>	<b>2495,33</b>	<b>10980,74</b>	<b>15373,04</b>	<b>x</b>	<b>48,39</b>	<b>147589,50</b>	<b>1262,80</b>	<b>27150,20</b>	<b>43,32</b>	<b>127,79</b>	<b>0,00</b>

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	22	15000	330000

	на 1 га	всего
Амортизация	503,43	50342,83
Текущий ремонт	75,51	7551,42

Расход ГСМ	Кол-во	ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	48,39	3050		147589,5
Смаз мат	0,29	2174		638,6
6,07%				
<b>Всего</b>	<b>48,68</b>			<b>148228,0632</b>

Тарифный фонд зарплаты	10980,74
Доплаты:	
за продукцию	2745,19
за качество и срок	10980,74
за классность	1427,50
Повышенная оплата на уборке	15373,04
<b>Итого доплат</b>	<b>30526,46</b>
Отпуска	3735,65
Доплата за стаж	6786,43
Итого зарплаты с отпусками	52029,28
<b>Всего зарплаты с начислениями</b>	<b>65660,96</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>656,61</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>55,64</b>

<b>Всего прямые затрат</b>	<b>1061092,85</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>10610,93</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>899,23</b>

<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>28891,59</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>95498,36</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>1156591,21</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>11565,91</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>980,16</b>

Внесение удобрений	Количество, т	Цена	Рублей
<b>из них органические</b>			
ам. Селитра	0	12350	0
аммофос (12:52:0)	4	24510	98040
хлористый калий	0	12040	0
Известь	0	125	0
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	3	1650	4950
Пума супер 7,5, л	100	1830	183000
Виал ТТ, л	55	2130	117150

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Яровая пшеница 2006-2016 гг.

ЗП+Рыхление+Известь

культура	яровая пшеница
сорт	Экада 70
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	12,40	1240
побочной	17,1	1710

Норма высева, т/га	0,22
--------------------	------

Стоимость ГСМ, руб.	30,5
Стоимость 1 т/км, руб.	21,5
стоимость 1 кВт.ч., руб.	2,95

№п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ			Сроки проведения работ		Состав агрегата		Количество человек для выполнения нормы	Норма выработки	Количество нормисмен во 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 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	стоимость всего, руб.	количество т/км	стоимость, руб.	количество, кВт.ч		стоимость, руб.		
									марка																				количество	
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1	9,80	10,20	71,43	183,4	1871,43	1871,43	2620,00	10,30	23	24	25	26	27	28	29	30			
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7	1	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	5490									
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5	2	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	7625								
4	Рыхление почвы	га	380	7,7	21,5	2	2	МТЗ-82	КСН-3	1	1	25,00	15,20	106,40	161,82	2459,66	0,00	2459,66	3443,53	2,50	9,50	28975								
5	Погрузка мин.удобрений	т	167,4	4,9	0,5	1	1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1	151,00	1,11	7,76	95,12	105,45	105,45	147,63	0,30	0,50	1531,71									
6	Перевозка удобрений	т	167,4	3,7	1,5	1	1	КАМАЗ											0	837	17995,50									
7	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3	2	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	10980						
8	Инкрустация семян	т	22	4,9	0,5	1	1	эп.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	26,845				
9	Погрузка семян	т	22	4,9	0,5	1	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	201,3									
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6	1	1	КАМАЗ											0	110	2365,00									
11	Посев	га	100	7,7	27	2	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	17385						
12	Прикатывание	га	100	7,7	18,5	1	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	4575									
13	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	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	768,6									
14	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	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	2623									
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	37515						
16	Транспортировка зерна на ток	т	124,0					КАМАЗ											0	620	13330,00									
17	Очистка	т	124,0					эп.двиг.	ОВС-25	1		40,00	3,10	65,10	69,74	648,58	648,58	908,01		0					35,96	106,082				
18	транспортировка зерна на склад	т	114,1					КАМАЗ											0	570,4	12263,60									
<b>Всего</b>			<b>руб.</b>									<b>56,40</b>	<b>373,13</b>	<b>195,71</b>			<b>8588,35</b>	<b>2526,71</b>	<b>11115,06</b>	<b>15561,08</b>	<b>x</b>	<b>48,88</b>	<b>149084,61</b>	<b>2137,40</b>	<b>45954,10</b>	<b>45,06</b>	<b>132,93</b>	<b>0,00</b>		

	тонн	Цена	Стоимость
Семена - всего	22	15000	330000

Внесение удобрений из них органические	Количество, т	Цена	Рублей
ам. Селитра	0	12350	0
аммофос (12:52:0)	4	24510	98040
хлористый калий	0	12040	0
Известь	163,4	125	20425
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	3	1650	4950
Луна супер 7,5, л	100	1830	183000
Виал ТТ, л	55	2130	117150

	на 1 га	всего
Амортизация	503,43	50342,83
Текущий ремонт	75,51	7551,42

Расход ГСМ	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	48,88	3050	149084,6
Смаз мат	0,30	2174	645,0
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>49,18</b>		<b>149729,6419</b>

Тарифный фонд зарплаты	11115,06
Доплаты:	
за продукцию	2778,76
за качество и срок	11115,06
за классность	1444,96
Повышенная оплата на уборке	15561,08
<b>Итого доплат</b>	<b>30899,86</b>
Отпуска	3781,34
Доплата за стаж	6869,44
Итого зарплаты с отпусками	52665,70
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>66464,11</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>664,64</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>53,60</b>

<b>Всего прямые затрат</b>	<b>1103916,32</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>11039,16</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>890,26</b>
<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>30176,29</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>99352,47</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>1203268,79</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>12032,69</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>970,38</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Яровая пшеница 2006-2016 гг.

ЗП+Рыхление+Известь+НРК

культура	яровая пшеница
сорт	Экада 70
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	19,90	1990
побочной	23,7	2370

Норма высева, т/га 0,22

Стоимость ГСМ, руб.	30,5
Стоимость 1 т/км, руб.	21,5
стоимость 1 квт.ч., руб.	2,95
расстояние, км	5

№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 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.						
									марка	количество																	трактористов - машинистов	вспомогательных работников		трактористов - машинистов	вспомогательных работников	
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	1871,43	2620,00	10,30	10,30	31415									
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	5490										
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	7625									
4	Рыхление почвы	га	380	7,7	21,5		2	МТЗ-82	КСН-3	1	1		25,00	15,20	106,40	161,82	2459,66	0,00	2459,66	3443,53	2,50	9,50	28975									
5	Погрузка мин.удобрений	т	204,6	4,9	0,5		1	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1		151,00	1,35	9,48	95,12	128,88	128,88	180,44	0,30	0,61	1872,09										
6	Перевозка удобрений	т	204,6	3,7	1,5		1	КАМАЗ														0	1023	21994,50								
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	10980							
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	26,845			
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	201,3										
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6		1	КАМАЗ														0	110	2365,00								
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	17385							
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	4575										
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	768,6										
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	2623										
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	37515							
16	Транспортировка зерна на ток	т	199,0					КАМАЗ														0	995	21392,50								
17	Очистка	т	199,0					эл.двиг.	ОВС-25	1		3	40,00	4,98	104,48	69,74	1040,87	1040,87	1040,87	1457,22			0					57,71	170,2445			
18	транспортировка зерна на склад	т	183,1					КАМАЗ														0	915,4	19681,10								
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>											<b>58,53</b>	<b>374,86</b>	<b>235,09</b>				<b>8611,78</b>	<b>2919,00</b>	<b>11530,78</b>	<b>16143,09</b>	<b>x</b>	<b>48,99</b>	<b>149424,99</b>	<b>3043,40</b>	<b>65433,10</b>	<b>66,81</b>	<b>197,09</b>	<b>0,00</b>		

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	22	15000	330000

Внесение удобрений из них органические	Количество, т	Цена	Рублей
ам. Селитра	17,4	12350	214890
аммофос (12:52:0)	13,1	24510	321081
хлористый калий	10,7	12040	128828
Известь	163,4	125	20425
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	3	1650	4950
Пула супер 7,5, л	100	1830	183000
Вилал ТТ, л	55	2130	117150

	на 1 га	всего	
Амортизация	503,43	50342,83	
Текущий ремонт	75,51	7551,42	
Расход ГСМ	кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	48,99	3050	149425,0
Смаз мат	0,30	2174	646,5
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>49,29</b>		<b>150071,4946</b>

Тарифный фонд зарплаты	11530,78
Доплаты:	
за продукцию	2882,69
за качество и срок	11530,78
за классность	1499,00
Повышенная оплата на уборке	16143,09
<b>Итого доплат</b>	<b>32055,56</b>
Отпуска	3922,77
Доплата за стаж	7126,37
Итого зарплаты с отпусками	54635,48
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>69949,97</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>689,50</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>34,65</b>

Всего прямые затраты	1700384,16
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>17003,84</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>854,46</b>
Прочие прямые затраты	37514,25
<b>Накладные расходы</b>	<b>153034,57</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>1853418,74</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>18534,19</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>931,37</b>



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Яровая пшеница 2006-2016 гг. ЗП+Рыхление+Известь+Биогумус

культура	яровая пшеница
сорт	Экдада 70
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	17,40	1740
побочной	21,9	2190

Норма высева, т/га 0,22

Стоимость ГСМ, руб.	30,5
Стоимость 1 т/км, руб.	21,5
стоимость 1 кВт.ч., руб.	2,95

№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.	Горячее		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.		
									марка	количество																			стоимость всего, руб.	количество, кВт.ч
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	31415						
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	5490						
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	7625						
4	Рыхление почвы	га	380	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КСН-3	1	1		25,00	15,20	106,40		161,82		2459,66	0,00	2459,66	3443,53	2,50	9,50	28975						
5	Погрузка мин.удобрений	т	167,4	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1		151,00	1,11	7,76		95,12		105,45		105,45	147,63	0,30	0,50	1531,71						
6	Перевозка удобрений	т	167,4	3,7	1,5	1	КАМАЗ																	0	837	17995,50				
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	10980						
8	Инкустация семян	т	22			1	зп.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	26,845		
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	201,3						
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6	1	КАМАЗ																0	110	2365,00					
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	17385						
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	4575						
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	768,6						
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	2623						
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	37515						
16	Транспортировка зерна на ток	т	174,0				КАМАЗ																0	870	18705,00					
17	Очистка	т	174,0				зп.двиг.	ОВС-25	1		3	40,00	4,35		91,35		69,74		910,11	910,11	1274,15			0	800,4	17208,60	50,46	148,857		
18	транспортировка зерна на склад	т	160,1				КАМАЗ																0	800,4	17208,60					
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>										<b>57,65</b>	<b>373,13</b>	<b>221,96</b>				<b>8588,35</b>	<b>2788,24</b>	<b>11376,58</b>	<b>15927,21</b>	<b>x</b>	<b>48,88</b>	<b>149084,61</b>	<b>2617,40</b>	<b>56274,10</b>	<b>59,56</b>	<b>175,70</b>	<b>0,00</b>	

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	22	15000	330000

Внесение удобрений	Количество, т	Цена	Рублей
Биогумус	132,4	3350	443540
ам. Селитра	0	12350	0
аммофос (12:52:0)	4	24510	98040
хлористый калий	0	12040	0
Известь	163,4	125	20425
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	3	1650	4950
Пума супер 7,5, л	100	1830	183000
Виал ТТ, л	55	2130	117150

	на 1 га	всего
Амортизация	503,43	50342,83
Текущий ремонт	75,51	7551,42

Расход ГСМ	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	48,88	3050	149084,6
Смаз мат	0,30	2174	645,0
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>49,18</b>		<b>149729,6419</b>

Тарифный фонд зарплаты	11376,58
Доплаты:	
за продукцию	2844,15
за качество и срок	11376,58
за классность	1478,96
Повышенная оплата на уборке	15927,21
<b>Итого доплат</b>	<b>31626,90</b>
Отпуска	3870,31
Доплата за стаж	7031,07
Итого зарплаты с отпусками	53904,86
<b>Всего зарплаты с начислениями</b>	<b>68027,94</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>680,28</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>39,10</b>

<b>Всего прямые затраты</b>	<b>1559751,79</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>15597,52</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>896,41</b>

Прочие прямые затраты	30545,15
Накладные расходы	140377,66
<b>Итого затрат</b>	<b>1700129,45</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>17001,29</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>977,09</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Яровая пшеница 2006-2016 гг.

ЗП+Рыхление+Известь+Биопрепарат

культура	яровая пшеница
сорт	Экда 70
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	15,10	1510
побочной	19,3	1930

Норма высева, т/га 0,22

Стоимость ГСМ, руб.	30,5
Стоимость 1 т/км, руб.	21,5
стоимость 1 кВт.ч., руб.	2,95
расстояние, км	5

№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 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	стоимость всего, руб.	количество т/км	стоимость, руб.	количество, кВт.ч	стоимость, руб.					
									марка	количество																							
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4		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	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7		1	1	ДТ-75	БЗТС-1	24	1		61,00	1,64	11,48		161,82		265,28		1871,43	2620,00	10,30	10,30	31415							
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5		2	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	7625							
4	Рыхление почвы	га	380	7,7	21,5		2	2	МТЗ-82	КСН-3	1	1		25,00	15,20	106,40		161,82		2459,66	0,00	2459,66	3443,53	2,50	9,50	28975							
5	Погрузка мин.удобрений	т	167,4	4,9	0,5		1	1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1		151,00	1,11	7,76		95,12		105,45		105,45	147,63	0,30	0,50	1531,71							
6	Перевозка удобрений	т	167,4	3,7	1,5		1	1	КАМАЗ																		837	17995,50					
7	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3		2	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	10980							
8	Инкрустация семян	т	22				1	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	26,845			
9	Погрузка семян	т	22	4,9	0,5		1	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	201,3							
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6		1	1	КАМАЗ																		0	110	2365,00				
11	Посев	га	100	7,7	27		2	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	17385							
12	Прикатывание	га	100	7,7	18,5		1	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	4575							
13	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1		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	768,6							
14	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4		1	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	2623							
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	37515							
16	Транспортировка зерна на ток	т	151,0						КАМАЗ																		0	755	16232,50				
17	Очистка	т	151,0						эл.двиг.	ОВС-25	1		3	40,00	3,78		79,28		69,74		789,81	789,81	1105,73			0			43,79	129,1805			
18	транспортировка зерна на склад	т	138,9						КАМАЗ																	0	694,6	14933,90					
<b>Всего</b>		<b>руб.</b>												<b>57,08</b>	<b>373,13</b>	<b>209,89</b>				<b>8588,35</b>	<b>2667,93</b>	<b>11256,28</b>	<b>16758,79</b>	<b>x</b>	<b>48,88</b>	<b>149084,61</b>	<b>2396,60</b>	<b>51626,90</b>	<b>52,89</b>	<b>156,03</b>	<b>0,00</b>		

Семена - всего	тонн	Цена	Стоимость
	22	15000	330000

Внесение удобрений	Количество, т	Цена	Рублей
Биопрепарат	35,5	7600	269800
ам. Селитра	0	12350	0
аммофос (12:52:0)	4	24510	98040
хлористый калий	0	12040	0
Известь	163,4	125	20425
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	3	1650	4950
Луна супер 7,5, л	100	1830	183000
Виал ТТ, л	55	2130	117150

	на 1 га	всего	
Амортизация	503,43	50342,83	
Текущий ремонт	75,51	7551,42	
Расход ГСМ	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	48,88	3050	149084,6
Смаз мат	0,30	2174	645,0
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>49,18</b>		<b>149729,6419</b>

Тарифный фонд зарплаты	11256,28
Доплаты:	
за продукцию	2814,07
за качество и срок	11256,28
за классность	1463,32
Повышенная оплата на уборке	15758,79
<b>Итого доплат</b>	<b>31292,46</b>
Отпуска	3829,39
Доплата за стаж	6956,72
Итого зарплаты с отпусками	53334,85
<b>Всего зарплаты с начислениями</b>	<b>67308,58</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>673,09</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>44,58</b>

Всего прямые затраты	1380355,87
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>13803,56</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>914,14</b>
Прочие прямые затраты	30375,48
<b>Накладные расходы</b>	<b>124232,03</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>1504587,90</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>15045,88</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>996,42</b>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Яровая пшеница 2006-2016 гг.

ЗП+Рыхление+Известь+НРК+Биопрепарат

культура	яровая пшеница
сорт	Экада 70
площадь, га	100

урожайность	ц/га	валовой сбор, ц
основной	21,20	2120
побочной	25,4	2540

Норма высева, т/га	0,22
--------------------	------

Стоимость ГСМ, руб.	30,5
Стоимость 1 т/км, руб.	21,5
стоимость 1 кВт.ч., руб.	2,95

№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		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.
									марка	количество																				
1	Вспашка	га	100	7,7	142,4	6	7	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	31415									
2	Закрытие влаги	га	100	7,7	17,7	1	7	ДТ-75	БЗТС-1	24	1	61,00	1,64	11,48	161,82	265,28	265,28	371,39	1,80	1,80	5490									
3	Культивация предпосевная	га	100	7,7	21,5	2	7	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	7625								
4	Рыхление почвы	га	380	7,7	21,5	2	7	МТЗ-82	КСН-3	1	1	25,00	15,20	106,40	161,82	2459,66	0,00	2459,66	3443,53	2,50	9,50	28975								
5	Погрузка мин.удобрений	т	204,6	4,9	0,5	1	7	МТЗ-82	ПЭ-0,8	1	1	151,00	1,35	9,48	95,12	128,88	180,44	0,30	0,61	1872,09										
6	Перевозка удобрений	т	204,6	3,7	1,5	1	7	КАМАЗ											0	1023	21994,50									
7	Разбрасывание удобрений	га	100	7,7	22,3	2	7	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	10980						
8	Инкрустация семян	т	22	4,9	0,5	1	7	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	26,845			
9	Погрузка семян	т	22	4,9	0,5	1	7	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	201,3									
10	Перевозка семян	т	22	3,7	2,6	1	7	КАМАЗ											0	110	2365,00									
11	Посев	га	100	7,7	27	2	7	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	17385						
12	Прикатывание	га	100	7,7	18,5	1	7	МТЗ-82	ЗККШ-6	1	1	67,00	1,49	10,45	142,68	212,96	212,96	298,14	1,50	1,50	4575									
13	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	1	7	МТЗ-82	СТК-5	1	1	31,70	0,66	4,64	95,12	63,01	63,01	88,22	1,20	0,25	768,6									
14	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	7	МТЗ-82	ОП-2000	1	1	54,00	1,85	12,96	122,26	226,41	226,41	316,97	0,86	0,86	2623									
15	Прямое комбайнирование	га	100			3	7	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	37515						
16	Транспортировка зерна на ток	т	212,0					КАМАЗ											0	1060	22790,00									
17	Очистка	т	212,0					эл.двиг.	ОВС-25	1		40,00	5,30	111,30	69,74		1108,87	1108,87	1552,41						61,48	181,366				
18	транспортировка зерна на склад	т	195,0					КАМАЗ											0	975,2	20966,80									
<b>Всего</b>			<b>руб.</b>									<b>58,85</b>	<b>374,86</b>	<b>241,91</b>				<b>8611,78</b>	<b>2986,99</b>	<b>11598,77</b>	<b>16238,28</b>	<b>x</b>	<b>48,99</b>	<b>149424,99</b>	<b>3168,20</b>	<b>68116,30</b>	<b>70,58</b>	<b>208,21</b>	<b>0,00</b>	

	тонн	Цена	Стоимость
Семена - всего	22	15000	330000

Внесение удобрений	Количество, т	Цена	Рублей
Биопрепарат	30	7600	228000
ам. Селитра	17,4	12350	214890
аммофос (12:52:0)	13,1	24510	321081
хлористый калий	10,7	12040	128828
Известь	163,4	125	20425
Средства защиты растений			
Дифезан, кг	3	1650	4950
Пума супер 7,5, л	100	1830	183000
Виал ТТ, л	55	2130	117150


	на 1 га	всего
Амортизация	503,43	50342,83
Текущий ремонт	75,51	7551,42


Расход ГСМ	Кол-во, ц	Цена	Сумма, руб.
ДТ, ц	48,99	3050	149425,0
Смаз мат	0,30	2174	646,5
6,07%			
<b>Всего</b>	<b>49,29</b>		<b>150071,4946</b>

Тарифный фонд зарплаты	11598,77
Доплаты:	
за продукцию	2899,69
за качество и срок	11598,77
за классность	1507,84
Повышенная оплата на уборке	16238,28
<b>Итого доплат</b>	<b>32244,59</b>
Отпуска	3945,90
Доплата за стаж	7168,39
Итого зарплаты с отпусками	54957,66
<b>Всего зарплата с начислениями</b>	<b>69356,57</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>693,57</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>32,72</b>

<b>Всего прямые затраты</b>	<b>1931580,99</b>
<b>в том числе на 1 гектар</b>	<b>19315,81</b>
<b>на 1 центнер</b>	<b>911,12</b>

<b>Прочие прямые затраты</b>	<b>37610,16</b>
<b>Накладные расходы</b>	<b>173842,29</b>
<b>Итого затрат</b>	<b>2105423,27</b>
<b>в том числе на 1 га</b>	<b>21054,23</b>
<b>себестоимость 1 ц продукции</b>	<b>993,12</b>


 «УТВЕРЖДАЮ»  
 Проректор по научной работе и инновациям ФГБОУ ВПО «Казанский университет»  
 Вильев А.Р.  
 21 сентября 2015 года


 «УТВЕРЖДАЮ»  
 Директор  
 ООО «Сатурн-Урал»  
 Лениногорского муниципального района Республики Татарстан  
 Тухватуллина З.Я.  
 18 сентября 2015 года

## АКТ

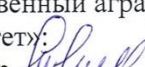
о внедрении результатов научно-исследовательской работы в производство от 18.09.2015

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВПО «Казанский государственный аграрный университет» - профессор кафедры агрохимии и почвоведения Гилязов М.Ю., аспирант кафедры агрохимии и почвоведения Равзутдинов А.Р., с одной стороны, и представитель ООО «Сатурн-Урал» Лениногорского муниципального района Республики Татарстан - главный агроном Исмагилов Р.М., с другой стороны, настоящим актом подтверждаем, что результаты диссертационной работы «Агрохимическая характеристика и восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы агроэкологическими приемами в условиях Республики Татарстан», испытаны и внедрены в ООО «Сатурн-Урал» Лениногорского муниципального Республики Татарстан на площади 238 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 (2013-2014 гг.), инокуляция почвы биопрепаратом, внесение расчетных норм удобрений и посев яровой пшеницы. Испытанные приемы позволили получить на рекультивированном участке 2,96 т/га зерна, что существенно не отличалось от урожайности (3,05 т/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 ВПО «Казанский государственный аграрный университет»:  
 Профессор  Гилязов М.Ю.

Аспирант  Равзутдинов А.Р.


От ООО «Сатурн-Урал» Лениногорского муниципального района Республики Татарстан:  
 главный агроном

 Исмагилов Р.М.

«УТВЕРЖДАЮ»  
 Проректор по научной работе и  
 инновациям ФГБОУ ВПО  
 «Казанский ГАУ»  
 8 сентября 2016 года



«УТВЕРЖДАЮ»  
 Директор  
 ООО «Сатурн-Урал»  
 Лениногорского муниципального  
 района Республики Татарстан  
 Тухватуллина З.Я.  
 6 сентября 2016 года



## АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы в производство  
 от 6.09.2016

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВПО «Казанский государственный аграрный университет» - профессор кафедры агрохимии и почвоведения Гилязов М.Ю., аспирант кафедры агрохимии и почвоведения Равзутдинов А.Р., с одной стороны, и представитель ООО «Сатурн-Урал» Лениногорского муниципального района Республики Татарстан - главный агроном Исмагилов Р.М., с другой стороны, настоящим актом подтверждаем, что результаты диссертационной работы «Агрохимическая характеристика и восстановление плодородия нефтезагрязненной серой лесной почвы агроэкологическими приемами в условиях Республики Татарстан», испытаны и внедрены в ООО «Сатурн-Урал» Лениногорского муниципального Республики Татарстан на двух загрязненных участках с общей площадью 450 м<sup>2</sup>.

На обоих участках 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 (2014-2015 г) и посев ячменя (2016 г.). Кроме того, на втором участке дополнительно был внесен препарат Микрозим (tm) «ПЕТРО ТРИТ». Испытанные приемы позволили получить на рекультивированных участках № 1 и 2 практически одинаковую урожайность зерна ячменя (3,12 и 3,14 т/га), которая существенно не отличалась от урожайности на рядом расположенном незагрязненном участке (3,21 т/га). Следовательно, биопрепарат Микрозим (tm) «ПЕТРО ТРИТ» на испытанных участках значимого положительного действия не проявил.

Считаем, что 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 ВПО «Казанский  
 государственный аграрный  
 университет»:  
 Профессор Гилязов М.Ю.  
 Аспирант Равзутдинов А.Р.

От ООО «Сатурн-Урал»  
 Лениногорского муниципального  
 района Республики Татарстан:  
 главный агроном  
Исмагилов Р.М.

# ДИПЛОМ

III степени



Награждается

*призер ежегодного научного конкурса  
«Тракт Казанского государственного аграрного  
университета молодым ученым»  
в номинации «Инновационные технологии в сельском  
и лесном хозяйствах»*

*Равзутдинов*

*Амир Рашидович*

*Ректор Казанского ГАУ,  
профессор*



*Д. У. Файзрахманов*

*Казань, 27 мая 2015 года*