Федеральное агентство железнодорожного транспорта Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения»

На правах рукописи

ШИГАПОВ АЙРАТ МИНИМАРСИЛЬЕВИЧ

Биоремедиация нефтезагрязненных почв органическими компонентами отходов лесозаготовительной промышленности (на примере дерново-подзолистых почв Уральского федерального округа)

Специальность 03.02.08 «Экология» (биология)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель: кандидат биологических наук Гаврилин Игорь Игоревич

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	. 5
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР1	11
1.1. Нефтепродукты и источники их поступления в окружающую среду 1	11
1.1.1. Нефть и нефтепродукты 1	11
1.1.2. Пути поступления нефти и нефтепродуктов в окружающую среду 1	16
1.1.3. Нормирование нефти и нефтепродуктов в почвах 1	19
1.2. Последствия загрязнения окружающей среды углеводородами нефти и нефтепродуктов	25
1.2.1. Проблема загрязнения окружающей среды углеводородами нефти и нефтепродуктов	25
1.2.2. Распределение нефти и нефтепродуктов по почвенному профилю 2	27
1.2.3. Изменение физических и химических свойств почв после загрязнения нефтью и нефтепродуктами	29
1.2.4. Влияние нефти на биологическую активность почвы 3	31
1.2.5. Трансформация нефти и нефтепродуктов в почве	37
1.2.6. Самоочищение почвы от нефти и нефтепродуктов 3	39
1.3. Способы и методы борьбы с загрязнением компонентов окружающей среды нефтью и нефтепродуктами	40
1.3.1. Механические методы	41
1.3.2. Физико-химические методы	42
1.3.3. Биологические методы	45
ГЛАВА 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГИОНА ИССЛЕДОВАНИЙ 5	56
2.1. Краткая характеристика Уральского федерального округа5	56
2.2. Краткая характеристика Свердловской области	54
2.3. Качественная характеристика почв и земельных ресурсов региона исследований	70
2.3.1. Качественное состояние почв Свердловской области	
2.3.2. Качественное состояние почв Челябинской области	
2.3.3. Качественное состояние почв Курганской области	
2.3.4. Качественное состояние почв Тюменской области	

2.3.5. Качественное состояние почв XMAO - Югры
2.3.6. Качественное состояние почв Ямало-Ненецкого автономного округа 89
ГЛАВА 3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 93
3.1. Программа исследований
3.2. Характеристика объектов исследования92
3.2.1. Нефть марки Urals (Siberian Light)
3.2.2. Почвенные образцы
3.2.3. Временные пробные площади
3.2.4. Органические структурообразующие субстраты
3.2.5. Тест-культуры
3.3. Методика исследований
3.4. Описание модельных экспериментов
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ 145
4.1. Основные результаты лабораторных и полевых исследований
4.1.1. Исследование динамики процессов трансформации углеводородов нефти в почвах в лабораторных условиях
4.1.2. Исследование динамики процессов трансформации углеводородов нефти в почвах в полевых условиях
4.1.3. Исследование токсичности нефтезагрязненных почв на различные растения
4.1.4. Микробиологический анализ образцов почв
4.1.5. Исследование сорбционных свойств структурообразующих субстратов и широко используемых сорбентов
4.1.6. Исследование скорости и глубины проникновения нефти в почвенные горизонты
4.2. Применение технологической схемы при рекультивации нефтезагрязненных почв
ГЛАВА 5. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
5.1. Исчисление размера ущерба, причиненного почвам в результате химического загрязнения почв (земель) для территории Уральского
федерального округа

5.2.	Оценка величины предотвращенного экологического ущерба в ре	езультате
недо	опущения к размещению отходов производства и потребления	188
OCF	НОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	192
ЗАК	ЛЮЧЕНИЕ	194
СПИ	ИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	198
ПРИ	ЛОЖЕНИЯ	228

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время нефтепродукты являются одними из наиболее распространенных и токсичных веществ, на территориях, нарушенных в результате антропогенной деятельности. Угроза загрязнения окружающей среды сырой нефтью и продуктами её переработки стоит остро не только для нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих регионов, любой город может столкнуться с подобным загрязнением, поскольку хранение и транспортировка горюче-смазочных материалов, разливы нефти и нефтепродуктов в результате аварий, пожаров на нефтехранилищах и нефтеперегонных заводах распространены повсеместно.

Масштаб угрозы для жизни и здоровья населения страны возрастает с каждым днем, поскольку количество аварий, сопровождающихся значительными разливами нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, ежегодно возрастает, так в 2013 году количество только официально зарегистрированных аварий на территории Уральского федерального округа составило более 2,5 тысяч.

Загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами, нарушает и угнетает все жизненные процессы: подавляется дыхательная активность и микробное самоочищение, изменяется естественное соотношение численности микроорганизмов и направление обмена веществ, происходит накопление В трудноокисляемых загрязняющих веществ виде продуктов. зонах техногенного воздействия основная масса поступающего загрязнения нефтью и нефтепродуктами, как правило, находится в системе «атмосфера-гидросферапедосфера», а именно в трех компонентах экосистем: приземный слой атмосферы, поверхностные воды и почвенный покров. В результате загрязнения нефтью и нефтепродуктами компонентов экосистем через воздушную, водную и почвенную среды происходит поступление загрязнителей в биологические циклы и в отдельные живые организмы, их дальнейшая трансформация, аккумуляция, перераспределение и перемещение.

На сегодняшний день наиболее широко применяемые для обезвреживания нефтезагрязненных почв способы очистки имеют ряд определенных недостатков: не происходит «утилизации» загрязняющих веществ, которые остаются практически в неизменном виде, либо в процессе обезвреживания осуществляется негативное воздействие на компоненты окружающей среды, биологический ущерб от которого в некоторых случаях оказывается больше, чем возможный от загрязнения нефтью.

В связи с отмеченным выше несовершенством существующих методов обезвреживания загрязненных нефтью и нефтепродуктами почв, приоритетным направлением является разработка биосферосовместимых технологий. При этом технологии должны обеспечивать очистку почв от нефтяного загрязнения: путем разложения сложных нефтяных углеводородов до безвредных компонентов для биосферы, или, как минимум, снижая класс опасности загрязняющих веществ.

На основании вышеизложенного, научные исследования по повышению эффективности очистки компонентов окружающей среды от загрязнения нефтью и нефтепродуктами, являются актуальными и имеют большую практическую и экономическую значимость.

Цель диссертационной работы: Исследовать эффективность использования органических компонентов отходов лесозаготовительной промышленности для биоремедиации нефтезагрязненных почв

Для достижения цели решались следующие задачи:

- 1. Провести камеральные и полевые модельные эксперименты с аборигенной растительностью на нефтезагрязненных почвах.
- 2. Определить методом биотестирования уровень прямого токсического воздействия различных концентраций нефти на анатомо-морфометрические характеристики растений, произрастающих на загрязненных почвах.
- 3. Проанализировать в исследуемых образцах общую численность и разнообразие микроорганизмов: бактерий, актиномицетов и микроскопических грибов
 - 4. Оценить сорбционные свойства наиболее широко применяемых

сорбентов (мох канадский торфяной (Canadian Sphagnum Peat moss - Spill Sorb), сорбирующий материал «Мегасорб») и предлагаемых органических структурообразующих субстратов (опил сосновый (Ramenta pineus), торф, мох сфагнум (Sphagnum (L.))), и определить глубину проникновения нефти в почвенный горизонт исследуемого типа почв.

5. Разработать способы повышения эффективности биоремедиации нефтезагрязненных почв, обеспечивающие степень очистки почв до уровня ориентировочно допустимых концентраций.

Научная новизна работы

В результате исследований разработан способ повышения эффективности биоремедиации, включающий в себя технологическую схему очистки и восстановления нефтезагрязненных почв.

Впервые при внедрении в нефтезагрязненную почву органических структурообразующих субстратов (опила соснового) определена зависимость общей численности и разнообразия микроорганизмов, бактерий, актиномицетов, кокков и микроскопических грибов. Впервые установлена скорость и глубина проникновения нефти в почвенные горизонты для дерново-подзолистой почвы Уральского федерального округа (далее – УФО). По результатам биотестирования проведена оценка фитотоксичности нефтезагрязненных почв с применением тесткультур.

Впервые проведена оценка возможного предотвращенного ущерба, причиненного почвам в результате химического загрязнения почв (земель) вследствие пролива нефтепродуктов на территории УФО.

Новизна технических решений подтверждена патентом РФ на изобретение: № 2014135129/13 (056883) «Способ очистки почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами».

Практическая значимость работы

На основании результатов работы разработан, апробирован и внедрен способ очистки почв от нефтяного загрязнения, основанный на повышении эффективности биологических методов очистки, и обеспечивающий очистку почв

от углеводородов нефти до уровня ориентировочно допустимых концентраций.

Предлагаемый подход к восстановлению загрязненных почв применен при очистке модельного загрязненного участка в полевых условиях на территории Свердловской области и апробирован при рекультивации нефтезагрязненных территорий Ханты-Мансийского автономного округа — Югра на ООО Производственная экологическая компания «Промышленная экология» (г. Тюмень, Тюменская область).

Результаты работы рекомендуются к использованию предприятиями нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей нефтехимической И промышленности при ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, амбаров, a рекультивации ранее рекультивации шламовых также при накопленного ущерба подвергнутым нефтяному экологического почвам, загрязнению.

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1. Внедрение в состав загрязненных нефтью почв органических структурообразующих субстратов и посев на их поверхность семян растений повышает эффективность биодеградации нефтяного загрязнения, за счет роста общей численности почвенной микрофлоры, в особенности численности углеводородокисляющих микроорганизмов, бактерий и микроскопических грибов.
- 2. Наиболее эффективным в качестве фитомелиоранта является Avena sativa (L.), который среди исследованных тест-культур менее других подвержен токсическому воздействию нефти и наиболее приспособлен к произрастанию на загрязненных нефтью почвах.
- 3. Применение предлагаемого способа очистки дерново-подзолистой почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами способствует снижению содержания нефти в загрязненных почвах до 88 % при уровне загрязнения 5л на 1м2 и 85% при 10л на 1м2, что в 2,97 раза меньше значения в контрольном слабозагрязненном варианте и в 3,13 раза в контрольном сильнозагрязненном соответственно.

Реализация и внедрение результатов работы. Работа и ряд исследований выполнены в рамках государственной бюджетной научно-исследовательской работы кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВПО «УрГУПС» на тему: «Защита ландшафтных систем от загрязнения углеводородами, поступающими с объектов железнодорожного транспорта» по направлениям: 502.37 «Мероприятия по защите и восстановлению природы и ее объектов», 504.05 «Вредные или опасные воздействия деятельности человека на окружающую среду», 504.54 «Ландшафт. Экология ландшафта», 631.427.22 «Методика микробиологического исследования почвы путем исследования микрофлоры», № 01201258236; в работе использовалось оборудование лаборатории мониторинга окружающей среды кафедры НОЦ «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «УрГУПС».

Апробация работы. Основные научные результаты и положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях различного уровня: Всероссийская научно-техническая конференция международным участием) «Транспорт Урала-2013» (Екатеринбург, 2013); Международная научно-практическая конференция «С новым Федеральным законом - к новому качеству транспортного образования» (Екатеринбург, 2013); Всероссийская научно-практическая конференция «Экологическая безопасность 2013); IV современных социально-экономических систем» (Волгоград, междисциплинарная молодежная научная конференция «Информационная школа молодого ученого» при УрО РАН (Екатеринбург, 2014); Всероссийская школа молодых ученых "Мы - за будущее!" (Ульяновск, 2014); V междисциплинарная молодежная научная конференция «Информационная школа молодого ученого» при УрО РАН (Екатеринбург, 2015); Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы, современное состояние, инновации в природообустройства строительства» (Благовещенск, области И 2015); Международная научно-практическая конференция «Комплексные проблемы техносферной безопасности» (Воронеж, 2015) и других.

По теме диссертации опубликовано 11 публикаций, включая 4 статьи в журналах, рекомендованных к изданию ВАК РФ. Подготовлен и опубликован

отчет по государственной бюджетной научно-исследовательской работе (114 с., 18 рис., 12 табл., 66 источников). Получены патенты на изобретение (Патент РФ № 2014135129/13 (056883), МПК 8 В09С1/00 «Способ очистки почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами»); (Патент РФ № 2015112553/13 (019670), МПК Е02В15/04, Е01Н12/00 «Способ очистки поверхности открытых водоемов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами»).

Личный вклад автора состоит в разработке экономически эффективного и экологически безопасного способа повышения эффективности применения биологических методов нефтезагрязненных комплекса очистки почв. экспериментальных камеральных и полевых исследований, проведении интерпретации, обобщении апробации полученных И результатов, формулировании выводов, в подготовке публикаций и патентов по выполненной работе.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 227 страницах, содержит 37 таблиц, 45 рисунков и 264 литературных источника, в том числе 26 иностранных.

Благодарность. Автор выражает глубокую признательность и благодарность профессору ФГБОУ ВО «УрГУПС» Бондаренко В.В., а также всем сотрудникам кафедры «Техносферная безопасность» за всестороннюю поддержку в проведении исследований и работы над диссертацией.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Нефтепродукты и источники их поступления в окружающую среду 1.1.1. Нефть и нефтепродукты

Слово «нефть» происходит от арабского «нафата», что означает «извергать» [1].

В 1859 г. американский предприниматель Э.Л. Дрейк пробурил в штате Пенсильвания первую скважину глубиной 21 м. Скважина имела дебит 4,8 т в сутки. Это официальная дата рождения нефтяной промышленности [2]. В России первая скважина была пробурена на Кубани в 1864 г. глубиной 70 м, и имела дебит 36 т в сутки [2].

30-е гг. XX века стали для нашей страны периодом создания мощной сырьевой базы и развития добычи нефти и газа на Кавказе, в Бакинском и Грозненском районах и на Кубани. Были изысканы и выделены средства на геологоразведочные работы в Тимано-Печорском крае и Предуралье [2].

В послевоенные годы были созданы новые крупные базы добычи нефти и газа в Западной Сибири, Средней Азии, Предкавказье, Казахстане, Украине и Белоруссии. Начиная с 70-х гг., основными регионами по добыче нефти и газа в стране являются Западная Сибирь и Волго-Уральский регион [3].

Месторождение нефти и газа представляет собой одну или несколько залежей, приуроченных к ограниченной площади, генетически связанных между собой и обязанных происхождением общим геологическим факторам [4, 5].

И.А. Еременко (1957) указывает [6-7], что «тектонические характеристики того или иного структурного элемента, контролирующего образование месторождения, прежде всего зависят от того, с каким крупным геоструктурным элементом земной коры связано формирование этого элемента». В связи с этим им выделяются месторождения платформ и месторождения складчатых областей.

Понятие «нефтепродукты» имеет два значения: техническое и аналитическое [8]. В техническом значении нефтепродукты - это товарные сырые нефти, прошедшие первичную подготовку на промысле, и продукты переработки

нефти, использующиеся в различных видах хозяйственной деятельности: авиационные и автомобильные бензины, реактивные, тракторные и осветительные керосины, дизельное топливо, мазуты, растворители, смазочные масла, гудроны, нефтяные битумы и другие нефтепродукты (парафин, нефтяной кокс, присадки, нефтяные кислоты и т.п.).

В аналитическом значении к нефтепродуктам относят неполярные и малополярные углеводороды, растворимые в гексане и не сорбирующиеся оксидом алюминия [8].

Происхождение нефти и газа стали изучать еще до возникновения нефтяной промышленности. Выяснение генезиса нефти и газа имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение.

О генезисе нефти и газа нет единого мнения. Общепринятой является теория органического происхождения нефти, но существуют гипотезы и о неорганическом генезисе нефти [2, 4, 5, 9-11].

Такие ученые как И.М. Губкин, Г.Гефер, К.Энглер, Н.Д.Зелинский и др. являются сторонниками органической, биогенной теории нефтеобразования, в основе которой лежит представление о происхождении нефти из биогенного органического вещества подводных (субаквальных) осадочных отложений. Этот процесс, по мнению сторонников органической теории, носит стадийный характер. Нефть представляет собой продукт превращения органического вещества - жидкую (в своей основе) гидрофобную фазу продуктов фоссилизации (захоронения) органического вещества (керогена) в водно-осадочных отложениях [4, 5, 9-12].

Однако, существуют гипотеза O неорганическом генезисе сторонниками которой являются М.Бертло, Д.И.Менделеев, Н.А. Кудрявцев, В.Б. П.Н. Кропоткин И др. [9-10, 13-17]. Ha Порфирьев, неорганическое происхождение нефти по их мнению указывает тот факт, что многие открытые нефти сконцентрированы месторождения В окраинах горно-складчатых сооружений, линейно вытянуты, тяготеют к зонам крупных разломов. Через эти разломы вода проникает вглубь Земли, вступает в реакцию с углеродистыми

металлами - с карбидами металлов, в результате чего возникает нефть, которая поднимается вверх, образует залежи:

$$FeC+3H_2O=Fe_2O_3+C_2H_6$$
 (1)

Этот процесс, по Д.И. Менделееву, происходил не только в прошлые геологические периоды, но и происходит сейчас [10].

Также известна космическая теория происхождения нефти [9-10]. Автор этой теории русский геолог Н.А.Соколов выдвинул её в 1892 г. Он считал, что углеводороды изначально существовали в первозданном веществе Земли или образовались на ранних высокотемпературных стадиях её образования. С охлаждением Земли нефть поглощалась и растворялась в жидкой расплавленной магме. Впоследствии, когда возникла земная кора, из магмы выделились углеводороды, которые по трещинам в земной коре поднимались в верхние части, сгущались и там образовали скопления.

Н.А. Соколов в качестве аргумента своей теории принял факты обнаружения углеводородов в метеоритах.

Проанализировав теории можно сделать вывод, что на сегодня органическая теория происхождения нефти лучше аргументирована, чем неорганическая, но, все же, вопросы происхождения нефти, миграции, аккумуляции, формирования месторождений являются нерешенными, дискуссионными в силу наличия совершенно противоположных мнений.

Химические свойства нефти

Основные химические элементы, из которых состоит нефть, углерод и водород. Содержание углерода в нефти (C) – 82–87 % и водорода (H) – 11–14 %. Кроме того, в нефти присутствуют гетероэлементы – кислород (O) – 0,2–0,7 %, (содержит до 4 %), азот (N) – 0,1–0,3 %, (содержит до 2 %), сера (S) – 0,09–0,5 %, (содержит до 2 %), в небольших количествах встречаются фосфор, ванадий, никель, железо, алюминий и др. [2, 3, 4, 7].

В нефти присутствуют три основные группы углеводородов (УВ) [2]:

метановые или парафиновые; нафтеновые; ароматические (рисунок 1-4).

Рисунок 1 - Варианты изображения строения молекул пентана: а – структурная формула с указанием всех валентных связей, б – структурная формула связи между атомами углерода, в – упрощенная формула

$$H_2C$$
 CH_2
 H_2C
 CH_2
 H_2C
 CH_2
 H_2C
 CH_2
 CH_2
 CH_2

Рисунок 2 - Циклопентан

Рисунок 3 - Циклогексан

Рисунок 4 - Бензол

Групповой состав нефти определяет её химические и физические свойства. Ряд параметров используется при подсчёте запасов нефти и газа и проектировании систем разработки, транспортировки по нефтепроводам и т.д. [2].

Между содержанием гетероатомных соединений и плотностью нефтей наблюдается вполне закономерная зависимость: легкие нефти с высоким содержанием светлых фракций бедны гетеросоединениями и, наоборот, ими богаты тяжелые нефти. В распределении их по фракциям наблюдается также

определенная закономерность: гетероатомные соединения концентрируются в высококипящих фракциях и остатках (рисунок 5) [2].

Состав нефти в недрах (в весовых %). Светлые продукты Мазут CH4-Керосин Газойль смазочные Бензин легкие Гудрон (машинные) Число атомов углерода 1-5 6 35 36-60 u > - 13 14 - 17 18 25 26 Средний молекулярный вес 16-72 210 220 Температура кипения при нормальном давлении, °С 100 500 Cata CHARA CnH2n--12 , C,H2n 30eH0полициклические ЗЛХИЛ-ЗРВНО ЦИКЛАНЫ ЗПИМЛ-ЗРВНО ЦИКЛАНЫ -алкил-цикланы (retep 25%

Содержание в весовых %

Рисунок 5 — Состав нефти в недрах (в весовых процентах %)

Во всех нефтях наряду с углеводородами имеется значительное количество соединений, включающих такие гетероатомы, как сера, азот и кислород. Содержание этих элементов зависит от возраста и происхождения нефти [4].

Содержание серы может составлять от 0,2 до 7,0%, кислорода в нефти содержится от 0,05 до 3,6%, а содержание азота не превышает 1,7% [4].

Серосодержащие соединения, как и кислородсодержащие соединения нефти, неравномерно распределены по ее фракциям. Обычно их содержание увеличивается с повышением температуры кипения. Однако в отличие от других гетероэлементов, содержащихся в основном в асфальто-смолистой части нефти, сера присутствует в значительных количествах в дистиллятных фракциях [2].

Физические свойства нефтей

Физические свойства нефти в первую очередь зависят от её плотности. Единицы измерения в системе СИ — $\kappa \Gamma/M^3$, в системе СГС — Γ/CM^3 . Изменяется плотность в пределах от 0,70 до 1, 04 Γ/CM^3 . Обычно плотность нефти меньше 1 и колеблется в пределах 0,82 — 0,92 Γ/CM^3 [2].

По плотности нефти классифицируются: на лёгкие (до 0.81 г/см^3); средние $(0.81 - 0.87 \text{ г/см}^3)$; тяжёлые $(0.87 - 0.90 \text{ г/см}^3)$; очень тяжёлые $(0.90 - 1.04 \text{ г/см}^3)$.

Вязкость нефти — свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению её частиц при движении. Параметр вязкости имеет большое значение для установления характера и масштабов миграции, а также при разработке залежи и добычи нефти. Вязкость нефти меняется в широких пределах в основном от 0,1 до 2000 мПа·с [2].

Газонасыщенность (газосодержание) нефти – определятся количеством газа, растворённого в нефти в условиях залежи (формула 2).

$$\Gamma = V_{\rm r}/V_{\rm mil \ vc.} \tag{2}$$

Единицы измерения M^3/M^3 (от 30–500) [2].

Температура кипения углеводородов зависит от их строения. Чем больше атомов углерода входит в состав молекулы, тем выше температура кипения. Природная нефть содержит компоненты, выкипающие в широком интервале температур, – от 30 °C до 600°C. Фракции нефтей, выкипающие при температуре 60 °C, называются петролейным эфиром; до 200° – бензином; от 200 до 300 °C – керосином; от 300 до 400 °C – газойлями; от 400 до 500 °C – смазочными маслами; свыше 500 °C – асфальтами [2].

Температура застывания нефти зависит от её состава. Чем больше в ней твердых парафинов, тем выше температура застывания. Смолистые вещества оказывают противоположное влияние [2].

1.1.2. Пути поступления нефти и нефтепродуктов в окружающую среду

Процессы добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти и

нефтепродуктов зачастую становятся источниками загрязнения окружающей среды, которое может приобретать катастрофические масштабы [18].

За последние годы участились разливы нефти при ее транспортировке по морю, рекам и железной дороге, при перевозке бензина автомобильным транспортом, при авариях на нефтепроводах, также окружающая среда загрязняется нефтью и нефтепродуктами при пожарах и диверсиях на трубопроводах, нефтехранилищах, нефтеперегонных заводах и предприятиях результате окружающая нефтехимии др. [18]. В среда загрязняется нефтепродуктами, страдает животный мир, а попадание нефтепродуктов в питьевую воду непосредственно угрожает здоровью населения [18-23] (рисунок 6).



Рисунок 6 – Пути поступления нефти и нефтепродуктов в окружающую среду

Масштаб угрозы для жизни и здоровья населения страны возрастает с каждым днем, поскольку количество аварий, сопровождающихся значительными разливами нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, ежегодно возрастает. Так, в 2011 году количество только официально зарегистрированных аварий составило более 20 тысяч [24].

Классификация чрезвычайных ситуаций

В зависимости от объема и площади разлива нефти и нефтепродуктов на местности, во внутренних пресноводных водоемах, в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 21.08.2000 № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» выделяются чрезвычайные ситуации следующих категорий [25]: локального

значения; муниципального значения; территориального значения; регионального значения; федерального значения.

Чрезвычайные ситуации, связанные с разливами нефти и нефтепродуктов на территории Уральского федерального округа, происходят преимущественно при добыче и транспортировке нефти и нефтепродуктов по трубопроводам [26].

В процессе освоения нефтяных месторождений и транспортировке нефтепродуктов оказывается активное воздействие на окружающую среду в пределах территорий самих месторождений, трасс линейных сооружений (промысловых и магистральных трубопроводов), а также в ближайших населенных пунктах (городах, поселках) [27].

В результате несовершенства технологий, других объективных и субъективных причин на всех этапах операций с нефтью и нефтепродуктами происходят отдельные аварии, приводящие к разливам нефти и нефтепродуктов и загрязнению атмосферы, открытых водоемов, почвы и подземных вод, что, безусловно, изменяет состояние окружающей среды и, как следствие, снижает качество жизненного пространства населения и биоты. При этом в местах загрязнения происходит долговременное разрушение растительного и почвенного покровов [27].

Нефтегазодобывающая отрасль включает в себя целый спектр загрязнителей: нефть и нефтепродукты, сточные и пластовые воды, буровые растворы и ряд химических реагентов [27 -29].

Ситуацию усугубляют аварии и разливы, которые происходят не только на кустовых площадках, но и на трубопроводах различного назначения: водоводах, внутрипромысловых и межпромысловых нефте- и газопроводах [27, 31]. К возможным причинам стабильно большого количества и объемов разливов нефти и нефтепродуктов, происходящих в результате аварий, следует отнести [31]:

- изношенность основных фондов;
- неоперативное реагирование на аварии и происшествия и последующая несогласованность действий при локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов;

недостаточность, а порой и полное отсутствие сил и средств,
 необходимых для предупреждения разливов нефти и нефтепродуктов,
 своевременного реагирования на них, локализации и ликвидации последствий.

Таким образом, в результате аварий на трубопроводах, большинство которых происходит на внутри- и межпромысловой сети продуктопроводов, ежегодно наносится огромный вред окружающей среде округа, выражающийся в основном загрязнением земель, площадь которых ежегодно превышает объемы проводимых работ по рекультивации нарушенных земель.

Кроме того, необходимо отметить, что одним из основных Российских перевозчиков нефти и нефтепродуктов является железнодорожный транспорт [26, 32]. Среди грузов, отправляемых по российским железным дорогам, доля нефтепродуктов составляет около 20% (порядка 300 млн. т) [26].

При этом, согласно данным Межведомственной комиссии по экологической безопасности России, около 30% аварийных ситуаций на железнодорожном нефтепродуктов [24, 26]. транспорте связано разливами Перевозка нефтепродуктов на железнодорожном транспорте сопряжена с опасностью сходов подвижного состава, крушения, аварий, пожаров, взрывов, утечек опасных грузов и других происшествий, которые могут привести к гибели, ранению, массовым отравлениям людей, животных, нанесению экологического ущерба И материального урона [32].

1.1.3. Нормирование нефти и нефтепродуктов в почвах

Условно принято считать нефтепродуктами главную и наиболее характерную часть нефти и продуктов ее переработки - неполярные и малополярные углеводороды, не сорбирующиеся на оксиде алюминия. В России ПДК для углеводородов нефти в воздухе рабочей зоны промышленных предприятий равна 10 мг/м³, а для воды - 0,3 мг/л.

В отличие от воды и воздуха, для почвы (и донных осадков) в России не установлены ПДК для суммарного содержания нефтепродуктов [8, 33-40], в связи

с разнообразием форм нахождения нефти и нефтепродуктов в почвах.

Почва имеет сложный химический состав, причем содержание органических веществ в почве колеблется от < 2% до 20% в болотистых почвах. Органические вещества подразделяют на негуминовые вещества и гумус [8].

Эколого-химическая характеристика качества почвы определяется важнейшими для практического использования химическими данными, такими как общее содержание органических соединений (гумуса), азота (аммонийного, нитратного и связанного с органикой), связанной угольной кислоты (карбонаты кальция и магния), питательных веществ для растений - кальция, магния, калия, фосфора, микроэлементов, а также способностью к их биологическому усвоению. При определении качества почвы играют роль и более простые характеристики, например механический и фракционный состав, значение рН, сухой вес, удельный и насыпной вес, влагоемкость, гигроскопичность, теплота смачивания, объем пор и ионообменная емкость [8].

Качественные и количественные изменения при длительном пребывании в почве посторонних органических химических веществ и механизмы их перераспределения в почве до настоящего времени почти не изучены ни для одного такого вещества [8]. Однако установлено, что в процессе превращения органических веществ в почве большую роль играют как абиотические, так и биотические реакции, протекающие под воздействием находящихся в почве живых организмов, а также свободных ферментов.

В почвах нефть и нефтепродукты находятся в следующих формах [8]:

- в пористой среде в парообразном и жидком легкоподвижном состоянии, в свободной или растворенной водной или водно-эмульсионной фазе;
- в пористой среде и трещинах в свободном неподвижном состоянии, играя роль вязкого или твердого цемента между частицами и агрегатами почвы, в сорбированном состоянии, связанном на частицах горной породы или почвы, в том числе гумусовой составляющей почв;
- в поверхностном слое почвы или грунта в виде плотной органоминеральной массы.

Как свободные, так и малоподвижные связанные формы нефтепродуктов отдают летучие фракции в атмосферу, а растворимые соединения - в воду. Этот процесс полностью не прекращается со временем, так как микробиологические процессы трансформации углеводородов приводят частично к образованию летучих и водорастворимых продуктов их метаболизма [8].

Поведение нефти и нефтепродуктов даже одинакового состава различно в зависимости от региона России. Проведенные исследования [8] позволили четко дифференцировать территории России по потенциальной способности нефтезагрязненных почв к самоочищению и условно принять следующие скорости самоочищения для нефтезагрязненных почв (таблица 1) разных природных зон при одинаковом одноразовом уровне загрязнения (5000 мг/кг) нефтью среднего состава (плотность 0,85-0,87) [8].

Таблица 1 - Скорости самоочищения нефтезагрязненных почв различных природных зон

Скорость самоочищения	Климатический район	Время
Высокая	Мерзлотно-тундровые таежные районы	До 5 лет
Средняя	Таежно-лесные районы	До 10 лет
Низкая	Лесостепные, степные, пустынные и	До 30 лет и более
призкан	полупустынные районы	до зо лет и облес

Не менее важна и дифференциация нефти и нефтепродуктов по химическому составу. Поэтому установление ОДК нефти и нефтепродуктов в почве должно проводиться с учетом состава загрязняющих веществ.

При установлении ОДК следует различать:

- 1. Нефти и нефтепродукты легкие (бензин, керосин, дизельное топливо и конденсат)
 - 2. Нефти и нефтепродукты тяжелые (мазут, смазочные масла и битумы).

Легкие нефти и нефтепродукты в значительной степени разлагаются и испаряются еще на поверхности почвы, легко смываются водными потоками. При этом путем испарения из почвы удаляется от 20 до 40% легких фракций нефти [8].

Тяжелые нефти и нефтепродукты, содержащие значительное количество смол, асфальтенов и тяжелых металлов, оказывают не только токсичное

воздействие на организмы, но и существенно изменяют водно-физические свойства почв [8].

Пропитывание нефтью и нефтепродуктами почвенной массы сказывается в на гумусовом горизонте: количество углерода в основном увеличивается, но ухудшается свойство почв как питательного субстрата для растений. Гидрофобные частицы нефти И нефтепродуктов затрудняют поступление влаги к корням растений, что приводит к физиологическим изменениям последних. Продукты трансформации нефти резко изменяют состав почвенного гумуса. На первых стадиях загрязнения это относится в основном к липидным и кислым компонентам. На дальнейших этапах за счет углерода нефти нефтепродуктов увеличивается нерастворимый углеродный остаток. В почвенном профиле идет изменение окислительно-восстановительных условий, увеличение подвижности гумусовых компонентов и ряда микроэлементов.

Таким образом, загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами приводит к резкому нарушению в почвенном микробиоценозе. Комплекс почвенных микроорганизмов отвечает на нефтяное загрязнение после кратковременного ингибирования повышением своей валовой численности и усилением активности, наиболее резко возрастает количество углеводородокисляющих микроорганизмов. В общем, сообщество микроорганизмов почвы принимает неустойчивый характер, по мере разложения нефти и нефтепродуктов в почве общее количество микроорганизмов приближается к фоновым значениям, но количество нефтеокисляющих бактерий (долго, например, в почвах южной тайги до 10 - 20 лет) значительно превышает те же группы в незагрязненных почвах [8].

Нефтяное загрязнение подавляет фотосинтетическую активность растений [8, 41].

Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами оказывает длительное отрицательное воздействие на почвенных животных, вызывая их массовую элиминацию в интенсивной зоне загрязнения. Отрицательное действие загрязнения осуществляется в результате прямого контакта с нефтью и нефтепродуктами и через изменение свойств загрязненных почв. Летучие

фракции нефти и нефтепродуктов проявляют эффект сразу после контакта с педобионтами, эффект тяжелых фракций проявляется позже [8, 41].

Однако необходимо учитывать, что в различных почвенно-климатических условиях концентрация нефти и нефтепродуктов в почвах, при которых почвы можно считать загрязненными, различна. Она зависит от природных условий, способности данного типа почв к самоочищению, от вида и скорости распада нефти и нефтепродуктов, их токсичности и др. В связи с большим разнообразием типа почв не может быть единого показателя загрязнения почв для всей территории России. В различных природных зонах и типах почв при одном и том же уровне загрязнения скорость самоочищения будет различной [8].

Минимальный уровень содержания нефти и нефтепродуктов в почвах, выше которого наступает ухудшение качества природной среды, можно назвать нижним допустимым уровнем концентрации [8].

Для установления экологически безопасного содержания нефти и нефтепродуктов установление нижнего допустимого уровня концентрации недостаточно.

Важно выявить уровень содержаний нефти и нефтепродуктов в почвах, выше которого процессы самоочищения резко замедляются и почва сама не может справиться с загрязнением и деградирует. Этот уровень можно назвать верхним допустимым уровнем, или пределом потенциала самоочищения. Почвы, содержащие нефть и нефтепродукты выше верхнего допустимого уровня самостоятельно не выйдут из стадии деградации и будут оказывать устойчивое негативное воздействие на контактирующие с ней компоненты окружающей природной среды. Естественно, что почвы с таким уровнем загрязнения подлежат санации и рекультивации [8].

Ориентировочным допустимым уровнем содержания нефти и нефтепродуктов в почвах предлагается [8] считать нижний допустимый уровень загрязнения, при котором в данных природных условиях почва в течение одного года восстанавливает свою продуктивность, а негативные последствия для почвенного биоценоза могут быть самопроизвольно ликвидированы. Такая

оценка может быть дана для верхнего, гумусового горизонта почв (примерно 20 - 30 см).

В настоящее время, с учетом данных экспериментальных исследований [8] в разных природных зонах России, зарубежный опыт нормирования, а также условно принятые коэффициенты скорости самоочищения почв в зависимости от почвенно-климатических условий и коэффициенты, учитывающие разницу действия легких и тяжелых нефти и нефтепродуктов на почву и связанную с этим скорость самоочищения, проведена работа по нормированию содержаний нефтепродуктов и нефти в почвах России, результатом которой явилось установление ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) нефти и нефтепродуктов в почвах России (таблица 2) [34].

Таблица 2 — Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) нефти и нефтепродуктов в почвах различных природных зон России [8]

№	Наименование вещества (элементы)	Ландшафтно- геохимический район, почвы	Величина ОДК с учетом фона, мг/кг	Агрегатное состояние вещества в почвах	Класс опасности	Особенности действия на биоту почв
1	Нефтепродукт ы легкие: бензины, керосин, дизельное	Мерзлотно- тундровый таежный район. Почвы: тундровые глеевые, тундровые болотные	2000	В парообразном и жидком состоянии в порах почв. В сорбированном на органических и минеральных частицах почв. В свободном состоянии на поверхности почв		Кратковременное сильное наркотическое воздействие. Ингибирование микробиологической и фотосинтетической активности растений.
		Таежно-лесные районы. Почвы: средне и южно-таежные подзолы и дерново-подзолистые	4000		3	
	топливо		8000			
		Полупустынные и пустынные районы. Почвы: полупустынные бурые, пустынно-песчаные	8000			

№ п/п	Наименование вещества (элементы)	Ландшафтно- геохимический район, почвы	Величина ОДК с учетом фона, мг/кг	Агрегатное состояние вещества в почвах	Класс опасности	Особенности действия на биоту почв
2	Нефти и нефтепродукт ы тяжелые: нефть, мазут, смазочные масла	Мерзлотно- тундровый таежный район. Почвы: тундровые глеевые, тундровые болотные	700	В парообразном и жидком состоянии в порах почв. В сорбированном на органических и минеральных частицах почв. Медленное разложение в почве		Замедленное, но устойчивое негативное влияние на биоту и почвы. Замедление фотосинтетической
		Таежно-лесные районы. Почвы: средне и южно-таежные подзолы и дерново-подзолистые	2000			
		Полупустынные и пустынные районы. Почвы: полупустынные бурые, пустынно-песчаные	2000		частицах почв. Ухудше физичес разложение в	активности растений. Ухудшение водно- физических свойств почв.
		Лесостепные и степные районы. Почвы: серые лесные, черноземы, каштановые	4000			

1.2. Последствия загрязнения окружающей среды углеводородами нефти и нефтепродуктов

1.2.1. Проблема загрязнения окружающей среды углеводородами нефти и нефтепродуктов

Результатом аварий связанных с разливом нефти и нефтепродуктов, кроме потерь нефти, является токсическое загрязнение компонентов окружающей среды: воды, земли (почв), атмосферного воздуха (рисунок 7). Скопление нефти в пониженных местах может вызвать образование горючих паровоздушных смесей с последующим возможным возгоранием и, как следствием, задымленностью близлежащих населенных пунктов, потерей материальных ценностей и термическим поражениям людей, попавших в зону пожара [26].

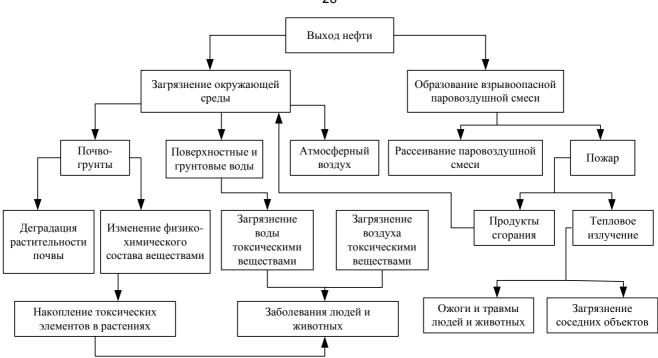


Рисунок 7 - Схема причинно—следственных закономерностей развития аварий

Основные объекты, на которые могут воздействовать аварийные разливы нефти, а также виды этих воздействий [26] приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Объекты воздействия и виды воздействий

Объекты воздействия	Виды воздействия
1. Население:	Ухудшение состояния здоровья, профессиональное
– здоровье;	заболевание и гибель людей; попадание в организм
– имущество.	вредных веществ через воздух, воду; воздействие на
	человека в основном через биопродукцию (особенно
	гидробионтов); ущерб имуществу в результате
	пожаров и взрывов
2. Объекты жизнеобеспечения	Загрязнение водосборных колодцев; выход из
(инженерные сооружения):	строя или ограниченное использование объектов
 источники водоснабжения; 	водоснабжения; нарушение транспортных путей,
транспортная сеть	инженерных коммуникаций, линий электропередач,
(автомобильные и железные дороги,	тепло- и электростанций
речные переправы и речной	
транспорт);	
– электроснабжение;	
– зоны отдыха (пляжи, курорты)	
3. Объекты производственной и	Загрязнения сельскохозяйственных угодий,
социальной сферы:	деградация плодородного слоя земли;
 сельскохозяйственные угодья 	производственных площадей; нарушение
(пашни, сенокосы, пастбища,	судоходства; невозможность рыболовства;
оросительные и ирригационные сети);	загрязнение подземных вод как источников
– рыболовство	водоснабжения

Объекты воздействия	Виды воздействия
4. Объекты окружающей среды:	Углеводородное загрязнение при испарении и
атмосферный воздух;	утечках; загрязнение воздуха продуктами горения;
 поверхностные и подземные 	кислотные дожди.
воды;	Загрязнение нефтью в результате утечек, особенно
– почва (пашни);	при авариях на дне водоемов, загрязнение
 растительность (сенокосы, 	технологическими химреагентами и другими
пастбища, многолетние насаждения);	отходами; разрушение водоносных структур в
 животный мир: рыба, птица, 	грунтах, откачка подземных вод и их сброс в
дикие животные, насекомые;	водоемы; потеря потребительских или вкусовых
 особо охраняемые природные 	свойств воды и продуктов промысла; гибель озер.
территории (заповедники, памятники	Повреждение или деградация почв; потеря
природы, заказники и др.)	продуктивных свойств почв.
	Исчезновение редких видов растений, а также
	хвойных лесов; деградация лесных массивов.
	Гибель планктона и других групп организмов;
	снижение рыбопродуктивности; исчезновение редких
	видов животных; нарушение путей миграции.
	Разрушение и повреждение экосистем; загрязнение
	зон рекреации.

1.2.2. Распределение нефти и нефтепродуктов по почвенному профилю

Нефть и нефтепродукты, являясь многокомпонентными смесями, при внутрипочвенной миграции подвергаются дифференциации: смолистые компоненты нефти сорбируются интенсивнее, чем низкомолекулярные, которые поступают в нижележащие слои [42-44].

Таким образом, концентрация смолистых веществ в верхних горизонтах почвы в несколько раз больше, чем в нижних генетических горизонтах [42-45].

Распределение нефти в верхних горизонтах почвы обусловлено в большей мере фронтальным просачиванием, что приводит к почти полному насыщению их нефтью. Проникновение нефти в нижние горизонты зависит от гранулометрического состава [42].

Накопление или вынос тех или иных компонентов нефти связаны с нефтеемкостью почвы, а также с наличием геохимических барьеров [42,46]. Одним из таких барьеров-аккумуляторов является верхний органогенный горизонт почвы, где задерживается основная масса загрязнителя, и иллювиальный горизонт [47-49]. Глеевые, глинисто-иллювиальные, иллювиально-глеевые и мерзлотные горизонты почв являются барьерами-экранами, которые практически

не пропускают органические поллютанты за счет наличия минимальных по размеру пор и капилляров [50]. Наличие грунтовых вод также является барьером на пути вертикального просачивания нефти [51].

Помимо вертикальной миграции происходит и латеральное распределение нефтепродуктов в почвенной массе. Многолетние динамические наблюдения, выполненные Н.П. Солнцевой [42], показали, что на первых этапах после загрязнения наблюдается постепенное уменьшение содержания нефтепродуктов от места поступления поллютанта в почву к границе загрязнения. При этом основная масса высокомолекулярных смолистых компонентов фиксируется в эпицентре загрязнения.

И.М. Габбасовой показано, что количество нефтепродуктов в разных генетических горизонтах изменяется по-разному [47]. Так, через год после загрязнения чернозема типичного товарной нефтью в пахотном горизонте произошло снижение содержания нефтепродуктов: в слое 0-10 см за счет дополнительного действия физических факторов, а в слое 10-20 см за счет просачивания вглубь профиля. В результате этого в подпахотном горизонте наблюдается некоторое увеличение содержания нефтепродуктов.

Шумиловой И.Б. установлено, что накопление нефтепродуктов в почвах возрастает в географическом положении с юга на север, а в ряду почв − от песчаных к суглинистым и глинистым почвам [43]. Болотные почвы способны к биоаккумуляции и адсорбции многих химических соединений, в том числе и нефтепродуктов, и являются своеобразным глобальным буфером [46]. Песчаные и супесчаные почвы, обладая хорошей проницаемостью, в меньшей мере препятствуют вертикальной миграции нефтепродуктов. Так, при концентрации 50 л/м² следы нефти обнаруживаются на глубине более 1 м, при дозах 10-20 л/м² − на глубине 10-30 см. Нефть в меньших дозах в основном задерживается органогенным горизонтом почвы [52]. С.В. Керимов с соавторами при исследовании нефтезагрязненных почв Апшеронского полуострова отмечает проникновение НП на глубину как минимум 2 м, где степень загрязнения может составлять 8,5% [53].

Таким образом, характер распределения нефти и нефтепродуктов в почве после загрязнения определяется свойствами самой почвы (площадь поверхности почвенных частиц в единице объема, сорбционная способность, величина порово-капиллярных сил, возможность гравитационного движения загрязнителя или его закрепление и др.), типом нефтепродуктов (соотношение высокомолекулярных и низкомолекулярных компонентов), характером поступления поллютанта (поверхностно или внутрипочвенно) и временем с момента загрязнения [42].

1.2.3. Изменение физических и химических свойств почв после загрязнения нефтью и нефтепродуктами

Загрязнение нефтью и нефтепродуктами в большей или меньшей степени приводит к изменению всех характеристик почвы — ее физических, физико-химических и химических свойств. Степень этих изменений зависит, как от типа и исходного состояния почвы, так и от типа и количества загрязнителя.

Наглядные, визуальные изменения после загрязнения почв нефтью или нефтепродуктами прослеживаются в их морфологии [42, 47, 48].

Распределение нефти четко прослеживается по стенке разреза. Выделяются 2 максимума содержания нефти: верхний — на границе линии вспашки, и нижний — в иллювиальном горизонте [54-56]. Нефтяное загрязнение значительно снижает удельную поверхность дерново-подзолистой и серой лесной почв, что также обусловлено обволакиванием почвенных частиц нефтью и их слипанием [57].

При просачивании нефтепродуктов не исключается возможность цементации почвы, что может привести к заболачиванию. При поступлении загрязнителей в почвы песчаного гранулометрического состава наблюдается их активная миграция с последующим накоплением в нижних горизонтах, а также выход в грунтовые воды [58].

Образование на поверхности, а также в профиле почвы твердых битумных корок кардинально изменяет водно-воздушный режим и негативно влияет на все характеристики почвы [59].

В результате образования на поверхности почвенных частиц пленки

нефтепродуктов и заполнения наиболее крупных пор, почвы теряют способность впитывать и удерживать влагу, что приводит к снижению гигроскопической влажности, водопроницаемости и влагоемкости [47, 60, 61]. При этом на фоне уменьшения влажности верхних горизонтов происходит увеличение влажности подповерхностных горизонтов, что приводит к нарушению водно-воздушного режима и развитию анаэробных процессов [60-62].

Изменение цвета поверхности почвы в результате загрязнения НП и обволакивания почвенных частиц нефтяной пленкой происходит к снижению спектральной отражательной способности почвы [59, 63]. Установлено, что с увеличением срока загрязнения спектральная отражательная способность почвы пропорционально возрастает вследствие трансформации нефти и способствует также более высокому прогреву таких почв [64].

В результате загрязнения нефтью и нефтепродуктами изменения затрагивают также и химические свойства почв — изменяется содержание органического углерода, состав гумуса, количество и соотношение макро- и микроэлементов [42, 44, 58-66].

Л.А. Салангинас, исследуя дерново-подзолистые почвы, констатировала неоднозначность влияния нефтяного загрязнения на показатели плодородия [54-56]. По данным автора очень низкие (0,27 г/кг) и высокие (более 50 г/кг) концентрации нефти связывают доступный азот, фосфор и калий, а при низком уровне загрязнения (0,6-0,9 г/кг) содержание всех макроэлементов увеличивается.

Нефть и нефтепродукты, попадая в почву, вызывают изменение окислительно-восстановительных условий. В результате нарушения аэрации и создания анаэробных условий в толще почвы снижается ее окислительный потенциал, что может приводить к развитию процессов оглеения и даже поверхностному заболачиванию почв [42, 48, 67-72].

Таким образом, нефть и нефтепродукты в подавляющем случае вызывают отрицательные изменения всех характеристик почвы — от морфологического строения почвенного профиля до химического строения гумусовых кислот. Изменения поглощающего комплекса почв влечет за собой качественное и

количественное перераспределение различных ионов, изменение показателя рН почвенного раствора. Общими изменениями для большинства типов почв является увеличение после загрязнения нефтью и нефтепродуктами содержания органического углерода, расширение отношения С: N, уменьшение содержания подвижного калия, фосфора и азота. В загрязненных почвах ухудшается агрохимическое и агрофизическое состояние, что является причиной снижения или полного прекращения выполнения почвой своих функций.

1.2.4. Влияние нефти на биологическую активность почвы

Биологическая активность почвы определяется, прежде всего, состоянием сообществ почвенных микроорганизмов, таких как бактерии, микроскопические грибы и водоросли, и беспозвоночных животных. Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами вызывает различные ответные реакции данных групп живых организмов.

Изменение состояния почвенного микробоценоза

Для описания изменений, происходящих в сообществе почвенных микроорганизмов в ответ на загрязнение, В.С. Гузев и С.В. Левин [73] в зависимости от уровня техногенной нагрузки предлагали использовать модель четырех адаптивных зон. В зоне гомеостаза, характерной для низкого уровня нагрузки, состав и количественное соотношение видов в сообществе неизменны, при этом суммарная биомасса микроорганизмов может возрастать. Средний уровень нагрузки характеризуется зоной стресса, где состав микробного сообщества остается практически неизменным, а значительным изменениям подвергается количественное соотношение видов, T.e. происходи перераспределение популяций по степени доминирования. Высокий уровень техногенной нагрузки вводит микробоценоз в зону резистентности, для которой характерно резкое снижение видового разнообразия и смена состава почвенных микроорганизмов. Дальнейшее увеличение техногенной нагрузки приводит к полному подавлению роста почвенных микроорганизмов и переходу в зону

репрессии.

По мнению этих же авторов [73], изменения в микробоценозе почвы под влиянием загрязняющих веществ определяются конкурентными отношениями в сообществе, и эти взаимодействия различны. При низком и среднем уровне взаимодействии популяций близкими загрязнения главную роль BO потенциальными возможностями играет конкуренция по типу неустойчивого равновесия. При конкуренции такого типа исход взаимодействия зависит от плотностей популяций конкурирующих видов, а преимущество получают микроорганизмы, обладающие большей популяционной плотностью. При высоком уровне загрязнения имеет место иной тип конкуренции – облигатное замещение. В таких условиях преимущество получают виды, способные расти намного быстрее других, независимо от исходной плотности и плотности популяций других видов.

Состояние сообщества почвенных микроорганизмов изменяется не только в зависимости от начальной концентрации загрязнителя, но и от времени, прошедшего с момента загрязнения. Так, по данным Н.А. Киреевой и В.В. Водопьянова процесс изменения биомассы микроорганизмов при нефтяном загрязнении и последующем восстановлении почвы включает пять стадий: отмирание, адаптация, линейный и экспоненциальный рост, стабилизация [74]. При этом стадия отмирания при низких концентрациях загрязнителя может отсутствовать. Возможно также выделение трех этапов сукцессии на основании изменения численности доминантов почвенной микробиоты. На первом этапе происходит перестройка микробоценоза активизация И группы углеводородокисляющих микроорганизмов. На втором этапе, по мере снижения углеводородов В почве, активизируются восприимчивые загрязнению группы микроорганизмов, жизнедеятельность которых ранее была подавлена. Третий этап – это постепенное и продолжительное возвращение микробного сообщества к исходному или близкому к нему состоянию [46, 69, 75-84].

В свежезагрязненных почвах численность почвенных микроорганизмов, как

преобладанием правило, достаточно высокая c аммонификаторов, углеводородокисляющих бактерий, представленных в основном бактериями родов Pseudomonas, Rhodococcus, Acinetobacter, Arthrobacter, Bacillus, фоне Mycobacterium. Ha стимуляции развития углеводородокислителей происходит подавление гетеротрофной микробиоты, при высоких концентрациях нефти ингибируется развитие обеих групп микроорганизмов [70].

Наиболее чувствительными к действию нефти являются нитрифицирующие бактерии, а численность и активность микроорганизмов, участвующих в процессе азотфиксации, аммонификации и денитрификации наоборот увеличивается [44, 78]. С увеличением срока загрязнения и степени очистки почвы от нефти происходит приближение бактериального разнообразия к исходным показателям незагрязненной почвы [69, 70].

Результаты исследований загрязненной дерново-подзолистой почвы [81, 82], позволили сделать вывод о том, что бактериальный ценоз оказался более чувствительным к загрязнению, чем грибной, кроме того, сообщество почвенных микромицетов после первичного загрязнения, представлено нефтеокисляющими видами, которые воспринимают вновь внесенные углеводороды в качестве энергетического субстрата.

При высоких концентрациях нефти ингибируются почти все группы микроорганизмов, в том числе и микромицеты. При низких уровнях загрязнения происходит стимулирование развития микроскопических грибов, при высоких уровнях – снижение разнообразия грибных комплексов по сравнению с фоновыми почвами. Происходит перестройка сообщества микромицетов – выпадают чувствительные виды, а доминирующее положение занимают микромицеты, способные утилизировать углеводороды нефти. Наиболее устойчивыми к воздействиям оказались представители родов антропогенным Aspergillus, Penicillium, Fusarium, Botrytis, Oospora и Trichoderma [77, 84-86], в том числе следующие виды – Aspergillus fumigatus, Fusarium moniliforme, Paecilomyces variotii, Penicillium funiculosum, P. paxilli, P. lanosum, P. miczynskii, P. restrictum, P. simplicissimum, Trichoderma koningii, T. viride [80, 83, 84, 87].

Таким образом, в результате загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами происходит изменение численности и структуры почвенной микробиоты. При исходно высокой степени загрязнения (более 10 л/м²) происходит снижение численности всех групп микроорганизмов. При более низких дозах загрязнения наблюдается перестройка структуры сообщества почвенных микроорганизмов. На фоне снижения численности бактерий, использующих минеральные формы азота, и целлюлозоразрушающих микроорганизмов происходит значительный рост численности углеводородокисляющих бактерий и микромицетов, которые используют углеводороды нефти как питательный субстрат. С увеличением срока загрязнения происходит постепенное восстановление сообщества почвенных микроорганизмов. В любом случае, загрязнение почвы приводит к полному или частичному изменению структуры почвенной микробиоты, вплоть до полной ее гибели, что негативно сказывается на функциях, выполняемых почвой [88].

Изменение состояния педобионтов

Для почвенных беспозвоночных животных (насекомые, черви, моллюски и т.д.) характерна быстрая миграция с территории, подвергшейся загрязнению, на новые местообитания, изменение видового состава сообщества и численности особей под влиянием различных доз нефти и нефтепродуктов, а также изменение половозрастной структуры и размера особей [89-91].

Мезофауна (дождевые черви, многоножки, моллюски, имаго и личики насекомых) считается одним из наиболее чувствительных компонентов экосистем к нефтяному загрязнению почв, что позволяет учитывать слабые и локальные воздействия при нормировании техногенного загрязнения.

Изучением влияния на мезофауну нефтепродуктами занимались различные ученые [90, 92, 93-98]. Отмечается, что массовая гибель педобионтов в первые несколько суток после загрязнения почвы обусловлена токсическим действием летучих компонентов нефти и нефтепродуктов [97, 98]. Помимо непосредственного действия компонентов нефти на покровные ткани и токсического действия летучих соединений, углеводороды способны высушивать слизистые оболочки организмов за счет своей гидрофобности [99].

Реакция растений на загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами

Нефть нефтепродукты оказывают влияние на растения, непосредственно в результате прямого воздействия, вызывая ожоги в месте контакта или токсические реакции, так и косвенно, изменяя почвенные условия в результате увеличения гидрофобности и анаэробности, что приводит к образованию на поверхности семян и корней гидрофобной пленки, затрудняющей газообмен и поступление в них воды [100-101]. Салангинас Л.А. и др. доказали, вызывать что гибель растений может также развитие микромицетовтоксинообразователей в ризосфере [102-103]. Помимо непосредственного токсического эффекта углеводороды нефти могут оказывать тератогенный и мутагенный эффекты на растения [104-106].

За последнее время проведено множество исследований по этой проблеме как в природных условиях на территориях нефтяных разливов, так и в условиях лаборатории использованием различных тест-культур [70, 100-111]. Исследования доказали как положительное, так и отрицательное, но разное по силе, влияние нефти и нефтепродуктов на растения, зависящее от концентрации и типа нефтепродуктов, продолжительности и условий воздействия, вида растений, почвенно-климатических условий и других факторов. Обнаружено, что невысокие концентрации нефти и нефтепродуктов в почве не оказывают достоверного влияния или даже стимулируют рост растений. При увеличении содержания нефти в почве начинает оказываться ингибирующее влияние нефти и нефтепродуктов – снижение скорости прорастания семян и их количества, торможение роста растения и смещение фаз развития.

При попадании нефти на поверхность растений происходит растворение углеводородов и эфиров с поверхности листьев и адгезия смолистых веществ, что приводит к закупорке устьиц и нарушению обмена веществ [44]. Влияние нефти на растения приводит к накоплению в клетках флуоресцирующих кумаринов, которые в норме там не присутствуют, что свидетельствует о деструктивных процессах в клетках [112].

На основании проведенных исследований были установлены пороговые

значения концентрации нефти и нефтепродуктов в почве, при которых проявляется острая -10,4% и хроническая -3,5-6,8% фитотоксичность [113].

В результате многочисленных исследований удалось установить наиболее устойчивые к нефтяному загрязнению виды растений, которые в последствии можно использовать на этапе фитомелиорации загрязненных почв [88, 101-103, 109]. Среди таких растений встречаются, как дикорастущие, так и окультуренные виды — кукуруза (Zea L.), подсолнечник (Helianthus annuus L.), Кормовые бобы (Vicia faba L.), соя культурная (Glycine max L.), рожь многолетняя (Secale cereale L.), овсяница луговая (Festuca pratensis Huds.), волоснец песчаный (Leymus arenarius (L.) Hochst.), двукисточник тростниковидный (Phalaris arundinacea L.), кострец безостый (Bromopsis inermis (Leys)), бодяк щетинистый (Cirsium setosum (Willd.) Besser exM.Bieb.) [101-103, 108-109, 114-116].

Также проведены работы направленные на изучение влияния загрязнения нефтью и нефтепродуктами на растительные сообщества в естественных условиях, в результате которых показано, что сохранение напочвенного покрова определяется глубиной проникновения нефти в почву, а так же глубиной размещения в почве органов вегетативного размножения растений [117-120]. Б.Е. Чижов, В.А. Долингер, А.И. Захаров, Г.А. Гаркунов установили, что при уровне загрязнения 1,5 л/м² нефть проникает в лесную подстилку на глубину не более 2 см, что вызывает гибель лишайников (Lichenes), всходов сосны обыкновенной (Pinus sylvestris L.) и кедра сибирского (Pinus sibirica (Du Tour)). Внесение нефти в количестве 5 л/м² приводит к полному замазучиванию лесной подстилки и вызывает гибель не только мхов (Bryophyta) и лишайников (Lichenes), но и кустарничков – брусники (Vaccinium vitis-idaea L.) и черники (Vaccinium myrtillus L.). При дозах 10 и 20 л/м² нефть проникает в почву на глубину до 20 см. Все представители напочвенного покрова испытывают сильное угнетение, сохраняются лишь отдельные особи. Дозы нефти от 50 до $100~\text{п/м}^2$ приводят к отмиранию травяно-мохового покрова более чем на 98%. После воздействия таких доз восстановление на участках не наблюдается в течение как минимум 9 лет [119-121].

Таким образом, в результате нефтяного загрязнения уменьшается число видов растений, общее проективное покрытие видов и продуктивность фитомассы напочвенного покрова, происходит перестройка в видовой структуре живого напочвенного покрова, изменяется соотношение видов и групп растений [122].

1.2.5. Трансформация нефти и нефтепродуктов в почве

В процессе деструкции нефть и нефтепродукты в почве подвергаются влиянию различных факторов, среди которых можно выделить физические (испарение, вымывание), химические (фотолиз, биохимическое разрушение) и биологические (микробное разрушение) [61, 83, 123-130].

Испарение, вымывание и фотоокисление под действием ультрафиолета наиболее эффективны на поверхности почвы и в верхних генетических горизонтах, где воздействию данных факторов подвержены в основном легкие фракции. В толще почвы окисление нефти и нефтепродуктов преимущественно осуществляется за счет действия микроорганизмов и ферментов неорганизменной локализации (биохимическое разрушение) [61].

Растворимость нефтепродуктов зависит от их углеводородного состава. Так, при прочих равных условиях наибольшей растворимостью обладают углеводороды с меньшей молекулярной массой, т.е. с меньшим числом углеродных атомов [123-125].

Основной механизм окисления углеводородов разных классов в аэробной среде основан на внедрение кислорода в молекулу, замене связей с малой энергией разрыва (С-С, С-Н) связями с большей энергией [130].

На данный момент наиболее изучены механизмы трансформации алифатических и ароматических углеводородов [125, 131-134]. Структура ароматических углеводородов крайне устойчива, в связи, с чем их разрыв в неизменном виде не возможен [125, 134, 135].

Таким образом, выявлено, что углеводороды в процессе трансформации подвергаются определенным химическим превращениям, среди которых наиболее

распространены реакции гидратации, восстановления, гидролиза, окисления, замещения, присоединения и конденсации [44].

Основные этапы трансформации углеводородов

Процесс деструкции нефтепродуктов условно можно разделить на три этапа, для каждого из которых характерны определенные изменения в составе углеводородов [75, 107, 125, 136].

Согласно данной модели первый этап продолжительностью от 12 до 24 месяцев характеризуется преобладанием процессов испарения, вымывания, фотохимического окисления, а также окисления химическими веществами, поступающими в почву в результате гибели микроорганизмов, на фоне перераспределения углеводородов по почвенному профилю, за счет чего снижается содержание наиболее легких углеводородов. Окислительные процессы приводят к образованию спиртов, простых эфиров и кислот, ненасыщенных алканов. Присутствие большого количества кислородсодержащих соединений свидетельствует об активности деструктивных процессов.

На втором этапе происходит биодеградация высших алканов, циклоалканов и в меньшей мере ароматических углеводородов в результате деятельности углеводородокисляющих микроорганизмов, при этом наблюдается относительное увеличение смолисто-асфальтеновых фракций. Идентификационными маркерами являются: частично или полностью восстановленные арены, оксосоединения, кислоты, сложные эфиры, тиолы.

Третий этап начинается через 48-52 месяца и характеризуется наличием большого количества смолисто-асфальтеновых фракций, при меньшем содержании алканов, циклоалканов и ароматических соединений. Оставшийся битумоид почв представляет собой смешанный субстрат техногенных и сингенетических компонентов. Идентификационными маркерами являются ПАУ во главе с бенз[а]пиреном, сложные алифатические и ароматические эфиры, галогенированные углеводороды, алкил-, арилсульфокислоты.

Таким образом, в процессе трансформации элементный состав нефти изменяется в сторону снижения уровня карбонизации и увеличения доли атомов

О, S, Hal с образованием различных соединений неуглеводородной структуры [137]. Протекающий процесс не является однонаправленным, а снижение содержания различных компонентов нефти происходит неравномерно. Конечными продуктами метаболизма нефти в почве являются СО₂, которая может связываться в карбонаты, вода, кислородные соединения (спирты, кислоты, альдегиды, кетоны), которые частично входят в почвенный гумус, а частично растворяются в воде, и твердые нерастворимые продукты метаболизма [130-131].

1.2.6. Самоочищение почвы от нефти и нефтепродуктов

На скорость самоочищения почвы от нефти и нефтепродуктов влияет исходная концентрация и их тип, а также почвенно-климатические условия. Наиболее быстрое снижение концентрации наблюдается в первые несколько месяцев с момента загрязнения. Это обусловлено в первую очередь процессами испарения легких фракций, физическим выносом с водными потоками, фотохимическим окислением [138-139]. В дальнейшем скорость самоочищения замедляется и зависит в большей степени от активности почвенной микробиоты. Так, например, степень самоочищения от легких нефтепродуктов при исходной концентрации 5 г/кг за 1,5 месяца составляет до 80% [140]. При загрязнении почвы нефтью в количестве 10-40 л/м² убыль за 1 год составила 40-51%, за 2 года — 56-61%. Прогнозируемое самоочищение слоя почвы 0-60 см от нефти до концентрации 500 мг/кг, составленное методом экстраполяции, будет достигнуто через 6 лет после слабого загрязнения, через 11 лет после среднего и через 16 лет после сильного загрязнения [49].

Необходимо отметить, что в условиях России, где долгое время сохраняется пониженный температурный режим естественное самоочищение природных объектов от нефтяного загрязнения — процесс длительный. Здесь, как правило, выделяют три этапа трансформации нефти в почвах:

І этап - от нескольких месяцев до 1,5 лет - физико-химическое разрушение нефти и затем микробиологические процессы (прежде всего разрушаются метановые углеводороды).

II этап - 3-4 года - микробиологические процессы.

III этап - в составе нефти остаются наиболее устойчивые высокомолекулярные соединения и полициклические структуры с 5-6 ядрами.

Таким образом, в основе механизма деградации нефти в почве лежат физические, химические и биологические процессы, интенсивность которых меняется в зависимости от времени, прошедшего с момента загрязнения. Особенностью процесса деградации является разная скорость преобразования отдельных компонентов нефти. Соединения, полученные в результате химических преобразований углеводородов различных классов, включаются в биогеоценотический круговорот и образуют органоминеральные комплексы [88].

При оценке степени воздействия загрязнения НП на почву и экологическое состояние территории в целом не достаточно учитывать лишь концентрацию нефтяных углеводородов в почве, необходимо проводить исследования химических и физических параметров почв, а также биотестирование.

Состояние почвенного микробоценоза, а также определение фитотоксичности почвы считаются одними из наиболее точных и информативных индикаторов нефтяного загрязнения [46, 73, 100, 106, 113, 117, 141, 142].

Таким образом, для получения достоверной и объективной оценки состояния нефтезагрязненных почв и скорости самоочищения почв необходимо проводить комплекс исследований для выявления изменений химических и физических свойств почв, а также оценку влияния загрязненной почвы на живые организмы различных уровней организации.

1.3. Способы и методы борьбы с загрязнением компонентов окружающей среды нефтью и нефтепродуктами

Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами приводит к интенсивной трансформации почвенно-геохимических процессов, происходит засоление,

гудронизация, отакыривание и т.д. [143-145, 147]. В связи с этим, разработка способов очистки почвы от загрязнения углеводородами нефти — одна из важнейших задач при решении проблемы снижения антропогенного воздействия на окружающую среду.

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 [148]. В настоящее время среди, наиболее широко распространенных, методов ликвидации нефтяных загрязнений почвы можно выделить механические, физико-химические и биологические методы.

Все работы, направленные на рекультивацию почв, загрязненных нефтью или НП, классифицируют на категории EX SITU и IN SITU. Технологии EX SITU включают в себя обязательное удаление почвы с определённого участка и последующую транспортировку её на площадку обработки и складирования. Изоляция и последующая обработка загрязненной почвы позволяет применять более сложные и эффективные методы обработки. Вместе с тем, подобные технологии приемлемы больших площадях загрязнения не при труднодоступности участка. Кроме того, изъятие земель вызывает изменение морфологической структуры участка и может привести к нарушению течения поверхностных подземных вод. Технологии INSITUИ непосредственно на месте загрязнения. В настоящей работе основное внимание будет уделено технологиям *IN SITU*.

1.3.1. Механические методы

Механическая очистка предусматривает сбор нефти и нефтепродуктов либо вручную, либо с помощью специальных машин и механизмов. Как правило, на первом этапе данного способа очистки производят локализацию пролитой нефти

путем создания с помощью бульдозера земляного вала около метра высотой. После этого, если позволяют местные условия, рядом с местом разлива нефти оборудуют котлован-отстойник, который устилают нефтенепроницаемой пленкой. Затем из места локализации нефть перекачивают в котлован (который, как правило, обустраивают ниже по уровню места разлива), а из него ее либо отправляют на товарный склад, либо направляют на дальнейшую переработку. Степень механической очистки может достигать 80% [149].

Для отделения нефти от загрязненной почвы могут быть использованы центрифуги, наиболее распространенными из которых в нашей стране являются центрифуги типа ОГШ-132 и ОГШ-502 [150].

Таким образом, механические методы очистки позволяют осуществить сбор загрязненных компонентов окружающей среды, однако не решают проблемы очистки и утилизации самих загрязнений, которые остаются практически в неизменном виде.

1.3.2. Физико-химические методы

Физико-химические методы (диспергирование, гелеобразование, сорбция и др.) применяются для очистки от нефти как самостоятельно, так и в сочетании с способами (например, механическими). Широко используются другими сорбционные методы. В качестве сорбентов применяют природные синтетические адсорбционные материалы органической и неорганической природы. Методы поверхностной очистки от нефтяных загрязнений с помощью сорбентов весьма перспективны, так как эти методы просты в осуществлении, экологически безопасны и позволяют в дальнейшем легко утилизировать собранные нефтепродукты.

Для сорбции нефти и нефтепродуктов могут применяться такие вещества, как: торф, торфяной мох, бурый уголь, кокс, рисовая шелуха, кукурузная лузга, солома, песок, резиновая крошка, активированный уголь, пемза, отходы текстильной промышленности и другие материалы.

Среди обширного класса сорбентов наиболее эффективными для удаления с поверхности органических загрязнителей являются искусственные сорбенты многоразового пользования с высокоразвитой открыто-пористой структурой. К таким материалам относится, например, сорбент, созданный на основе карбамидного олигомера, специальным способом вспененного и превращенного в поропласт с высокоразвитой межфазной поверхностью, который обладает отличными олеофильными свойствами, высокой сорбционной способностью, 1 грамм такого сорбента может поглощать до 60 г нефти и нефтепродуктов; скорость сорбирования зависит от плотности сорбента и вязкости нефтепродукта и составляет от нескольких минут до 1-2 часов. Сорбент позволяет путем отжима извлекать до 97 % собранного нефтепродукта с целью его дальнейшей утилизации [151-153].

К минеральным сорбентам относятся перлит, вермикулит, цеолит и др. Для улучшения сорбционных свойств, как правило, их модифицируют. Так, обработанный кремнийорганическими соединениями перлит эффективно собирает нефть в концентрации от 6 до 9 г/кг. По отношению к легким нефтепродуктам сорбционная емкость гидрофобизированного базальтового волокна достигает 50-60 г/кг. Эти сорбенты рекомендовано использовать для ликвидации нефтяных пленок с водных поверхностей [151].

Твердые синтетические полимерные сорбенты (пенополиуретан, различные смолы) состоят из частиц, содержащих открытые поверхностные поры, которые способны удерживать углеводороды, и закрытые внутренние поры, придающие частицам хорошую плавучесть. Такие сорбенты не поглощают воду, но способны поглотить 2-5-кратный объем углеводородов [154, 155].

Существуют составы, облегчающие удаление нефти и нефтепродуктов с поверхности водоемов с помощью механических приспособлений, сорбентов или другими способами. Для этого используют собиратели на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые концентрируют и удерживают нефтяную пленку на минимальной площади, увеличивая ее толщину. При нанесении на

нефтяную пленку определенного количества водной эмульсии этого вещества наблюдается сокращение площади нефтяного пятна.

В некоторых случаях нефтяную пленку на водной поверхности собирают путем напыления порошкообразных частиц песка, имеющих размеры 0,01-0,5 мм, и шлаковой пемзы размером 0,05-0,5 мм [156, 157].

Наиболее распространенным и экономически выгодным способом ликвидации нефтяного загрязнения физико-химическим методом является простое сжигание. Однако этот способ неэффективен и вреден: во-первых, сжигание возможно, если нефть лежит на поверхности густым слоем или собрана в накопители, пропитанные ею почва или грунт гореть не будут; а во-вторых, на месте сожженных нефтепродуктов продуктивность почв, как правило, не восстанавливается, и среди продуктов сгорания, остающихся на месте или рассеянных в окружающей среде, появляется много токсичных, в частности канцерогенных веществ [158].

Очистка почв и грунтов в специальных установках путем пиролиза или экстракции паром оказалась дорогостоящей и малоэффективной для больших объемов грунта. Требуются 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 [159].

Говоря о процессах восстановления нефтезагрязненных почвенных экосистем, многие исследователи (Т.П. Славина, М.И. Кахаткина, Н.А. Сорокин, С.О. Урсегов и др.) обращают внимание на то, что обычные мероприятия по рекультивации имеют ряд недостатков - не всегда способствуют восстановлению почв и растительности и часто сами наносят долговременный вред окружающей среде [160-161]. Землевание замедляет процессы разложения нефти. Вывоз загрязненного слоя создает новые очаги вторичного загрязнения. Исследования показывают [161], что при сжигании нефти сроки естественного восстановления нефтезагрязненных почв значительно увеличиваются, происходит образование

ПАУ, обладающих канцерогенными свойствами, следовательно, увеличивается токсичность почв, затормаживается восстановление всех блоков экосистемы.

К сожалению, до настоящего времени не существует достаточно фундаментального научного обоснования рекультивации нефтезагрязненных земель. Поэтому ликвидация последствий нефтяных разливов в большинстве случаев проводится совершенно неприемлемыми устаревшими методами - выжиганием нефтезагрязненной земли, землеванием песком, транспортировкой загрязненной земли в отвалы, что способствует вторичному загрязнению окружающей среды. Для максимального уменьшения неблагоприятного воздействия необходимо знание законов трансформации загрязненных экосистем и загрязняющих веществ, прогноз их изменения во времени.

Процесс удаления разлитой нефти и нефтепродуктов сорбционными методами часто требует довольно сложной технологии как для подготовки загрязненного участка, так и для самого процесса рекультивации. Стратегия очистки нефтезагрязненной почвы зависит от количества нефти попавшей на данную местность в результате разлива, от ландшафтно-географической зоны, в которой произошел разлив, и от того, какие средства доступны для ликвидации нефтяного загрязнения.

1.3.3. Биологические методы

Разложение нефти в почве естественных условиях -В процесс биогеохимический, В котором решающее значение главное имеет функциональная активность почвенных микроорганизмов, комплекса обеспечивающих полную минерализацию нефти И нефтепродуктов ДО углекислого газа и воды [144].

Н.М. Исмаилов и Ю.И. Пиковский определяют биологическое очищение и восстановление почвенных экосистем, загрязненных нефтью и нефтепродуктами как стадийный 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 природно-климатическими условиями [26, 144].

В результате исследований, проведенных в Институте экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН в различных ландшафтно-географических зонах, было выделено три основных этапа в процессах биологического очищения нефтезагрязненных земель [144].

Первый этап длится примерно 1-1,5 года. На данном этапе нефть испытывает, в основном, физико-химические превращения, включающие распределение нефтяных углеводородов по почвенному профилю, их испарение и вымывание, изменение под действием ультрафиолетового облучения и некоторые другие. В результате этих процессов через три месяца в почве остается не более 20% нефти. Вышеупомянутым процессам подвержены практически все гомологические и изологические ряды углеводородов нефти [144].

Микробиологические исследования показали, что в первые дни после попадания нефти в почву почвенная биота значительно подавлена. В этот период почвенный биоценоз стремится адаптироваться к изменившимся условиям среды. Однако после трех месяцев инкубации нефти в почве микробиологические процессы становятся доминирующими в преобразовании нефти, хотя доля химического окисления в это время может достигать 50 % от всей совокупности окислительных процессов [144].

Второй этап длится 3-4 года. К этому времени количество остаточной нефти в почве снижается до 8-10% от исходного уровня. Этот период характеризуется возросшим количеством углеводородов метанонафтеновой фракции и снижением доли нафтеноароматических углеводородов и смол. Указанные изменения могут быть объяснены процессами частичной микробиологической деструкции сложных молекул смолисто-асфальтенового ряда, а также образованием новых алифатических соединений за счет перестройки моно- и бициклических соединений нафтеноароматического ряда [144].

Биологические исследования почв второго этапа показали вспышку численности микроорганизмов. Этот этап характеризуется наибольшим

увеличением количества грибов, спорообразующих и неспоровых бактерий. Источником питания этих групп микроорганизмов являются метанонафтеновые и ароматические углеводороды. Причем активность и разнообразие состава микрофлоры стимулируются удлинением цепи алканов [162-165].

Время начала третьего этапа определяется по исчезновению в остаточной нефти исходных и вторично образованных парафиновых углеводородов. Под термином «вторично образованные углеводороды» подразумеваются структуры гомологического ряда метана, образованные в процессе деградации более сложных соединений нефти.

Ранее предполагалось, что микроорганизмы, способные разлагать использовать углеводороды нефти и нефтепродуктов, встречаются только там, где расположены нефтепромыслы, нефтехранилища или нефтепроводы, однако, микроорганизмы-нефтедеструкторы согласно современным данным, распространены в природе очень широко и могут быть выделены из любой почвы, осадочных пород, морской и речной воды [163, 165, 166]. Микроорганизмы, использующие углеводороды нефти, являются главным образом аэробными, т.е. они минерализуют нефтяные углеводороды только в присутствии кислорода воздуха. Окисление углеводородов осуществляется оксигеназами (ферменты, осуществляющие включение кислорода концевую В метальную Промежуточными углеводорода). продуктами при распаде являются спирты, альдегиды, жирные кислоты, которые затем окисляются до СО2 и Н₂О [166].

Эти гетеротрофные микроорганизмы могут усваивать разнообразные органические соединения - углеводы, белки, жиры и пр. Численность микроорганизмов-нефтедеструкторов в естественных биоценозах в немалой степени определяется климатическими условиями, типом почв, степенью их обработки, глубиной залегания грунтовых вод [163, 165, 166].

В биодеградации нефти в почве также важное место занимают грибы, водоросли и бактерии. Низкие дозы загрязнения незначительно снижают

количество плесневых грибов. Увеличение концентрации нефти приводит к возрастанию их численности [162].

Способность окислять углеводороды нефти обнаружена у многочисленных видов бактерий и грибов, принадлежащих к следующим родам: бактерии -Acinetobacter, Acremonium, Arthrobacter, Acaligenes, Aeromonas, Bacillus, Bacterium, Brevibacterium, Beijerinckia, Burholderia, Citrobacter, Chromobacterium, Holobacterium, Clostridium. Comamonas. Corynebacterium, Flavobacte-rium, Gliocladium, Gluconobacter, Gordona, Klebsiella, Leuco-thrix. Micrococcus, Micromonospora, Mycobacterium, Nocardia, Proteus, Pseu-domonas, Rhodococcus, Streptomyces, Serratia, Spirillum, Sphaerotilus, Xan-thomonas; и грибы - Aspergillus, Aureobasidium, Debaryomyces, Candida, Metcshnikova, Penicillum, Trichoderma, Gliocladium, Rhodotorula, Torulopsis, Trichosporon, Cryptococcus, Sporobolomyces и некоторые другие [162].

Поскольку естественный процесс минерализации нефти достаточно длителен, возникает необходимость проведения мероприятий, которые могли бы ускорить данный процесс. Следовательно, рекультивация почв должна заключаться в интенсификации процессов естественного очищения почвы, активизации регенерации наиболее продуктивных биоценозов [167-168], что достигается проведением поэтапной рекультивации нефтезагрязненных почв:

I этап – Технический: агротехнические методы, улучшающие аэрацию почвы (рыхление, вспашка, дискование), регулирование водного режима и щелочно-кислотных условий;

II этап – Биологический:

– Биоремедиация - метод очистки грунтов с использованием биологических агентов: микроорганизмов, грибов, червей и других организмов.

В свою очередь, биоремедиация в настоящее время применяется, главным образом, с помощью двух подходов: внесением удобрений и добавок, способствующих интенсивному развитию аборигенной почвенной микрофлоры, способствующих разложению нефти, или же внесению в нефтезагрязненную почву бактериальных препаратов, представляющих собой один или несколько

активных штаммов-деструкторов, активно минерализующих углеводороды нефти [147, 163, 165, 168-171].

В качестве первого подхода для эффективной работы микроорганизмов, способных использовать углеводороды нефти в качестве питания, в нефтезагрязненный грунт вносятся: азот, фосфор, калий, магний, различные микроэлементы, кислород для дыхания и определенная влажность, без которой микроорганизмы также развиваться не могут.

Что касается диапазона значений рН, при котором функционируют микроорганизмы, он достаточно широк: от 3,5 до 11. Нефтеокисляющие микроорганизмы могут функционировать как в пресной, так и в соленой воде, хотя при 10-20% солености скорость биодеградации снижается [172].

Температура - важный фактор, определяющий, при прочих равных условиях, интенсивность микробиологического разложения нефти и нефтепродуктов. Оптимальной температурой для разложения нефти и нефтепродуктов в почве является 20-37 °C [144, 173].

Поддержание почвы BO влажном состоянии является ОДНИМ ИЗ агротехнических приемов управления её биологической активностью и оказывает эффективное воздействие на темпы разложения нефти и нефтепродуктов. Улучшение водного режима обусловливает улучшение агротехнических свойств почв, В частности, влияет на подвижность питательных веществ, микробиологическую деятельность и активность биологических процессов [170-171].

Применение метода биоремедиации вторым подходом, осуществляется путем добавления культур микроорганизмов-деструкторов углеводородов нефти к естественной ассоциации микроорганизмов. В качестве активных штаммов-деструкторов нефти и нефтепродуктов для создания на их основе биопрепаратов использовали микробы, выделенные из вероятных ареалов их распространения - загрязненных нефтепродуктами почв, отобранных из различных климатических районов. Из выделенных микроорганизмов-деструкторов нефти были выбраны наиболее активные, которые в дальнейшем послужили основой при создании

бактериального препарата. Действующим началом его является искусственно подобранная ассоциация живых микроорганизмов, относящихся порой к различным таксономическим группам и имеющих различные типы метаболизма. Препарат также включает необходимые питательные вещества, стимуляторы ферментативной деятельности входящих в его состав штаммов микроорганизмов и сорбент, обладающий высокой сорбционной емкостью [174].

Первые бактериальные препараты, изготовленные на основе активных штаммов-деструкторов углеводородов нефти, состояли, как правило, из одного вида микроорганизмов. Однако в дальнейшем было показано, что один микроорганизм не может использовать весь спектр углеводородов нефти. В связи с этим стали разрабатываться бактериальные препараты, состоящие из двух и более видов микроорганизмов-деструкторов [175].

Одним из первых отечественных бакпрепаратов, созданных для борьбы с нефтяными загрязнениями, был коммерческий препарат «Путидойл». Основу данного препарата составляли природный штамм Pseudomonas putida-36 и минеральное удобрение нитроаммофоска [176]. В дальнейшем был разработан ряд различных бакпрепаратов для очистки почвы и воды от углеводородов нефти и нефтепродуктов [177].

А.З. Гарейшина с коллегами [178] предлагает при невысоком уровне загрязнения активизировать собственную микрофлору нефтезагрязненной почвы, а в случае сильного загрязнения использовать бактериальные препараты. Осуществление обоих подходов предусматривает рыхление почвы с целью улучшения аэрации, внесение питательных веществ для жизнедеятельности микроорганизмов, а также биостимулятора. Биостимулятор способствует повышению энергетического потенциала микробных клеток в экстремальных условиях.

Кроме того, для эффективной деградации нефтепродуктов предлагается стимулирование местного почвенного микробного ценоза путем внесения удобрений на поверхности сорбционного материала, который пропитывается перед его использованием минеральными соединениями и

углеводородокисляющими культурами. Внесение такого сорбента в загрязненную почву способствует активизации разложения нефти за счет органоминеральных компонентов сорбента и входящих в его состав групп углеводородокисляющей микрофлоры. Скорость деструкции нефти при использовании сорбента ускоряется в 3-5 раз по сравнению с известными способами рекультивации, когда микробиологические препараты, минеральные удобрения и сорбенты вносятся отдельно [180].

Однако применение метода биоремедиации представляет особую трудность в условиях Крайнего Севера, где пролитая на почву нефть может сохраняться в течение 20 и более лет [179]. Многие традиционные подходы, разработанные для зон северной и южной тайги, черноземной полосы и более южных районов, достаточно успешно применяются для борьбы с нефтяными загрязнениями, однако в условиях болотистой тундры и лесотундры они практически не применимы. Почвы северных районов отличаются низкими значениями рН, маломощным органогенным слоем, низкими скоростями микробиологической деструкции органического вещества.

 Фитомелиорация – комплекс мероприятий по улучшению условий природной среды путем культивирования или поддержания естественных растительных сообществ.

Завершающей стадией биологического метода очистки нефтезагрязненной почвы является фитомелиорация, которая заключается в посеве растений, устойчивых к загрязнению почвы нефтью и нефтепродуктами, что обеспечивает интенсификацию процессов биологической деструкции углеводородов нефти за счёт благоприятных условий, создаваемых в ризосфере. В составе корневых экссудатов наряду с прочими присутствует сапонин, увеличивающий биодоступность углеводородов для микроорганизмов, и оксидоредуктазы, участвующие в разложении углеводородов [181].

Большинство авторов считает, что фитомелиоративный метод должен применяться лишь на завершающем этапе рекультивации нефтезагрязненных

почв и ни в коем случае не исключает применение других методов. Для повышения устойчивости травяного покрытия на участке проведения фитомелиорации рекомендуют введение дикорастущих видов местной флоры, которые в последующем полностью заменят использованные в травосмеси культурные сорта [80, 182].

По результатам исследований, проведённых в различных регионах, для фитомелиорации рекомендованы следующие виды дикорастущих и сорта культурных растений: овсяница красная и луговая, тимофеевка луговая, мятлик луговой, костер безостый, райграсс пастбищный, крестовник скученный, лисохвост луговой, дягиль лекарственный, бархатцы прямостоячие, рожь озимая, овес, овсюг, донник, рапс, сурепица, люцерна, свербига, козлятник, кукуруза, подсолнечник, вика, клевер, суданская трава [101-103, 108-109, 114-116, 181].

В результате полевых исследований на территории Свердловской области установлено, что наибольшей устойчивостью к загрязнению нефтепродуктами отличается овес луговой (Avena sativa (L.)) [183, 184].

Таким образом, для успешного восстановления загрязненных необходим комплексный подход, включающий в себя как мероприятия технического этапа рекультивации (особенно при высокой дозе загрязнения, где технический этап необходим), так и биологического этапа, на завершающей стадии которого производят посев устойчивых растений местной флоры. На первом этапе проводят инженерно-технические и агрохимические мероприятия (удаление нефти, последующее рыхление и увлажнение почвы). Второй этап – биологический предусматривает активизацию жизнедеятельности углеводородокисляющей микробиоты. Третий, заключительный этап, направлен на восстановление растительного покрова методом посева устойчивых к нефтепродуктам трав. Критерием окончания работ по ремедиации является такое содержание остаточной нефти, при которой возможен начальный рост растений [185].

Используя комплекс агротехнических и микробиологических приемов, возможно за относительно короткий период времени (1-1,5 года) в умеренных

климатических условиях осуществить эффективную рекультивацию почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. В разных почвенно-климатических зонах же длительность всего процесса трансформации нефти различна и может составлять: от нескольких месяцев до нескольких десятков лет.

Тем самым, указанные биологические методы очистки почв в последние годы становятся наиболее часто применяемыми при очистке загрязненных нефтью и нефтепродуктами почв. Так, среди современных и актуальных методов биологической очистки выделяются следующие работы [186].

Способ рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами (Патент RU 2421291, МПК B09C1/10, C12N1/26), включает в себя поэтапное выполнение цикла восстановительных работ в две стадии с фитомелиоративной обработкой [186]. На первой стадии в почвенный покров вносят комплексную суспензию ИЗ микромицета Phoma eupyrena И сельскохозяйственного биопрепарата Альбит, полученного на основе гидролизата бактерий Pseudomonas aureofaciens BKMB - 1973Д и гидролизата бактерий Bacillus megaterium, а на биологической обработки второй стадии В почвенный покров вносят комплексную суспензию из микромицета Cephaliophora tropica и упомянутого сельскохозяйственного препарата Альбит.

Способ очистки почвы от загрязнений нефтью и нефтепродуктами (Патент RU 2191643, МПК B09C1/10,C12N1/20, C12N1/20, C12R1/01), предусматривает введение загрязненную среду суспензии биопрепарата, содержащего нефтеокисляющие бактерии, с предварительной подготовкой и активацией биопрепарата путем барботирования его водной суспензии воздухом в течение 1,5-2,5 В биопрепарата [186]. качестве используют консорциум нефтеокисляющих микроорганизмов Pseudomonas putida ПИ Ко-1, Pseudomonas fluorescens ПИ-896, Micrococcus sp. ПИ Ky-1, Burkholderia caryophylli Jap-3, Serratia odorifera Jap-1.

Однако необходимо отметить, что применение данных способов связано с определенными недостатками, а именно высокая стоимость используемых комплексных суспензий и биопрепаратов, основой которых являются специально выведенные микроорганизмы, и применение которых требует создания определенных условий, обеспечивающих их наибольшую эффективность (температура, рН, источники фосфора и азота) при этом применение указанных способов связано с необходимостью предварительной подготовки биопрепаратов.

Кроме того, на сегодняшний день установлено, что неконтролируемое внесение в открытые экосистемы искусственных микробных популяций, зачастую неизвестного состава, может представлять значительную опасность как для функционирования почвенных биоценозов, так и для здоровья людей, занятых в технологическом процессе, ведь нередко такие микроорганизмы оказываются токсичными, токсигенными или фитопатогенными, а в некоторых случаях препятствуют восстановлению первоначального микробного сообщества в почве после проведения мероприятий по обезвреживанию загрязнений [187].

B связи указанными недостатками биоремедиации методов нефтезагрязненных почв, основанных на внесении в состав почв искусственно нефтеокисляющих микроорганизмов, наиболее развитых перспективными становятся методы, основанные на развитии аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры, осуществляющиеся внесением в состав почв удобрений, которые зачастую наносятся на поверхность сорбирующего материала. При этом популярность приобретает органических структурообразующих поиск субстратов, имеющих высокую сорбционную емкость и являющихся отходами производства и потребления, поскольку применение подобных субстратов позволит параллельно решать проблему очистки нефтезагрязненных почв и проблему складирования отходов производства и потребления.

Так, среди современных разработок известен способ биоремедиации нефтезагрязненных почв [188], основанный на применении органических компонентов отходов пивоварения, которые оказывают комплексное воздействие на почву и ее микробиоту, а также на загрязняющие вещества. Метод заключается в использовании пивных органических компонентов отходов пивоваренной оказывают промышленности (пивной дробины), которые комплексное воздействие физико-химические загрязненную почву: улучшают на

характеристики почвы; ускоряют процесс удаления загрязняющих веществ за счет внесения углеводородокисляющих микроорганизмов и стимулирования активности аборигенных микроорганизмов почвы. Дополнительные преимущества предложенной технологии биоремедиации загрязненных почв заключаются в том, что органические компоненты отходов пивоварения не содержат токсичных веществ, патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов.

Однако применение указанного способа затрудняет использование пивных органических компонентов отходов пивоваренной промышленности (пивной дробины), которые являются на сегодняшний день труднодоступным материалом, в результате изменения технологии пивного производства на многих заводах [189].

Среди иных органических отходов производства и потребления, широко распространенных на территории Российской Федерации, можно выделить отходы распиловки и строгания древесины. Однако исследования по применению указанных отходов в целях рекультивации нефтезагрязненных почв отсутствуют. В связи с чем, исследования по использованию отходов распиловки и строгания древесины для биоремедиации нефтезагрязненных почв, являются актуальными и перспективными, а также представляют большую значимость в связи с проблемами, связанными со складированием и размещением указанных отходов.

В целом, можно заключить, восстановление загрязненных нефтью почвенных экосистем - сложный, длительный процесс, требующий строгого научного обоснования. Познание общих законов восстановления земель, путей применения этих законов к конкретным природным условиям и состояниям экосистем - важная задача, имеющая большое значение для сохранения биосферы в целом [144]. Научные исследования по повышению эффективности очистки компонентов окружающей среды от загрязнения нефтью и нефтепродуктами, являются актуальными и имеют большую практическую и экономическую значимость, при этом необходимо уделять особое внимание средствам и материалам, применяемым при рекультивации нефтезагрязненных почв.

ГЛАВА 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГИОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Краткая характеристика Уральского федерального округа

Уральский федеральный округ (УФО) образован 13 мая 2000 года, в состав УФО входят 6 субъектов Российской Федерации (рисунок 8): 4 области (Свердловская, Челябинская, Курганская, Тюменская) и 2 автономных округа, входящих в состав Тюменской области (Ханты-Мансийский - Югра, Ямало-Ненецкий). Общая площадь территории УФО составляет 1788,9 тыс. км², что равняется почти 11 % площади Российской Федерации (РФ) [190].

На территории УФО проживают более 20 народностей, из них около 80% — русские, до 10% составляет татаро-башкирское население. Проживает треть малочисленных народов Севера России, в их числе 23 тыс. ненцев, 20 тыс. ханты, 7 тыс. манси и 1600 селькупов. Плотность населения Уральского федерального округа составляет 7 чел./км². Данный показатель меньше только в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Наибольшей плотностью населения отличается центральная и южная части федерального округа, где плотность достигает 42 чел./км². Такое положение дел объясняется особенностями географического положения регионов и структурой их промышленного производства. При этом 80% населения проживают в городах. Наиболее высокой степенью урбанизации характеризуются Свердловская и Челябинская области. Высокий уровень образования населения и его квалификации, благодаря сосредоточию на Урале крупных научных центров, высших учебных заведений, обеспечивает достаточные предпосылки для экономического роста с опорой на инновации [190, 191].

УФО имеет выгодное экономико-географическое положение на стыке двух частей света — Европы и Азии, различных по своим природным и экономическим условиям [191], что делает его одним из наиболее богатых минерально-сырьевых регионов РФ. Стоимость запасов природных ресурсов в нем, приходящихся на единицу площади, на порядок выше, чем в среднем по РФ.



Рисунок 8 – Состав Уральского федерального округа

Территория УФО вытянута в меридианном направлении более чем на 2 тысячи километров. Климатические характеристики Урала определяются его расположением на пути движения теплых насыщенных влагой воздушных масс с запада. Поэтому восточные районы Русской равнины и западные предгорья Урала характеризуются высоким увлажнением, тогда как в Зауралье осадков выпадает сравнительно мало [192].

В пределах восточной части Русской равнины наблюдается зональная смена ландшафтов. Здесь выделяются зоны тундры, тайги, смешанных лесов, лесостепи и степи с отчетливыми подзонами. В прилегающих к Уралу частях Западно-Сибирской равнины господствуют ландшафты тайги и лесостепи с высокой

степенью заболоченности территории. Собственно Урал подразделяется на Полярный Урал, Приполярный, Северный, Средний и Южный. Несмотря на сравнительно небольшие высоты, для Урала характерна ярко выраженная высотная поясность – к преобладающим типам ландшафтов относятся горная степь, горная лесостепь, горные леса, горные тундры и гольцы.

Рельеф УФО в большинстве своем представлен горными и равнинными территориями. Равнинная часть почти на 90% лежит в пределах высот до 100 метров над уровнем моря. Горная система между Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнинами - Уральские горы. Длина более 2000 (с Пай-Хоем и Мугоджарами - более 2600) км, ширина от 40 до 150 км [191].

Из-за особенности и протяженности УФО климат на его территории различный. На севере УФО климат субарктический и арктический, с прохладным летом и очень холодной зимой, ежегодно осадков выпадает от 300 до 500 мм. На большей части территории УФО природные условия не благоприятны для хозяйственной деятельности и являются самым значительным недостатком экономико-географического положения УрФО [192].

Самые значительные недостатки экономико-географического положения - удаленность главных экономических центров округа от основных морских портов России (по существующим железнодорожным магистралям от Екатеринбурга до Санкт-Петербурга и Архангельска - около 3000 км, до Владивостока - около 6000 км); суровые природные условия на большей части территории округа, существенно затрудняющие хозяйственное развитие; слабая транспортная освоенность северо-восточной части округа, где даже административные центры субъектов РФ Салехард и Ханты-Мансийск не имеют связи с сетью железных дорог страны. Доля округа в валовом региональном продукте (ВРП) страны вдвое больше, чем доля в населении [191].

Климат в Курганской области и в Ямало-Ненецком автономном округе резко континентальный, в остальных областях и в Ханты-Мансийском автономном округе континентальный [192].

В Курганской, Свердловской и Челябинской областях средняя температура

января от -16 до -20 °C, средняя температура июля от +17 до +20 °C. Ежегодно осадков выпадает от 300 мм (в Челябинской области, в горах - 600 мм) до 500 мм (на севере Свердловской области, в горах - 600 мм). На севере Тюменской области, в Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах зима длится 8-10 месяцев, средняя температура января от -18 до -29°C, июля от +4 до +17°C, широко распространена многолетняя мерзлота. Осадков выпадает от 200 до 600 мм в год. Абсолютный минимум температуры на Ямале -63°C. [190, 192].

Значительная часть округа отличается экстремальными природно-климатическими условиями: 90% Тюменской области относится к районам Крайнего Севера или приравненным к ним. Здесь встречаются различные природно-климатические зоны: арктическая тундра на Крайнем Севере сменяется южнее типичной тундрой и лесотундрой, затем тайгой, лесостепью и степью на юге [190, 192, 193].

Сельскохозяйственные угодья сосредоточены в наиболее благоприятной для сельского хозяйства Курганской и южной части Тюменской областей; в северных районах они представлены в основном пастбищами и сенокосами. Климатические условия юга позволяют выращивать зерно, картофель, основной набор овощей, грубые и сочные корма [193].

Лесной комплекс Уральского федерального округа, включая лесное хозяйство, лесозаготовительную деятельность и перерабатывающие производства, объективно претендует на важное место в экономике округа, особенно в условиях ее диверсификации [194].

Уральский федеральный округ располагает значительными лесосырьевыми ресурсами. Общий запас древесины в лесном фонде страны составляет 8 млрд. куб. метров (9,7 процента запаса лесов в Российской Федерации). При этом около 40 % территории округа по лесному районированию относится к районам притундровых лесов и редкостойной тайги, то есть к районам с низкопродуктивными насаждениями [194].

Запас древесины в спелых и перестойных насаждениях составляет почти 4 млрд. куб. метров, или 50 % общих запасов древесины. Запасы древесины

хвойных пород оцениваются в 2,6 млрд. куб. метров. Доля хвойных пород древесины в спелых и перестойных насаждениях составляет 65 %. Доля спелых и перестойных насаждений в Ханты-Мансийском автономном округе - Югре составляет 64,3 %, в Ямало-Ненецком автономном округе - 55,9 %, в Тюменской области - 56,3 %, в Свердловской области - 37 %, в Челябинской области - 16,4 %, а в Курганской области - лишь 6,7 %.

В Уральском федеральном округе выделяются следующие основные породы древесины:

- 1. Хвойные сосна (38,4 %), кедр (16,6 %), ель (10,8 %), лиственница (7,1 %), пихта (0,8 %);
- 2. Лиственные береза (22,2 %), осина (3,9 %).

Прочие лиственные породы составляют 0,2 %. Наиболее ценной в хозяйственном отношении породой является сосна. В богатых лесом Ханты-Мансийском автономном округе - Югре и Свердловской области сосна является преобладающим объектом лесозаготовок [194].

Территория федерального округа отличается развитой сетью полноводных рек, повсеместным распространением озер и обилием подземных вод, местами выходящих на поверхность в виде ключей. Крупнейшие реки - Обь и Иртыш - имеют судоходное значение. Водоемы отличаются сравнительно высокой рыбной продуктивностью и высокоценным составом ихтиофауны. Значительны запасы сиговых и частиковых рыб: сибирского осетра, стерляди, нельмы, щекура, пеляди, ряпушки, муксуна, пыжьяна и сосьвинской селедки [193].

В связи со сложной геологической структурой и зональной сменой ландшафтов на территории УФО сформировались различные типы почв. Большую часть округа занимают преимущественно подзолистые, подзолистоболотные и торфяно-болотные, дерново-подзолистые, а также серые лесные и дерново-луговые, лишь в южных частях Челябинской и Курганской областей распространены плодородные черноземы и черноземовидные почвы [192]. На пологих горных склонах - подзолистые горные и дерново-подзолистые горные почвы, выше горно-луговые и горно-тундровые. Распространены горнолесные

бурые почвы, встречаются псевдоподзолистые горные почвы, формирующиеся на магнезиальных породах, и дерново-карбонатные (на юго-западе области) [192].

Большая часть растительности в Северной области относится к лесной зоне; на юго-западе - Лесостепь. В горах (особенно на севере) высотная поясность. Лес (на половину хвойный) занимает 80% территории. В горной части преобладает темнохвойная тайга (ель). На севере Зауралья произрастают сосновые леса, по низинам - еловая тайга с примесью кедра, южнее находится полоса осиновоберезовых лесов и травяных сосновых боров. В Предуралье - острова лесостепи и широколиственные леса [192].

Животный мир в Северной области округа разнообразный, типично таежный: обитают белка, куница, заяц-беляк, лисица, лось, соболь; из птиц водятся рябчик, белая куропатка, тетерев [192].

Сложная геологическая структура УФО обусловила исключительные богатства и многообразие его ресурсов, а длительные процессы разрушения Уральской горной системы обнажили эти богатства и сделали их более доступными для эксплуатации. Запасы металлов и химического сырья УФО являются стратегическими для РФ. Здесь открыто около 1000 минералов, более 12 тыс. месторождений полезных ископаемых. Округ занимает первое место в РФ по асбеста, запасам бокситов, хромитов, платины, калия, магнезитов магнезиальных солей, запасы которых составляют от 65 до 100% всех запасов страны, кроме того значительны запасы железных, медных и никель-кобальтовых руд, нефти, газового конденсата, природного газа [193].

Степень концентрации промышленного производства на Урале в четыре раза выше, чем в среднем по РФ. Промышленность представлена топливной промышленностью, машиностроением, черной и цветной металлургией. Данные отрасли являются основой экономики округа, сохраняющей сырьевую направленность [193]. Природные ресурсы УФО – это 68 % российских запасов нефти, 90% запасов природного газа, 14% железной руд и др. (таблица 4).

Основой экономики УФО является топливно-энергетический комплекс, основанный на богатейших в РФ запасах нефти и газа.

Таблица 4 - Запасы основных полезных ископаемых на территории Уральского федерального округа, в % от имеющихся в России.

Полезные ископаемые	Запасы (%) от России
Газ	90%
Нефть	68%
Марганец	27%
Железо	14%
Золото	8%
Медь	8%

Значительные лесные ресурсы региона образуют лесопромышленный комплекс УрФО. В Свердловской области расположены важнейшие центры лесной, деревообрабатывающей (Серов, Североуральск, Верхотурье) и целлюлозно-бумажной промышленности (Новая Ляля). Налажено производство пиломатериалов, древесностружечных плит, фанеры клеенной, деревянных домов заводского изготовления, теплоизоляционных, отделочных и других материалов, изделий из древесины, мебели. Переработка леса осуществляется в городах Тюмень, Салехард, Тобольск, Сургут, Нижневартовск.

По геологическим запасам нефти Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция занимает второе место в мире после уникального бассейна в районе Персидского залива [193]. Запасы нефти и газа таких месторождений, как Уренгой, Ямбург, Медвежье, Сургут, Нижневартовск выводят УФО в число мировых лидеров (рисунок 9), несмотря на то, что в округе создана мощная нефтеперерабатывающая промышленность, многие крупные месторождения нефти уже в значительной степени выработаны.

Транспортное значение УФО определяется его ролью связующего и распределительного узла между западной и восточной частями РФ.

В регионе преобладает железнодорожный транспорт, имеющий как внутрирайонное, так и транзитное значение. По территории округа проходит Транссибирская магистраль. Грузонапряженность на отдельных железнодорожных и автомобильных магистралях района в 3-4 раза выше средней по стране. Эксплуатационная протяженность железных дорог более 4,7 тыс. км. По территории округа проходит крупнейшая железнодорожная Транссибирская магистраль [193].

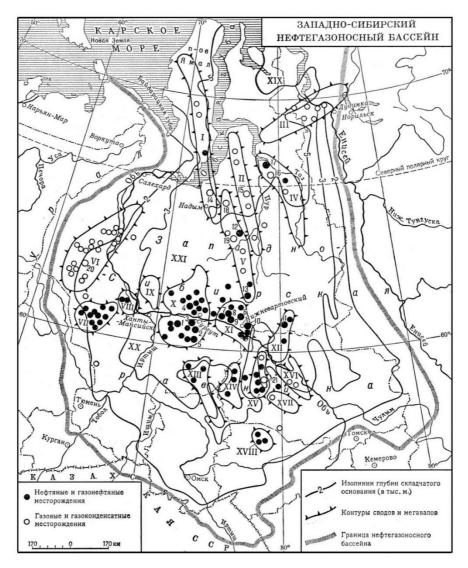


Рисунок 9 — Перечень месторождений углеводородного сырья на территории Западно-Сибирского газоносного бассейна

Разветвленная сеть нефте- и газопроводов связывает УФО с Западной Сибирью, Средней Азией, Казахстаном и Европейской частью РФ [193]. На территории округа берут начало такие широко известные нефтепроводы, как Нижневартовск – Анжеро-Судженск – Иркутск, Сургут – Полоцк, Нижневартовск – Усть-Балык – Омск, газопроводы Уренгой – Помары – Ужгород, Уренгой – Челябинск [193].

Автомобильный транспорт обслуживает в основном внутренние перевозки грузов, но есть и автомобильные магистрали, связывающие Урал с другими регионами, например автомагистраль, проходящая через Нефтеюганск, Тобольск, Тюмень и другие [193].

По территории федерального округа протекают судоходные реки Обь и

Иртыш и их притоки.

На большей части севера Тюменской области основным видом транспорта является воздушный. Здесь есть только два не связанных между собой участка железной дороги.

В структуре вывоза из Уральского федерального округа основные позиции занимают нефть и газ, а так же продукция металлургии, машиностроения, химико-лесного комплекса; ввозятся товары легкой, пищевой промышленности, медикаменты, машины и оборудование, руды и концентраты. По объему экспорта Уральский федеральный округ превосходит все остальные округа. Особенно выделяется по этому показателю Тюменская область [193].

2.2. Краткая характеристика Свердловской области

Свердловская область образована в 1934 году, на сегодняшний день это крупная экономически развитая территория Российской Федерации с высоким уровнем деловой, культурной и общественной активности [195].

Экономико-географическое положение. Свердловская область находится внутри Евразийского континента на стыке двух частей света - Европы и Азии, в пределах Уральского горного хребта — Северного и Среднего Урала, а также Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин. Протяженность территории с запада на восток — около 560 км, с севера на юг — около 660 км. Площадь территории Свердловской области составляет 194,3 тыс. км². По состоянию на 01.01.2014. общая численность населения Свердловской области составила 4 320,68 тыс. человек. Средняя плотность населения области составляет 22,2 чел./км² [195].

На территории Свердловской области образовано 94 муниципальных образования: 70 городских округов, 5 муниципальных районов, 3 городских поселения и 16 сельских поселений [195].

Природные ресурсы. Свердловская область относится к числу старейших горнодобывающих регионов России, является одним из крупнейших в России

регионов по величине разведанных и прогнозируемых запасов полезных ископаемых. Это предопределило интенсивное развитие таких видов экономической деятельности как черная и цветная металлургия, строительство, химическое производство, добыча полезных ископаемых, включая золотодобычу. По Всероссийского научно-исследовательского оценкам геологического института имени Карпинского, ценность недр Свердловской области составляет 9,5 % от общей стоимости недр Российской Федерации в целом и около 30 % от общей стоимости недр Уральского региона. По удельной ценности недр (на км²) область имеет самый высокий показатель в Российской Федерации [195, 196].

Климат. Свердловская область представлена разнообразными природными условиями, на относительно небольшой площади области (19430,3 тыс. га) проходят границы между холодным и умеренным термическими поясами, между тайгой и лесостепью, между горами и равниной. В то время как северные районы области лежат в пределах северной тайги, самые южные ее районы находятся в лесостепной зоне. Через территорию Свердловской области проходят шесть природно-климатических подзон: северная, средняя и южная тайга, а также подтаежная, предлесостепная и лесостепная. В меридиональном направлении описываемую территорию пересекает одна горная область [197].

Свердловская область, охватывающая и горные, и равнинные области, в климатическом отношении весьма неоднородна. Относительно низкая среднегодовая температура воздуха (0,4-0,8°С) и значительная разница между средней температурой наиболее холодного месяца января и наиболее теплого - июля характеризуют климат области как умеренно холодный с ясно выраженной континентальностью. По обеспеченности влагой северные и западные районы относятся к зоне достаточного увлажнения, южные и юго-восточные - неустойчивого увлажнения [198-201].

Гидрологические условия. Территория Свердловской области относится к бассейнам 7 основных рек: Тавда, Тура, Пышма, Исеть, Чусовая, Уфа. Гидрографическая сеть включает 18 414 рек общей протяженностью более 68,0 тыс. км, в том числе 1 027 рек длиной от 10 до 200 километров общей

протяженностью 8,15 тыс. км [195, 196].

Общий рисунок речной сети бассейна р. Кама отличается сложностью, что связано с разнообразием форм рельефа, особенностями геологической истории и литологического строения территории [195, 202, 203]. В бассейне Тобола он более прост. В то время как течение рек бассейна Камы имеет разнообразное направление, почти все основные реки бассейна Тобола текут с северо-запада на юго-восток. В целом речная сеть в Предуралье и на западном склоне Урала развита значительно лучше, чем на его восточном склоне. Густота речной сети в Предуралье достигает 0,5-0,6 км/км², в Зауралье - 0,3-0,7 км/км² [196, 202, 203]. Характеристика основных рек Свердловской области приводится в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика основных рек Свердловской области

Реки	Площадь	Среднегодовой	Дата	Дата очищения	Дата
	водосбора, км ²	$pacxoд, m^3/c$	вскрытия	от льда	замерзания
Сосьва	4 480	35,2	27.04	30.04	04.11
Лозьва	2 400	19,3	20.04	04.05	14.11
Тура	29 000	107,0	23.04	30.04	05.11
Ница	17 400	49,1	21.04	26.04	31.10
Реж	4 430	11,7	17.04	24.04	11.11
Чусовая	5 820	33,9	17.04	25.04	05.11
Уфа	14 500	37,0	18.04	24.04	14.11

^{*} См.: Водные ресурсы и водное хозяйство Урала, 1977; Ресурсы поверхностных вод СССР, 1973.

Основным источником питания большей части рек являются талые снеговые воды. Дождевые осадки и грунтовые воды играют в питании уральских рек второстепенную роль. Внутригодовое распределение водности следующее: на весну приходится до 60 % стока, на лето - до 20 %, на осень - до 10 %, на зиму - до 10 % [202].

В пределах области имеется большое количество озер, расположенных очень неравномерно. Большое количество озер в пределах восточного склона Урала, особенно в средней его части, а также в прилегающей к Уралу Западно-Сибирской низменности. Преобладающая их часть приурочена к плоским водораздельным пространствам; часть озер приурочена к древней гидрографической сети (долинно-русловый тип озер) и является, очевидно, ее реликтами. Размеры озер различные: от мелких блюдец-западин, заполненных водой только в начале лета, до озер, достигающих в поперечнике 10 км и более.

Наиболее крупными являются озера Таватуй, Аятское, Исетское, Пелымский и Вагильский Туман. Дно озер заилено. Весьма ограничено распространение озер в горной части Урала, предгорьях его восточного склона, в Предуралье и предгорьях западного склона Урала [202].

Кроме озер на территории области имеется большое количество искусственных водоемов, прудов, водохранилищ, которые по размерам часто не уступают крупным озерам [202].

Болота на территории области встречаются повсеместно, но их количество и размеры существенно различаются в разных районах. Особенно многочисленны и обширны болота в Северном Зауралье, где сток очень затруднен и климат избыточно увлажнен. Также они широко развиты на севере горного Урала и в Предуралье - в области былого покровного оледенения. Заболоченность на севере области составляет 20-30%, на востоке - 40%, на юге падает до 9%. Заболоченность Предуралья невелика - лишь в бассейнах отдельных рек она составляет 3-5% [202].

Большое влияние на почвообразовательный процесс оказывают грунтовые и подземные воды. За последнее десятилетие резко увеличилось использование подземных вод в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения в связи с загрязнением водоемов области в результате индустриального развития Урала [200, 202].

В целом территория области характеризуется обильными подземными водами. В районе горноскладчатого Урала это трещинные воды - в зоне выветривания, трещинно-жильные - на участках тектонических нарушений, карстовые и трещиннокарстовые - в карбонатных породах. Основным источником питания подземных вод являются инфильтрационные воды от атмосферных осадков. На отдельных участках происходит подпитывание водоносных горизонтов более глубокими напорными водами. В местах развития карста в питании подземных вод часто принимают участие русловые воды [204]. Глубина залегания подземных вод колеблется от 0,5 до 30-40 м. [202].

Растительный покров. Неоднородность рельефа, почв и климата

территории Свердловской области отражается на распределении и видовом составе растительности [205]. На высоких хребтах и увалах Северного Урала выше границы леса поднимается до самых вершин пояс горных тундр с участками гольцов (оголенных россыпей каменистых глыб с выступами скал - останцов). В растительности горных тундр господствуют мхи и лишайники, голубика, брусника, а также кустики карликовой березы, полярной ивы. В подгольцовом поясе, переходном от горного леса к горным тундрам, обычны участки редколесий из угнетенных елей, кедров, лиственниц, прижатых к земле сильными ветрами, криволесий из низкорослой березы, кусты ольхи, можжевельника. На менее каменистых местах среди редколесий встречаются участки горных лугов с высоким травостоем из разнотравья [205-208].

На прилегающих к Уралу равнинах выражены следующие ботаникогеографические зоны: таежная (бореальная), широколиственно-лесная (неморальная), лесостепная. Для таежной зоны характерно преобладание хвойных, преимущественно темнохвойных, лесов из ели сибирской, пихты сибирской и кедра; в ней встречаются сосновые и лиственные леса, а также болота. Луга занимают значительно меньшую площадь [209].

Лесостепная местность сильно распахана, оставлена только часть лесов, сохраненных как полезащитные участки. Общая площадь лесов на территории Свердловской области по государственному лесному реестру по состоянию на 01.01.2014 составляет 16 032,9 тыс. га, или 82,5 % от общей площади Свердловской области. Из общей площади лесов 12 696 тыс. га (83 %) покрыто лесом, в том числе 7 261 тыс. га покрыто хвойными насаждениями. Лесистость Свердловской области составляет 68,6 %, что позволяет отнести Свердловскую область к многолесным районам. Залесенность Свердловской области не везде одинакова: на севере и западе около 75 %, к центру и юго-востоку снижается до 40 %, а в южных лесостепных районах падает до 30 % и ниже [205-206].

Почвы. В составе почвенного покрова Свердловской области выделяется 20 типов почв (Таблица 6) согласно «Классификации почв СССР» (1977) [205].

Таблица 6 – Состав почвенного покрова Свердловской области

Индекс	Наименование	Площадь, га	Участие, %
Пг	Глееподзолистые	750,1	3,9
П3	Сильноподзолистые	1201,6	6,2
П2	Среднеподзолистые	813,2	4,2
П1	Слабоподзолистые	168,4	0,9
Пв	Подзолистые со вторым гумусовым горизонтом	817,8	4,2
Пб	Торфянисто- и торфяно-подзолистые	1088	5,6
$\Pi_3{}^{\mathcal{I}}$	Дерново-сильноподзолистые	1591,4	8,2
$\Pi_2^{\mathcal{A}}$	Дерново-среднеподзолистые	464,8	2,4
$\Pi_1{}^{\mathcal{I}}$	Дерново-слабоподзолистые	646,4	3,3
$\Pi^{ extsf{J}\Pi\Gamma}$	Дерново-подзолистые глееватые и глеевые	181,8	0,9
Дк	Дерново-карбонатные	21,1	0,1
Дг	Дерново- глеевые	213,0	1,1
Л1	Светло-серые лесные	1222,1	6,3
Л2	Серые лесные	671,4	3,5
Л3	Темно-серые лесные	505,8	2,6
Π^{κ}	Серые и темно-серые лесные остаточно-карбонатные	18,6	0,1
Π^{rr}	Серые лесные глеевые и глееватые, в том числе и	236,7	1,2
	осолоделые	ŕ	ŕ
Чоп	Черноземы оподзоленные*	376,9	1,9
ЧВ	Черноземы выщелоченные	67,7	0,3
Чл	Лугово-черноземные	47,6	0,2
Бвт1	Болотные верховые торфяные на мелких торфах	39,7	0,2
Бв ^{т2}	Болотные верховые торфяные на средних и глубоких	1063,2	5,5
	торфах	,	ŕ
Бн ^{Тс}	Болотные низинные торфянисто- и торфяно-глеевые	258,1	1,3
EH^{T1}	Болотные низинные торфяные на мелких торфах	155,4	0,8
Бн ^{Т2}	Болотные низинные торфяные на средних и глубоких	1356,1	7,0
	торфах		
Бл	Лугово-болотные	210,5	1,2
Лг	Луговые, в том числе влажно-луговые	453,9	2,3
A	Аллювиальные	528,3	2,7
Сд	Солоди	25,2	0,1
$C_{\scriptscriptstyle H}^{}$	Солонцы луговые	9,5	< 0,1
ОБ	Почвы оврагов и балок	44,3	0,2
ГЛг	Горные луговые	147,4	0,8
ГΤ	Горные тундровые	57,6	0,3
ГП	Горные подзолистые	1026,8	5,3
ГПд	Горные дерново-подзолистые	672,6	3,5
ГПдгг	Горные дерново-подзолистые глееватые и глеевые	250,2	1,3
ГЛб	Горные лесные бурые	466,1	2,4
Γ^{np}	Горные примитивные	332,4	1,7
$C_{\scriptscriptstyle H}^{}\cdot Л\Gamma$	Комплекс солонцов луговых с луговыми почвами (10-25	2,3	< 0,1
	%)		
Сп. Сд	Комплекс солонцов луговых с солодями (25-50 %)	19,5	0,1
Спл.Вн	Комплекс солонцов луговых с болотными низинными	19,5	< 0,1
	торфяными почвами (10-25 %)		
	Прочие	1202,3	6,2
-	Всего по области	19 430,3	100

Наибольшее распространение имеют подзолистые почвы. Они занимают треть почвенного покрова области. Среди подзолистых почв ведущее место принадлежит дерново-сильноподзолистым почвам (8,2 %). Второе место по распространенности занимают серые лесные почвы (12,4 %). Затем следуют болотные низинные (9,1 %), болотные верховые торфяные и торфяно-глеевые почвы (5,7 %). Общая доля всех типов черноземов не превышает 2,4 %. Велико участие в составе почвенного покрова горных почв. В совокупности они занимают около 12,9 % почвенного покрова. Среди горных почв преобладают горные подзолы - 5,3 %. Доля участия горных примитивных почв не превышает 1,7 % [205, 210-217].

Среди многочисленных почв территории особое место занимают аллювиальные почвы пойменных ландшафтов. Они нигде не образуют настолько больших массивов, чтобы выделить их в отдельные почвенные районы. Вместе с тем в различных почвенных провинциях они обнаруживают существенные различия в своих свойствах и требуют при использовании строго дифференцированного подхода [205, 214].

2.3. Качественная характеристика почв и земельных ресурсов региона исследований

2.3.1. Качественное состояние почв Свердловской области

Почвенные крупномасштабные обследования территории Свердловской области, проводимые до 1999 г., позволили определить качественный состав почв Свердловской области, обусловленный разнообразием климатических, геологических, геоморфологических, растительных и других условий, влияющих на формирование почв [218].

По данным государственного статистического учета земель и материалам последнего тура почвенного обследования на территории области отмечаются практически все виды деградации почвенного покрова: водная эрозия, снижение содержания гумуса в пахотном горизонте, подкисление почв, подтопление, переувлажнение и заболачивание почв, их переуплотнение, засоление, зарастание

сельскохозяйственных угодий мелколесьем и кустарником, загрязнение земель и нарушение почвенного покрова при строительных работах, разработке и переработке полезных ископаемых и другие [218].

Основным критерием гигиенической оценки степени загрязнения почв каждым отдельным металлом является предельно допустимая концентрация (далее — ПДК) или ориентировочно допустимая концентрация (далее — ОДК) тяжелого металла в почве. Сравнение концентраций металлов, для которых не установлены ПДК или ОДК, проводится с их фоновыми значениями (далее — ФЗ).

Содержание металла на уровне трех и более фонового значения служит показателем загрязнения почв данным металлом. Оценка техногенного загрязнения почв проводится при сравнении содержания кислоторастворимых форм тяжелых металлов с соответствующими критериями, указанными в таблице 7. Данные фоновых проб Свердловской области получены за многолетний период (1989-2013 годы) на фоновых территориях области [218].

Таблица 7 - Предельно допустимые концентрации (ПДК), ориентировочно допустимые концентрации (ОДК), фоновые значения (ФЗ), мг/кг

Определяемый ингредиент с	Класс опасности	Виды почв		Кислорастворимые формы		
				ОДК	Фоновое значение	
Свинец	I	Песчаные и супесчаные		32	26	
		Кислые (суглинистые и глинистые) pH KCl < 5,5		65		
		Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCl > 5,5		130	26	
Никель	II	Песчаные и супесчаные		20	25	
		Кислые (суглинистые и глинистые) pH KCl < 5,5		40		
		Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCl > 5,5		80	35	
Цинк	I	Песчаные и супесчаные		55		
		Кислые (суглинистые и глинистые) pH KCl < 5,5		110	92	
		Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCl > 5,5		220	92	

	Класс опасности	Виды почв		Кислорастворимые		
Определяемый ингредиент				формы		
		, ,	ПДК	ОДК	Фоновое	
		7		22	значение	
	II	Песчаные и супесчаные		33		
Медь		Кислые (суглинистые и глинистые)	66		70	
		pH KCl < 5,5				
		Близкие к нейтральным, нейтральные			/0	
		(суглинистые и глинистые)	132			
		pH KCl > 5,5				
Кадмий	I	Песчаные и супесчаные		0,5		
		Кислые (суглинистые и глинистые)	1,0		1,0	
		pH KCl < 5,5				
		Близкие к нейтральным, нейтральные			1,0	
		(суглинистые и глинистые)	2,0			
		pH KCl > 5,5		ĺ		
Хром	II	-			42	
Кобальт	II				19	
Марганец	III		1500		949	

Фоновые концентрации тяжелых металлов в почве за последние 10 лет изменились незначительно [218]. Это объясняется ежегодным отбором проб почвы на станции комплексного фонового мониторинга — Мариинск-Уральская и дополнительным отбором проб на фоновых площадках, закладываемых у обследуемых городов. Динамика фоновых концентраций тяжелых металлов в почве Свердловской области за 2003, 2008 и 2013 гг. представлена на рисунке 10.

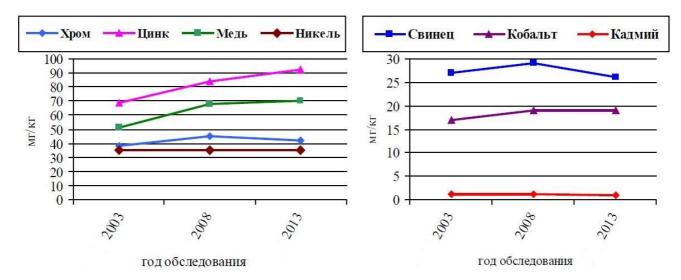


Рисунок 10 - Динамика фоновых концентраций тяжелых металлов в почве Свердловской области за 2003, 2008 и 2013 годы

Значительные площади занимают нерекультивированные нарушенные земли, представленные карьерами, выемками, отвалами, хвостохранилищами и

хранилищами горнодобывающих и перерабатывающих предприятий. Увеличиваются площади загрязненных земель промышленными и бытовыми отходами, вредными химическими веществами, тяжелыми металлами [218].

Чрезвычайные ситуации, повлекшие за собой негативное воздействие на почву и земельные ресурсы.

В 2013 году зафиксированы 2 чрезвычайных ситуации техногенного характера на транспорте, повлекшие за собой загрязнение почвенного покрова, одна из которых вызвана аварией на железнодорожном транспорте с выбросом аварийно химических опасных веществ (АХОВ), другая вызвана дорожнотранспортным происшествием с разливом кислоты [218].

В течение года произошло 6 аварийных ситуаций, не достигших критерия чрезвычайной ситуации, две из которых связаны с загрязнением окружающей среды углеводородами нефти (таблица 8) [218].

Таблица 8 - Аварийных ситуации, связанные с загрязнением окружающей среды углеводородами нефти на территории Свердловской области за 2013 год

No॒	Место аварии	Краткая характеристика	Последствия аварийной
Π/Π		ситуации	ситуации
1	Муниципальное	21 августа на территории	Загрязнена территория
	образование Город	нефтебазы в результате	общей площадью более 200
	Екатеринбург	возгорания подземных кабель-	M^2
	(р.п. Шабровский)	каналов произошла утечка	
		нефтепродуктов в обваловку	
		нефтебазы	
2	Артинский городской	6 сентября в результате	В результате утечки 0.5 м^3 ,
	округ	опрокидывания бензовоза	была загрязнена
	(д. Омелькова)	марки КамАЗ, перевозившего	территория общей
		23 т дизельного топлива,	площадью более 20 м^2
		произошло вытекание	
		нефтепродукта через верхнюю	
		горловину цистерны на грунт	

2.3.2. Качественное состояние почв Челябинской области

Земельный фонд области по состоянию на 01.01.2014 г. составляет 8 852,9 тыс. га и в соответствии с Земельным кодексом Российской Федерации подразделяется по целевому назначению на семь категорий земель [219].

Распределение земель по категориям показывает преобладание в структуре земельного фонда Челябинской области площади земель сельскохозяйственного назначения — 5180,4 тыс. га (58,5 %) и площади земель лесного фонда — 2782,1 тыс. га (31,4 %). Площадь земель населенных пунктов составляет 402,3 тыс. га (4,5 %), из них: 126,9 тыс. га (1,4 %) — сельские населенные пункты и 275,4 тыс. га (3,1 %) — городские населенные пункты [219].

В 2013 году Управление Роспотребнадзора по Челябинской области осуществляло контроль за состоянием почвы в 106 мониторинговых точках на территории 36 муниципальных образований области [219].

По данным регионального информационного фонда (далее именуется – РИФ) СГМ, в 2011-2013 годах на территории области осуществлялся контроль за химическим загрязнением почвы по следующим веществам и химическим соединениям [219]: бенз(а)пирен, бензин, бензол, ванадий, диметилбензол, кадмий, кобальт, марганец и его соединения, медь, мышьяк, никель, нитраты, ртуть, свинец и его соединения, сера, серная кислота, сероводород, толуол, формальдегид, фтор, хлорид калия, хром и цинк.

В 2013 году зарегистрировано превышение уровня ПДК бенз[а]пирена, который исследовался в незначительном количестве проб в 8 административных территориях области [219] (города Челябинск, Магнитогорск, Копейск, районы Верхнеуральский, Кизильский, Красноармейский, Кунашакский, Нагайбакский).

В рамках осуществления государственного санитарно-эпидемиологического надзора при реализации Федерального закона от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», а также требований СанПиН 42-128-4690-88 «Санитарные правила содержания территорий населенных мест» и СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления» в 2013 году отмечено улучшение некоторых показателей загрязнения почвы.

Снизились доли проб почвы, не соответствующих санитарным требованиям, по санитарно-химическим показателям в селитебной зоне на 6,3%, по содержанию тяжелых металлов на 12,7% [219].

Согласно данных формы 2-ТП (рекультивация) за 2013 год, по состоянию на 01.01.2014 на территории Челябинской области числится 18,3 тыс. га нарушенных земель [219].

По информации Уральского управления Ростехнадзора по Челябинской области в 2013 году аварийных ситуаций, приведших к загрязнению почв и земельных ресурсов, не было [219].

2.3.3. Качественное состояние почв Курганской области

По данным государственного земельного учета, земельный фонд Курганской области на 01.01.2014 г. составляет 7148,8 тыс. га. Анализ данных государственного земельного учета показывает, что в 2013 году произошли изменения площади категорий земель промышленности и земель запаса [220]. Структура земельного фонда области и изменения площади по категориям земель по состоянию на 01.01.2014 приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Структура земельного фонда Курганской области по категориям земель

	2012 г.				
		Доля от		Доля от	2012 г. к
Категории земель	Общая	площади	Общая	площади	2012 г. к 2013 г.
категории земель	площадь,	земельного	площадь,	земельного	тыс. га.
	тыс. га	фонда области,	тыс. га	фонда области,	TBIC. Ta.
		%		%	
Земли с/х назначения	4529,6	63,3	4529,6	63,3	-
Земли населенных пунктов	563,3	7,9	563,3	7,9	-
Земли промышленности	55,8	0,8	56,1	0,8	+0,3
Земли особо охраняемых природных территорий	9,7	0,1	9,7	0,1	-
Земли лесного фонда	1805,5	25,3	1805,5	25,3	-
Земли водного фонда	36,8	0,5	36,8	0,5	-
Земли запаса	148,1	2,1	147,8	2,1	-0,3
Итого	7148,8	100	7148,8	100	-

В 2013 году лабораторией ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Курганской области» осуществлялся контроль за состоянием почвы на территории Курганской области в зоне влияния промышленных предприятий, транспортных магистралей, в местах применения пестицидов и минеральных

удобрений, селитебной зоне, в том числе на территории детских учреждений и детских площадок, курортов и на территории животноводческих комплексов и ферм. Состояние почвы оценивалось по санитарно-химическим, микробиологическим и паразитологическим показателям, а также по содержанию в ней радиоактивных веществ [220].

Доля проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам в селитебной зоне по санитарно-химическим показателям, составила 5,4% (2012 - 4,5%), по микробиологическим показателям - 9,6% (2012 - 14,7%), по паразитологическим показателям - 0,3% (2012 - 0,2%). В период 2011-2013 гг. отмечалось снижение количества проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям [220].

В динамике за три последних года отмечаются стабильные показатели проб почвы с тенденцией к снижению доли проб на территории детских учреждений и детских площадок, не соответствующих гигиеническим нормативам по паразитологическим и микробиологическим показателям [220].

В 2013 году аварийных ситуаций, приведших к загрязнению почв и земельных ресурсов, не было [220].

2.3.4. Качественное состояние почв Тюменской области

По данным Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Тюменской области, земельный фонд в административных границах области по состоянию на 01.01.2014 г. составил 16012,2 тыс. га. Его распределение по категориям земель представлено в таблице 10. Существенных изменений в структуре земельного фонда по отношению к уровню 2012 года не произошло: преобладали земли лесного фонда (64,06%) и сельскохозяйственного назначения (28,40%); на водный фонд приходилось 2,98%, земли запаса — 2,81%, особо охраняемых территорий и объектов — 0,01%, населенных пунктов и промышленности - соответственно 1,34 и 0,40% [221].

Таблица 10 - Земельный фонд Тюменской области

Категория	Площадь по годам, тыс. га				
земель	2009	2010	2011	2012	2013
Сельскохозяйственного назначения	4549,9	4540,0	4540,2	4540,5	4547,1
Населенных пунктов	204,1	215,1	215,1	215,1	215,1
Промышленности	62,7	63,1	63,2	63,3	63,4
Особо охраняемых территорий и объектов	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Лесного фонда	10259,2	10257,8	10257,8	10257,8	10257,8
Водного фонда	476,5	476,5	476,5	476,5	476,6
Запаса	457,6	457,4	457,1	456,7	449,9

Контроль состояния земель сельскохозяйственного назначения, в том числе содержания тяжелых металлов в пахотном горизонте на 24 участках, осуществляли федеральные государственные бюджетные учреждения государственные станции агрохимической службы «Тюменская» и «Ишимская». По их данным ухудшения экологической ситуации на участках локального мониторинга не произошло. Почвы пригодны для выращивания любых культур без ограничения [221]. Максимальное содержание нормируемых показателей не превышало 0,6 ПДК (таблица 7) и варьировало в следующих пределах, мг/кг (в скобках – кратность ПДК) [221]: медь - 0,1-0,7 (не более 0,2); цинк - 0,4-2,3 (до 0,1); кадмий - 0,01-0,06 (в последние 3 года содержание кадмия стабилизировалось на уровне 0.04 мг/кг); свинец - 0.3-1.15 (до <math>0.2); никель - 0.2-2,45 (не более 0,6).

С 2010 года ведутся наблюдения за содержанием марганца; превышений установленных нормативов не выявлено.

С 2002 года идет постепенное увеличение кислотности почвы, что может способствовать переходу тяжелых металлов в подвижные формы и их накоплению в сельскохозяйственной продукции (таблица 11) [221]. В течение 2013-2014 гг. кислотность почвы остается постоянной -5,5.

Таблица 11 - Содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте, мг/кг

Муниципальный район	Медь	Цинк	Кадмий	Свинец	Никель
Абатский	0,11	0,55	0,020	0,47	0,52
Бердюжский	0,14	0,88	0,013	0,71	0,69
Викуловский	0,12	0,56	0,027	0,39	0,62
Голышмановский	0,10	0,93	0,033	0,41	0,91
Заводоуковский	0,14	1,50	0,030	0,30	0,84
Исетский	0,13	0,55	0,030	0,31	0,20
Ишимский	0,11-0,12	0,72-0,76	0,019-0,020	0,59-0,63	0,73-0,86
Казанский	0,12	0,41	0,033	0,51	0,65
Нижнетавдинский	0,11	1,05	0,030	0,30	0,63
Омутинский	0,13	1,00	0,030	0,32	0,39
Сорокинский	0,13	0,84	0,015	0,72	0,96
Тобольский	0,15-0,65	0,65-1,50	0,030-0,040	0,74-1,15	0,92-1,55
Тюменский	0,12-0,13	1,10-2,30	0,020-0,060	0,33-0,52	0,44-2,45
Упоровский	0,16	0,70	0,030	0,30	0,74
Ярковский	0,10	1,65	0,030	0,55	0,55
ПДК в почвах	3,00	23,00	Не установлена	6,00	4,00

Анализ современного состояния земельных ресурсов области подтверждает, что сохранение почв и восстановление плодородия по-прежнему являются первоочередными задачами.

Происшествий на пожаро - и взрывоопасных объектах, аварий и происшествий, связанных с выбросом химически опасных веществ, а так же аварий и чрезвычайных ситуаций на объектах транспортировки нефти и газа, повлекших за собой загрязнение почвенного покрова, в 2013 году зарегистрировано не было [221].

2.3.5. Качественное состояние почв ХМАО - Югры

Земельный фонд Ханты-Мансийского автономного округа — Югры на 01.01.2014 составляет 53 480,1 тыс. га. Большая часть территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югры (48 662,5 тыс. га или 91,0%) занята землями лесного фонда [222].

Остальные категории земель представлены на рисунке 11.

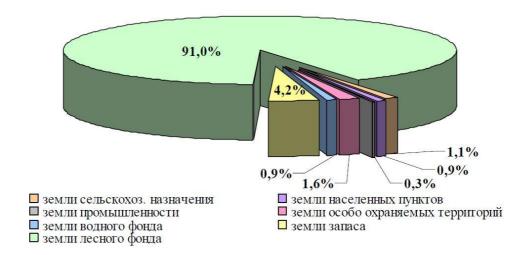


Рисунок 11 - Распределение земельного фонда по категориям в 2013 году Почвенный покров и почвы ХМАО — Югры отличаются интенсивным проявлением гидроморфизма и сильной заболоченностью [222].

В 2013 исследования почвенного покрова проводили 57 предприятий на территории 268 лицензионных участков. В 1 311 пунктах мониторинга суммарно было проведено 24365 измерений загрязняющих веществ и параметров. Перечень загрязняющих веществ и параметров, подлежащих обязательному определению в почвенных пробах, включает: рН солевой вытяжки, органическое вещество, обменный аммоний, нитраты, фосфаты, сульфаты, хлориды, углеводороды (нефтепродукты), бенз(а)пирен, металлы в подвижных формах: железо общее, свинец, цинк, марганец, никель, хром, медь, а так же степень токсичности [222].

В таблице 12 приведены средние данные о содержании загрязняющих веществ в пробах почв по результатам пятилетнего ряда наблюдений

Таблица 12 - Содержание загрязняющих веществ в пробах почв XMAO - Югры в период 2009-2013 гг.

Показатель	Единицы измерения	пдк	2009	2010	2011	2012	2013	Отношение среднего 2013 г. к ПДК
pН	ед. рН	-	5,6	5,4	5,6	5,2	4,6	-
Органическое вещество	%	-	11,2	9,9	13,2	17	19,1	-
Обменный аммоний	мг/кг	-	10,4	9,8	7,5	11,6	10,8	-
Сульфаты	мг/кг	_	95,6	145,7	103,9	115,3	78,3	-

Показатель	Единицы измерения	пдк	2009	2010	2011	2012	2013	Отношение среднего 2013 г. к ПДК
Фосфаты	мг/кг	200	63,5	67,8	76,1	62,6	70,2	0,35
Хлориды	мг/кг	-	102,1	73,6	114,8	77,1	81,8	-
Нефтепродукты	мг/кг	-	407,9	323,6	381,6	527,5	370,4	-
Нитраты	мг/кг	130	3,9	3,16	2,66	2,4	2,68	0,02
Бенз(а)пирен	мг/кг	0,02	0,004	0,005	0,003	0,003	0,002	0,13
Железо подв.	мг/кг	-	2	1	751,8	2	1	-
Свинец подв.	мг/кг	6	6	3,1	1,1	1,2	1,6	0,27
Цинк подв.	мг/кг	23	11,7	6,6	3,3	4,1	4,6	0,20
Марганец подв.	мг/кг	140	106	194,3	37,9	53,9	49,2	0,35
Никель подв.	мг/кг	4	4,3	1,2	0,9	1,5	1,4	0,35
Хром подв.	мг/кг	6	12,3	4,22	0,9	2,2	1,7	0,28
Медь подв.	мг/кг	3	2,4	1,1	0,6	1	1	0,33

Нефть и нефтепродукты — основные загрязнители почв при добыче и транспортировке углеводородного сырья. Средние концентрации нефтепродуктов за пятилетний период варьируют в диапазоне от 320 мг/кг до 530 мг/кг. Подавляющее количество измерений (89,5%) входят в диапазон значений до 1000 мг/кг, то есть в категорию почв с допустимым уровнем углеводородного загрязнения («Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель» 2008 г.) [31, 222].

Среднее содержание хлоридов, которые являются индикаторами разливов минерализованных пластовых вод, за пятилетний период колеблется в пределах от 70 мг/кг до 115 мг/кг. Количество измерений с концентрацией свыше 500 мг/кг, что свидетельствует о солевом загрязнении на территориях лицензионных участков, составило менее 3%. В целом уровень солевого загрязнения в 2009-2013 гг. является стабильным [222].

Для большинства почв таежной зоны характерны сильнокислая, кислая и слабокислая реакция, что составляет до 79% из общей совокупности измерений в 2013 году. Содержание органического вещества значительно варьирует. На техногенных участках, где почвенный покров нарушен или заменен насыпными песчаными грунтами, пробы характеризуется очень низким содержанием органического вещества 0,1-0,2%. Количество проб с «очень низким» и «низким» содержанием органичем органичем органичем органики (менее 4 мг/кг) составляют 55% от общего числа

измерений. Почвенные образцы с высоким содержанием органического вещества (более 8 мг/кг) составляют около 32% от общей выборки [222].

Почвы имеют низкую обеспеченность азотом. Содержание нитратов составляло в среднем за 2013 – 0,02 ПДК. Содержание обменного аммония в почвах на территории распределенного фонда недр за период наблюдений 2009-2013 гг. преимущественно не превышает 10 мг/кг. Среднее содержание фосфатов за пятилетний период наблюдений сохраняется на уровне 62,6-76,1 мг/кг. По агрохимической классификации этот уровень соответствует «средней обеспеченности» [222].

Бенз(а)пирен является канцерогеном, образующимся при сгорании топлива. По данным мониторинга это вещество в почвах накапливается слабо. Превышение ПДК в 2013 г. зафиксировано всего в 0,2% проанализированных проб [222].

Содержание в почвах тяжелых металлов (цинка, свинца, никеля, марганца, меди, хрома) в подвижных формах незначительно, находится на стабильном уровне в пределах экологической нормы, превышения лимитирующих показателей единичны. Средние погодичные концентрации составляют десятые доли ПДК. Уровень содержания железа и марганца варьирует в широком диапазоне, что типично для Ханты-Мансийского автономного округа — Югры [222].

Воздействие нефтегазодобывающей отрасли на окружающую среду

По информации Автономного учреждения Ханты-Мансийского автономного округа - Югры «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. Шпильмана», по итогам 2013 года в автономном округе добыто 255,1 млн. тонн нефти (на 2,0% ниже уровня 2012 года), что отразилось на уменьшении сводного индекса промышленного производства. Добыча нефти на территории ХМАО – Югры представлена на рисунке 12 [31, 222].

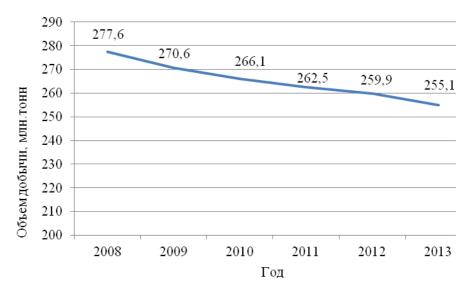


Рисунок 12 - Динамика добычи нефти в период 2008-2013 гг.

Доля ХМАО - Югры в общероссийской добыче нефти в 2013 году — 48,7%. Больший объем по добыче нефти принадлежит ОАО «НК «Роснефть» (40,1% от общего объема), ОАО «Сургутнефтегаз» (21,2%), ОАО НК «ЛУКОЙЛ» (18,6%). Эти 3 компании добывают 79,9% всей нефти автономного округа. Добыча нефти по административным районам Ханты- Мансийского автономного округа — Югры представлена в таблице 13 [31, 222].

Таблица 13 - Добыча нефти по административным районам автономного округа, тыс. тонн

Районы	2012 год	2013 год	Разница, +/-	Отклонение, %
Белоярский	620,7	686,784	+66,08	+10,65
Кондинский	2 027,953	2 202,9	+174,95	+8,63
Советский	3 241,478	3 047,578	-193,90	-5,98
Октябрьский	9 556,379	9 517,346	-39,03	-0,41
Нефтеюганский	40 330,56	40 061,886	-268,67	-0,67
Ханты-Мансийский	46 917,79	47 788,917	+871,13	+1,86
Нижневартовский	63 725,36	60 939,688	-2 785,67	-4,37
Сургутский	93 549,03	90 834,211	-2 714,82	-2,90
Всего по округу	259 969,2	255 079,3	-4 889,9	-1,88

В структуре обрабатывающего сектора организации по производству нефтепродуктов занимают 35,9%. За 2013 год нефтеперерабатывающими предприятиями переработано 6,1 млн. тонн нефти, что на 52,9 тыс. тонн (0,9%) больше уровня 2012 года и выработано 1,8 млн. тонн нефтепродуктов, что на 0,1% больше уровня 2012 года. На территории округа действуют 6 нефтеперерабатывающих предприятий. Основную долю – 82,5% в общем объеме

выпускаемых нефтепродуктов занимает продукция ООО «Нижневартовское нефтеперерабатывающее объединение». Производство продукции переработки нефти и газа за 2012-2013 годы представлено в таблице 14 [31, 222].

Таблица 14 – Производство продукции переработки нефти, газа и газового конденсата

Показатели	Единицы	2012 г.	2013 г.
	измерения		
Дизельное топливо	млн. тонн	1,3	1,4
Бензин	млн. тонн	1,4	1,5
автомобильный			
ШФЛУ	млн. тонн	5,6	6,0
Сухой газ	млн. м ³	21,5	21,9
Сжиженный газ	млн. тонн	1,9	1,9

Степень техногенного преобразования природной среды в районах освоения нефтяных месторождений в настоящее время довольно высока. Нефтедобывающая отрасль в ряде регионов была и остается важнейшим компонентом промышленности, от степени и масштабов развития которой напрямую зависит и степень нарушенности природной среды. Это обусловлено и тем, что зачастую нефтедобывающая отрасль развивается экстенсивным путем, при котором разработке подвергаются ранее неосвоенные территории и недра. В связи с разработкой новых месторождений увеличивается масштаб воздействия на природную среду [222].

Основными техногенными факторами, определяющими трансформацию экосистем при эксплуатации нефтяных месторождений, считаются: механические нарушения растительного и почвенного покрова, перераспределение стока воды, загрязнение атмосферного воздуха, снежного покрова, почв, поверхностных и подземных вод, донных отложений, поступление отходов нефтедобычи во все природные компоненты. Нефтегазодобывающая отрасль включает в себя целый спектр загрязнителей: нефть и нефтепродукты, сточные и пластовые воды, буровые растворы и ряд химических реагентов [222].

Ситуацию усугубляют аварии и разливы, которые происходят не только на кустовых площадках, но и на трубопроводах различного назначения: водоводах, внутрипромысловых и межпромысловых нефте- и газопроводах. Причина

высокой аварийности трубопроводов заключается в сверхнормативной эксплуатации трубопроводов и несовершенстве технологий антикоррозийной защиты. В связи с этим подавляющее большинство аварий изношенных трубопроводов происходит из-за внутренней и внешней коррозии [222].

Процессы естественного восстановления природной среды довольно длительны. Поэтому на территориях, на которых происходят аварии и разливы, природные компоненты требуют восстановления и рекультивации. Работы по рекультивации трудоемки и весьма дорогостоящи. Следует принимать во внимание тот факт, что работы по рекультивации зачастую проводятся с нарушением технологий [31]. Проблема аварийных разливов нефтепродуктов и различных реагентов решается путем отсыпки песком, что является вопиющим нарушением технологий рекультивации. В таких случаях проблема не решена и напротив, особенно усложнена, так как загрязнители остаются в почвах, попадают в поверхностные и подземные воды, мигрируют.

Большое внимание уделяется также проблеме утилизации попутного нефтяного газа, которая решается, главным образом, путем сжигания газа на факельных установках. При сжигании попутного нефтяного газа в факельных установках 65% продуктов углеводородного загрязнения рассеиваются в атмосферу, 20% – поступают в водные бассейны и 15% – в почву [222].

Трубопроводный транспорт. По территории Ханты-Мансийского округа проходят магистральные нефте- и газопроводы, в том числе нефтепроводы: Нижневартовск – Анжеро-Судженск – Иркутск; Сургут – Полоцк; Нижневартовск – Самара; Усть-Балык – Омск; газопроводы Уренгой – Помары – Ужгород; Уренгой – Челябинск. В районах нефтедобычи эксплуатируется разветвленная сеть внутри- и межпромысловых трубопроводов [31, 222].

Тысячи аварий на трубопроводах, абсолютное большинство которых происходит на внутри- и межпромысловой сети продуктопроводов, ежегодно наносят огромный вред окружающей среде округа. Мощное воздействие на природную среду оказывается также при строительстве трубопроводов, когда уничтожается почвенно-растительный покров, нарушается функционирование

экосистем [31, 222].

Общая протяженность сети трубопроводов на территории автономного округа, по данным эксплуатирующих предприятий, составляет 109,8 тыс. км (в том числе, магистральные трубопроводы – 16,3 тыс. км) [222].

Наиболее аварийно-подверженной частью системы промысловых трубопроводов в общей системе трубопроводов остаются нефтесборные сети и напорные водоводы системы ППД. На их долю приходится более половины от общей протяженности трубопроводов, эксплуатируемых на территории Югры.

По данным, представленным нефтегазодобывающими компаниями, в 2013 году на нефтепромыслах автономного округа зарегистрировано 2 794 аварийных разлива, связанных с добычей углеводородного сырья. Из них, на нефтепроводах произошло 1 285 аварийных отказов (инцидентов), на водоводах — 1 509 аварийных отказов. В результате разгерметизации трубопроводов в окружающую среду попало 300,4 т загрязняющих веществ. Площадь загрязнения составила 95,539 га [222].

Основной причиной аварийных отказов трубопроводов является коррозия — 2 684 случаев, или 96%. На газопроводах, эксплуатируемых на территории автономного округа, в 2013 году допущено 37 аварий [31, 222].

В течение 2013 года произошла 1 авария на магистральном трубопроводе классифицируемая как ЧС. В районе поселка Лыхма Белоярского района 17.08.2013 г. на участке 626-650 км магистрального газопровода «Уренгой-Центр 1» произошла разгерметизация трубы диаметром 1 420 мм с последующим возгоранием газа. Погибших, пострадавших нет. Угрозы поселку Лыхма, находящемуся в 9 км южнее места ЧС, не возникло. Причина возникновения аварии – внешнее воздействие и физический износ труб [222].

Основными причинами аварий на трубопроводах, эксплуатируемых на территории автономного округа (таблица 15), являются [31, 222]:

- эксплуатация оборудования сверх нормативного срока;
- недостаточное вложение средств, направляемых на реконструкцию и капитальный ремонт трубопроводов, а также строительство новых.

Таблица 15 – Аварийность на нефтепромысловых трубопроводах на территории округа

	Количество		Причины аварий			
Год	количество аварий	Коррозия	Механические	Строительный	Прочие	момент
	аварии	Коррозия	повреждения	брак	Прочис	аварии, тонн
2008	5007	4870	7	64	66	5622,832
2009	4797	4727	6	27	37	5781,492
2010	4371	4308	7	11	45	5385,343
2011	3601	3485	17	75	24	5265,174
2012	3209	3154	12	20	23	4895,818
2013	2831	2684	16	64	67	3105,487

По сведениям нефтегазодобывающих предприятий (рисунок 13) на территории ХМАО – Югры на январь 2014 г. числятся нерекультивированными 4508 га загрязненных земель, из них 3 414 га нефтезагрязненных и 1094 га загрязненных подтоварными водами. Сокращение площадей загрязненных земель по сравнению с 2012 годом составило 12,3% (630 га), что связано с проведением работ по рекультивации и инвентаризации загрязненных земель на лицензионных участках [31, 222].

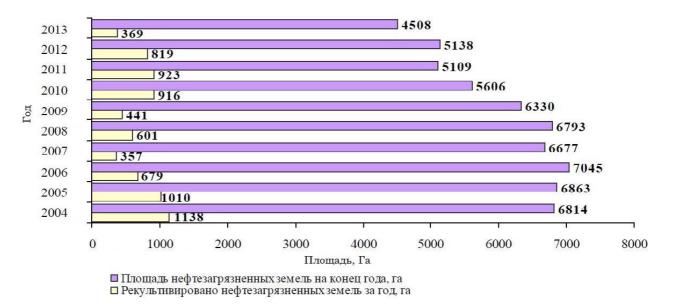


Рисунок 13 - Площадь образования и рекультивации нефтезагрязненных земель

Кроме того, основным видом отходов производства и потребления, образующихся на территории ХМАО-Югры являются буровые отходы (рисунок 14), содержащие в своем компонентом составе нефть [31, 222].

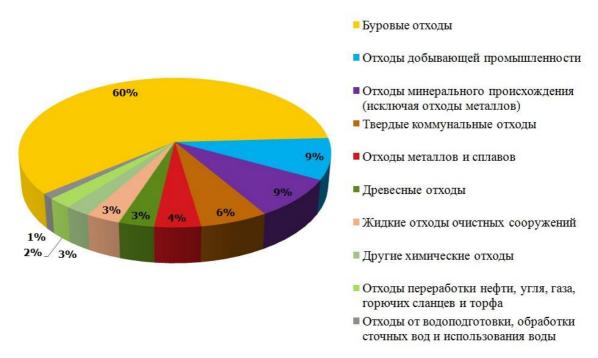


Рисунок 14 - Сведения об объеме образования отходов производства за 2013 год

По данным недропользователей на январь 2014 г. в автономном округе остались нерекультивированными 1149 шламовых амбара, в которых размещается буровой шлам (рисунок 15) [7]. В 2013 году рекультивировано 667 шламовых амбаров, что на 125% (375 амбаров) больше, чем в 2012 г. [31, 222].



Рисунок 15 - Площадь образования и рекультивации шламовых амбаров

Анализ сведений по количеству аварий и массе загрязняющих веществ, попавших в окружающую среду, на трубопроводах и других объектах, эксплуатируемых на территории ХМАО-Югры, позволил в рамках исследований

провести зонирование территории автономного округа (рисунок 16). Количество зон зависит от накопленной массы загрязнения компонентов окружающей среды нефтью и нефтепродуктами за год, нами были выделены следующие зоны [31, 222]:

- 0-3 аварий в год безопасный уровень;
- 3-5 аварий в год умеренно безопасный уровень;
- 5-10 аварий в год высокий уровень опасности;
- 10-20 аварий в год умеренно опасный уровень;
- 20-30 аварий в год опасный уровень;
- Свыше 30 аварий в год чрезвычайно опасный уровень.

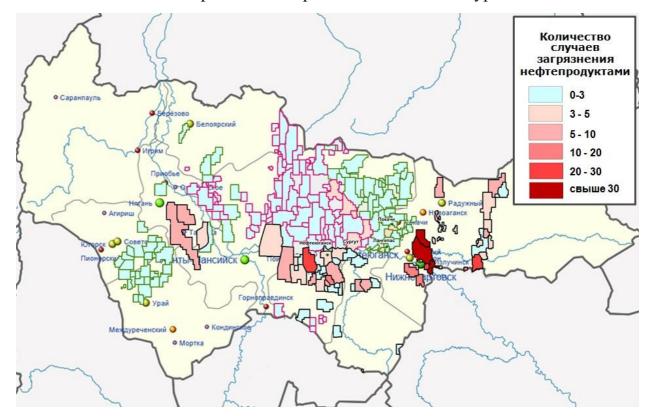


Рисунок 16 – Карта-схема зонирования территории XMAO-Югры по накопленному загрязнению нефтью и нефтепродуктами

Анализ данных [222] из Доклада Службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений ХМАО - Югры «Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2013 году» показал, что проблема загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на территории ХМАО-Югры является актуальной на

современном этапе и требует неотлагательного решения.

2.3.6. Качественное состояние почв Ямало-Ненецкого автономного округа

По данным государственного учета земель площадь Ямало-Ненецкого автономного округа составляет 76925,0 тыс. га. Структура земельного фонда Ямало-Ненецкого автономного округа представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Структура земельного фонда Ямало-Ненецкого автономного округа на 2013 год

№ п/п	Категория земель	Доля земель от общей площади округа, %
1	Земли лесного фонда	40,96%
2	Земли сельскохозяйственного назначения	39,71%
3	Земли водного фонда	10,16%
4	Земли запаса	6,71%
5	Земли особо охраняемых территорий и объектов	1,96%
6	Земли населённых пунктов	0,28%
7	Земли промышленности	0,22%

На территории населенных мест автономного округа контроль за загрязнением почв осуществляется специалистами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ЯНАО». В 2013 году в результате исследований по санитарно-химическим, микробиологическим и паразитологическим показателям проб почв, отобранных в 90 мониторинговых точках (г. Салехард, г. Лабытнанги, г. Надым, г. Ноябрьск, г. Новый Уренгой, г. Муравленко, г. Губкинский, Пуровский район, Шурышкарский район), превышений ПДК контролируемых химических веществ в почвах населенных мест не зарегистрировано. Но в то же время, на большей части территории Пуровского района регистрировались максимальные и среднегодовые концентрации химических веществ, контролируемых в почве, выше фоновых. Кроме того, анализ данных показывает, что доля проб почв, не отвечающих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, по

сравнению с 2011 г. увеличилась, по паразитологическим показателям не изменилась [223, 224].

На территории автономного округа заложено 12 мониторинговых целевой направленностью на оценку фонового полигонов с состояния окружающей среды (вне лицензионных участков). Наблюдениями охвачены Ямальского, Шурышкарского, Приуральского, Пуровского, территории Надымского, Тазовского и Красноселькупского районов [224].

Для получения достоверной информации о состоянии окружающей среды увеличено количество анализов проб воды, почв, донных отложений, растительности, снега с 2024 до 2412 штук в год [224].

В рамках территориальной системы экологического мониторинга осуществляется мониторинг поверхностных вод и донных отложений, почвенно-экологический мониторинг, геоботанический мониторинг, мониторинг объектов животного мира, мониторинг атмосферного воздуха (снежного покрова).

Результаты лабораторных исследований почв на 12 мониторинговых полигонах показали, что уровень содержания химических элементов в подавляющем большинстве проб почв мониторинговых полигонов понижен или соизмерим со средними региональными данными [223, 224].

Общий уровень загрязнения почв на исследуемых полигонах оценивается путем сравнения содержания тяжелых металлов в отобранных образцах с ПДК и ОДК химических соединений в почвах.

Анализ результатов количественного определения железа, тяжелых металлов, нефтепродуктов, бенз(а)пирена, АПАВ, фенолов, нитрат-, фосфат-, сульфат-, хлорид-ионов в почвах, выявил превышения содержания в двух пробах никеля на полигоне № 2 над уровнем ОДК; превышение уровня мирового Кларка почв в трех пробах свинца (полигоны № 5, № 6, № 8) и в одной марганца на полигоне № 10 [223, 224].

Сравнительный анализ значений суммарного показателя загрязнения почв за 2010-2013 годы показал, что почвы мониторинговых полигонов характеризуются как «чистые» либо относятся к категории «допустимого

загрязнения» [223, 224].

На лицензионных участках зарегистрированы случаи высокого загрязнения почв соединениями хрома (VI) от 10 до 15 ПДК и бенз[а]пирена от 2 до 17 ПДК. Среди органических соединений в пробах почв отмечено высокое содержание нефтепродуктов, которое выявлено локально И имеет техногенное происхождение. Наибольшие уровни загрязнения почв нефтепродуктами (2000-3000 мг/кг) выявлены на площадках разведочных скважин, что соответствует умеренному уровню загрязнения [223, 224]. Фоновые значения не превышали величин 1000 мг/кг, что является допустимым уровнем загрязнения в «Методическими соответствии рекомендациями \mathbf{c} ПО выявлению деградированных и загрязнённых земель» [223, 224].

В почвах лицензионных участков отмечено повышенное содержание металлов (никель, кобальт, медь, свинец), что также носит техногенный характер [223, 224].

Кроме того, в почвах лицензионных участков обнаружено присутствие бария, в том числе в высоких концентрациях, что объясняется широким применением баритового утяжелителя буровых растворов при бурении поисковых и разведочных скважин.

По сведениям, предоставленным Управлением Росприроднадзора по ЯНАО, на территории Ямало-Ненецкого автономного округа на 01.01.2013 г. нарушено 11426,3655 га земель. Площадь нарушенных земель вследствие утечки при транзите нефти, газа, продуктов переработки нефти составляет — 0,2301 га [223, 224].

Анализ Докладов об экологической ситуации в субъектах УФО показывает, что проблема загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на территории округа является актуальной на современном этапе и требует неотлагательного решения.

В целом площадь нефтезагрязненных земель на территории УФО, несмотря на тенденцию к снижению, остается значительной в связи с огромным количеством аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, а так же разработкой новых месторождений.

Угроза дальнейшей деградации компонентов окружающей среды, которые подвержены негативному воздействию от загрязнения нефтью и нефтепродуктов, создает необходимость организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, снижению негативного воздействия на окружающую среду и жизнедеятельность населения и проведению мероприятий по решению проблем с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов.

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Программа исследований

Программа исследований включала в себя выполнение различных этапов, алгоритм исследований представлен на рисунке 17.

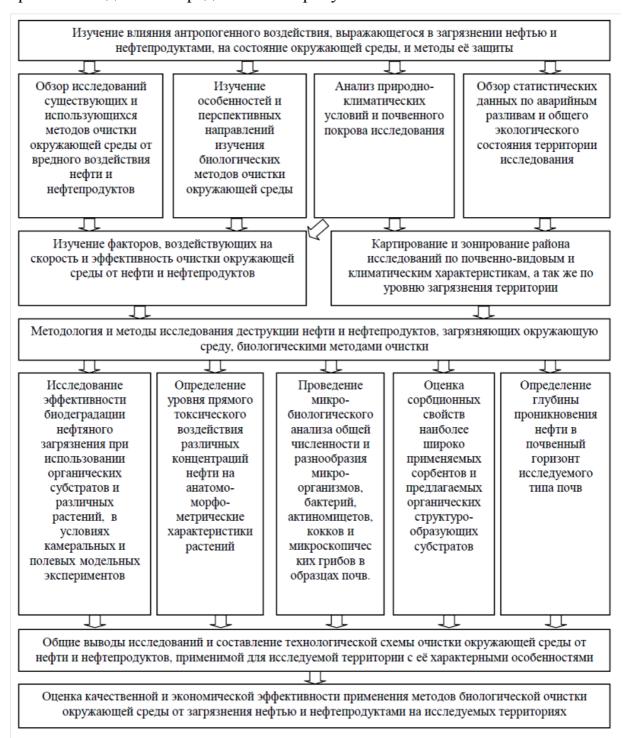


Рисунок 17 – Алгоритм исследований

В период 2012-2013 гг., проведен первый этап исследований [26, 29, 30, 225-227], который включал в себя изучение биологических методов очистки почв, с использованием метода биоремедиации, основанного на внесении органических структурообразующих субстратов в состав сильнозагрязненных нефтью и нефтепродуктами почв, и последующего посева на их поверхность семян растений. Камеральные исследования проводились на базе лаборатории мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения».

Второй этап исследований, проведенный в период с 2013 по 2015 гг., включал в себя оценку эффективности метода биоремедиации в полевых условиях с отбором проб почв наиболее характерных для природно-климатических условий Свердловской области [183-184].

Заключительный этап исследований включал в себя разработку и апробацию способа очистки нефтезагрязненных почв с использованием метода биоремедиации, путем внесения в состав почв органических компонентов отходов лесозаготовительной промышленности (на примере дерново-подзолистых почв Уральского федерального округа).

3.2. Характеристика объектов исследования 3.2.1. Нефть марки Urals (Siberian Light)

Нефть относится к горючим жидкостям. Выделяющиеся из нее пары и газы обладают удушающими и наркотическими свойствами [1, 2, 8]. По степени воздействия на организм нефть относится к III классу опасности по ГОСТ 12.1.005-88.

Влияние нефти на окружающую среду, её компоненты и живые организмы.

Углеводороды, входящие в состав нефтяных газов (метан и его ближайшие гомологи) могут оказывать сравнительно слабое наркотическое действие на организм человека. Значительно сильнее действуют пары менее летучих (жидких) компонентов нефти, именно они определяют характер действия сырой нефти.

Нефти, содержащие мало ароматических углеводородов, действуют также как и смеси метановых и нафтеновых углеводородов - их пары вызывают наркоз и судороги. Высокое содержание ароматических соединений может угрожать хроническим отравлением с изменением состава крови и кроветворных органов. Сернистые соединения могут приводить к острым и хроническим отравлениям, главную роль при этом играет сероводород. Воздействие паров нефти и нефтепродуктов на кожные покровы приводить может раздражению, возникновению сухости, шелушению кожи, появлению трещин. Многие химические соединения, содержащиеся в нефтепродуктах, могут оказывать канцерогенное действие [8].

При загрязнении окружающей среды нефтью и нефтепродуктами, негативное воздействие оказывается на все компоненты окружающей среды (рисунок 18) [8].

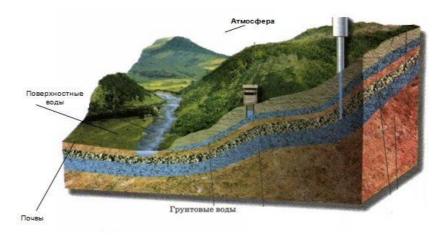


Рисунок 18 – Компоненты окружающей среды, подверженные негативному влиянию при загрязнении нефтью и нефтепродуктами

При возможном аварийном разливе нефти и подтоварной воды в результате загрязнения природной среды углеводородами, солями и другими токсинами возможна деградация сформировавшихся природных биогеоценозов. Кроме прямого ущерба от гибели лесов хвойных пород наносится ущерб развитию и воспроизводству боровой дичи, уменьшается видовое разнообразие фауны и флоры [1-5, 8].

В загрязнении почв нефтью и подтоварной водой значительна роль агротехногенного воздействия. Попадая в почву нефть вызывает значительные,

порой необратимые изменения ее свойств - образование битуминозных солончаков, гудронизацию, цементацию и т.д. Эти изменения влекут за собой ухудшение состояния растительности и биопродуктивности земель. В результате нарушения почвенного покрова и растительности усиливаются нежелательные природные процессы - эрозия почв, её деградация [1, 4-5, 8].

Аварийные выбросы нефти и подтоварной воды также оказывают негативное воздействие на биологическую активность почвы: снижаются показатели структурности, уменьшается содержание гумуса, численность и качественный состав основных групп микроорганизмов почвы, некоторые виды которых, способствуют гумусообразованию, угнетаются и исчезают [8].

В рамках исследований использовалась нефть марки Urals (Siberian Light), добываемая на территории Уральского федерального округа, на ОПО Когалымское месторождение. Когалымское - нефтяное месторождение расположено в Ханты-Мансийском автономном округе, в 120 км к северо-востоку от г. Сургут. Открыто в 1972 году. Освоение началось в 1985 году.

Характеристика нефти, добываемой на Когалымском месторождении и подаваемой по напорному нефтепроводу ДНС-3 — ЦППН Когалымского месторождения приведена в Таблицах 17-19.

Таблица 17 - Физико-химические свойства нефти

No	Иомилоновиче помороженя	Поток на входе	Поток на выходе
п/п	Наименование показателя	УПН	УПН
1	Плотность, кг/м ³ при 20 ⁰ C, ⁰ CT	890,0	830,0
2	Вязкость: при 20°C, °CT	-	6,0
2	при 50 ⁰ C, ⁰ CT	-	-
	Содержание в нефти, %масс:		
	- воды % вес	41,5	
	- солей, мг/л	-	5,7
	- серы	-	0,66%
3	- парафина % вес	-	2,4
	- смол	-	-
	- асфальтенов	-	-
	- сероводорода	-	Менее2
	- мехпримесей %	-	0,0020

No	Иомилоромио помороженя	Поток на входе	Поток на выходе
п/п	Наименование показателя	УПН	УПН
	Фракционный состав, %	-	-
	- начало кипения	-	40,0
	- при 100 ⁰ C	-	11,4
4	- при 150 ⁰ C	-	22,3
7	- при 200 ⁰ C	-	32,3
	- при 250 ⁰ C	-	41,5
	- при 300 ⁰ C	-	52,3
	- при 350 ⁰ C	-	-
5	Температура застывания, ⁰ С	-	-
6	Температура вспышки, ⁰ С	-	-

Таблица 18 - Компонентный состав нефти

№	Компоненты	Поступающая нефть, %	Подготовленная нефть, %
Π/Π	КОМПОНЕНТЫ	мольный	мольный
1	CO_2	0,12	0,0011
2	N_2	0,67	0,0085
3	CH ₄	40,33	0,0238
4	C_2H_6	4,59	0,1524
5	i-C ₄ H ₁₀	2,55	2,0147
6	C_3H_3	8,14	2,8911
7	n-C ₄ H ₁₀	4,87	5,2346
8	i-C ₅ H ₁₂	1,97	3,0175
9	n-C ₅ H ₁₂	2,26	4,7314
10	C_6H_{14}	4,55	9,1308
11	C_7H_{16}	3,47	6,9821
12	C_8H_{13}	2,32	4,7576
13	СО+выше	24,16	61,0544
	ИТОГО:	100	100

Таблица 19 - Справочные характеристики нефти

№ п/п	Наименование параметра	Параметр
1	Наименование вещества	
	- химическое	Смесь углеводородов
	- торговое	Нефть
2	Формула	
2.1	-эмпирическая	C_nH_m
2.2	-структурная	_

№ п/п	Наименование параметра	Параметр
3	Состав	
3.1	Основной продукт, не менее, %	80÷99
3.2	примеси:	
	- пластовая вода %	1÷10
	- нефтяной газ м ³ /т	8÷10
4	Общие данные:	
4.1	- молекулярный вес	н/опр.
4.2	- температура начала кипения, 0^{0} C (при	~100
	давлении 101 кПа)	
4.3	- плотность при 200^{0} С, кг/м 3	820÷850
4.4	- вязкость при $200^{0}\mathrm{C}$, мПа $*$ с	38÷25
5	Данные о взрывопожароопасности:	Горючий, взрывоопасный газ
5.1	- температура вспышки	<61
5.2	- температура самовоспламенения	< 500
5.3	- пределы взрываемости, %	1,2÷9,0
6	Данные о токсической опасности:	
6.1	- ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	10
6.2	- ПДК сероводорода в воздухе раб.	5
	зоны, мг/м ³	3
6.3	- летальная токсидоза LCt50, мг/дм ³	750÷1000
6.4	- летальная токсидоза PCt50, мг/дм ³	200÷280
7	Реакционная способность	Окисляется, вступает в реакции
		замещения атомов водорода
8	Запах	Без запаха
9	Коррозионное действие	В присутствии влаги разрушает
		металлы
10	Меры предосторожности	Использовать индивидуальные
		средства защиты органов дыхания
11	Информация о воздействии на людей	Действует удушающе
12	Средства защиты	Противогаз марки БКФ или А. При
		высоких концентрациях –
		изолирующий противогаз
13	Методы перевода вещества в	
	безвредное состояние	_
14	Меры первой помощи пострадавшим от	Вынести пострадавшего из
	воздействия вещества	зараженной атмосферы. Освободить
		от затрудняющей дыхание одежды.
		Обеспечить тепло, покой. Ингаляция
		кислорода

3.2.2. Почвенные образцы

Почвы подзолистого типа формируются в условиях промывного водного

режима под хвойными и лиственно-хвойными лесами с моховым и мохово-травянистым покровом. Нисходящий ток кислых почвенных растворов обусловливает распад и вынос продуктов распада первичных и вторичных минералов, а в ряде случаев и вынос илистой фракции [205].

В пределах типа выделяются три основных подтипа почв, связанные главным образом с зональными особенностями климата: глееподзолистые, подзолистые и дерново-подзолистые [205, 214, 217].

Подтип: глееподзолистые почвы.

Эти почвы формируются в условиях равнинного слабодренированного рельефа Зауралья, где количество испарение. Почвы осадков превышает ИХ всегда переувлажнены. На территории Свердловской области их общая площадь достигает 750,1 тыс. га, или 3,9 % от площади области. Глееподзолистые почвы (рисунок 19) это прежде всего почвы, типичные именно для северной тайги. Они характеризуются оглеенностью всего почвенного профиля [205, 216].



Рисунок 19 — Срез глееподзолистых почв

В целом профиль глееподзолистых почв характеризуется кислой реакцией водной суспензии (рН менее 4,0), причем максимум кислотности приходится на горизонта А, который обеднен поглощенными основаниями, имеет низкую степень насыщенности. Для почв характерно довольно высокое содержание вмытого гумуса в горизонте и его постепенное снижение по профилю [205].

Горизонты А и В обогащены легкомобилизуемыми формами железа. В сельском хозяйстве эти почвы почти не используются вследствие неблагоприятных воднофизических свойств. Они потенциально низко При освоении глееподзолистые продуктивны. почвы требуют глубокого рыхления, известкования, регулярного внесения органических и минеральных удобрений [205].

Подтип: подзолистые почвы.

Подзолистые почвы (рисунок 20) занимают 2183,2 тыс. га, или 11,3 % от площади области. В основном это среднетаежные ландшафты. На сельскохозяйственные приходится угодья ЛИШЬ незначительная часть среднетаежных ландшафтов, занятых этими почвами (5,8 тыс. га) [205, 216].

Характерными свойствами подзолистых ПОЧВ являются [205]:

- 1. Очень сильнокислая и кислая реакция водной суспензии (рН 5,5-4,0).
- Низкая сумма обменных оснований (4,0-8,0 мгэкв/100 г почвы).

Рисунок 20 -

Срез подзолистых почв

- 3. Высокая гидролитическая и обменная кислотность (до 10,0 мг-экв/100 г почвы).
 - 4. Низкая степень насыщенности основаниями (до 30 %).
- 5. Невысокое содержание гумуса (не более 1,5 %) и преобладание в нем фульвокислот.
 - 6. Низкие запасы питательных веществ (2,5-5,0 мг P_2O_5 ; 3,0-6,0 мг K_2O).

По гранулометрическому составу подзолистые почвы большей частью относятся к тяжело- и среднесуглинистым. Исключение составляют песчаные, супесчаные и легкосуглинистые подзолистые почвы, которые встречаются на территориях муниципальных образований (МО): Талицкий, Слободо-Туринский, Таборинский и Тавдинский районы. Гранулометрический состав подзолистых почв по генетическим горизонтам изменчив. Подзолистый горизонт является наиболее легким по гранулометрическому составу. Он отличается малым содержанием ила [205, 216, 217].

В иллювиальном горизонте (В) наблюдается повышенное количество илистых частиц, и он часто оглеен. На пашне из лесной подстилки и гумусового, а иногда и бурого иллювиального горизонтов, постепенно образуется однородный пахотный горизонт А, мощность которого часто зависит от глубины обработки. Пахотный слой подзолистых почв сильно уплотняется, а высыхая, покрывается коркой и трещинами, что обусловлено слабой оструктуренностью подзолистых почв. Урожайность сельскохозяйственных культур на подзолистых почвах колеблется от 5 до 10 ц/га. Наиболее урожайны почвы средне- и легкосуглинистого гранулометрического состава [205].

Основные мероприятия по повышению плодородия подзолистых почв и урожайности сельскохозяйственных культур сводятся к известкованию участков пашни с кислой реакцией среды и к систематическому внесению органических и минеральных удобрений [205].

Подтип: дерново-подзолистые почвы.

Это прежде всего почвы южной тайги. Дерново-подзолистые почвы развиваются под воздействием подзолистого и дернового процессов. Морфологически эти почвы отличаются от подзолистых наличием гумусово-аккумулятивной толщи [216]. Подзолистый горизонт у слабоподзолистых почв

выражен в виде пятен или присыпки. У сильноподзолистых почв подзолистый горизонт проявляется в полной мере. Дерново-подзолистые почвы составляют 2702,6 тыс. га, или 12,9 % от площади Свердловской области. Это наиболее используемые в сельском хозяйстве почвы таежной зоны (рисунок 21).

В отличие от подзолистых почв у дерновоподзолистых имеется четко диагностируемый гумусовый горизонт А. Реакция почв кислая, кислотность уменьшается от верхних горизонтов к породе (рH=4,0-4,2); содержание гумуса варьирует в зависимости от горизонта от 3,6 до 0,5%, при этом гумусовый горизонт более насыщен обменными основаниями [205, 216].

Дерново-подзолистые почвы разных почвенных округов не одинаковы по составу и агрохимическим свойствам. Причиной этому является разнообразие почвообразующих пород, климата и других условий.

В северо-восточных почвенных округах почвообразующими породами являются бурые бескарбонатные глины. С приближением к горным почвенным округам в составе коренных пород появляются кислые породы - граниты [205, 216, 217].



Рисунок 21 – Срез дерновоподзолистых почв

Поэтому кислотность дерново-подзолистых почв выше, реакция водной среды у этих почв становится очень кислой, уменьшается насыщенность основаниями. Менее кислые и более богатые по химическому составу дерново-подзолистые почвы образуются на известняках и основных породах.

Дерново-подзолистые почвы обладают лучшими физико-химическими свойствами для сельскохозяйственного использования по сравнению с подзолистыми почвами. По гранулометрическому составу на территории Свердловской области преобладают средне- и тяжелосуглинистые дерновоподзолистые почвы [205, 217].

В распределении илистой фракции в дерново-подзолистых почвах наблюдаются такие же особенности, как в подзолистых почвах. Дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава при сравнении с аналогичными почвами тяжелого гранулометрического состава имеют меньшее содержание гумуса, но отличаются более высокой насыщенностью основаниями и менее кислой реакцией среды, меньшей гидролитической кислотностью.

Все дерново-подзолистые почвы бедны валовыми запасами и подвижными формами азота, фосфора и калия. Поэтому основными мероприятиями по повышению плодородия почв являются внесение минеральных и органических удобрений, известкование [205].

Дерново-подзолистые почвы пригодны для возделывания озимой ржи, овса, из корнеплодов - турнепса, из многолетних трав - клевера. Урожайность зерновых и зернобобовых на дерново-подзолистые почвах Свердловской области достигает 10 ц/га и более. Наиболее урожайны среднесуглинистые разновидности почв. Низкий уровень естественного плодородия дерново-подзолистых почв и обилие осадков обусловливают высокую эффективность вышеперечисленных удобрений [205, 216, 217].

3.2.3. Временные пробные площади

В рамках диссертационной работы для проведения полевых исследований

образцы подзолистых почв отбиралась в 2,5 км юго-восточнее г. Реж Свердловской области.

Реж - город в Свердловской области Российской Федерации, административный центр Режевского городского округа. Расположен на восточном склоне Среднего Урала, на р. Реж (бассейн р. Туры), в 83 км к северовостоку от Екатеринбурга. Основан город в 1773 году. Получил статус поселка городского типа в 1933. Городом стал в 1943 году [195].

Отклонение от московского времени - +2 часа. Географическая широта: 57°22'. Географическая долгота: 61°24'. Высота над уровнем моря - 190 метров. Общая площадь территории - 198 км² [195].

В почвенном отношении, город Реж расположен на стыке двух почвенных районов, выделенных Гафуровым Ф.Г. (2008), Озерного и Останинского почвенных районов [205].

Озерный почвенный район

Озерный почвенный район входит в Екатеринбургский округ Зауральской южнотаежной почвенной провинции.

В соответствии с агроклиматическим районированием Свердловской области данный район по теплообеспеченности считается умеренным, по влагообеспеченности - влажным. Гидротермический коэффициент изменяется в пределах от 1,4 до 1,6 [200, 205].

В широтно-зональном плане Озерный район находится в пределах южной тайги. Основная часть территории покрыта производными смешанными сосновоберезовыми лесами с участием осины. Коренные лиственнично-сосновые зеленомошные травяно-кустарничковые леса сохранились по водоохранным и зеленым зонам [205].

Гидрографическая сеть представлена р. Реж и ее притоками. Хорошо выработанные долины имеют реки Бобровка, Реж и Адуй. Долина реки Реж в пределах описываемого района ящикообразная с выходами скал коренных пород.

Грунтовые воды на водоразделе залегают глубоко, по степени минерализации они пресные, по химическому составу - гидрокарбонатно-

кальциевые [204, 205].

В геоморфологическом отношении район находится на приподнятом отпрепарированном пенеплене Среднего Урала [205]. Макрорельеф представлен холмисто-увалистой равниной с абсолютными отметками высот от 200 до 280 м, мезорельеф - холмами со сглаженными вершинами и склонами различной крутизны и экспозиции.

Расчлененность территории овражно-балочной сетью 0,15-0,25 км/км². Глубина местного базиса эрозии 25-75 м [205, 228].

Почвообразование протекает на элювиально-делювиальных и делювиальных отложениях. Элювиально-делювиальные отложения наиболее широко распространены. Они представлены щебнем, дресвой, глинами и суглинками мощностью от 0,5 до 4-5 м. Делювиальные отложения приурочены к логам, склонам холмов, увалов и речных долин, которые сложены песчаными глинами и суглинками [205].

В составе почвенного покрова преобладают дерново-подзолистые и болотно-подзолистые почвы. В почвенном покрове преобладают автоморфные дерново-подзолистые почвы, почвы гидроморфного и болотного ряда распространены меньше [205].

В структуре почвенного покрова Озерного района ведущее место занимают сочетания дерново-подзолистых и болотно-подзолистых почв. Доминируют пятнистости дерново-подзолистых почв. Основными при дифференциации почвенного покрова являются денудационно-аккумулятивные и водномиграционные факторы. Генетико-геометрический рисунок пятнисто-наложенно-древовидный, в целом структура почвенного покрова несложная по строению и среднеконтрастная по составу [205].

Останинский почвенный район

Останинский почвенный район входит в состав Режевского почвенного округа Зауральской южнотаежной почвенной провинции.

Климат района характеризуется по теплообеспеченности как умеренный, по влагообеспеченности как влажный. Гидротермический коэффициент изменяется

от 1,4 до 1,6 [200, 205].

В широтно-зональном плане территория описываемого района расположена в южной тайге. Коренными являются сосновые леса, однако их участие в растительном покрове незначительно. Здесь преобладают смешанные леса (береза, сосна) с примесью ели, осины. Наземный растительный покров представлен мхами, травостоем из злаков и разнотравья, ягодными кустарничками. Подлесок хорошо развит и состоит из можжевельника, рябины, жимолости, ракитника и др. [205].

Останинский почвенный район расположен в районе приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала [205].

Макрорельеф представляет собой слабовозвышенную умеренно холмисто-увалистую колебаниями расчлененную равнину co средними абсолютных высот 184-255 м и относительными колебаниями до 40-60 м. Большая часть рельефа представлена холмами, увалами, преимущественно со сглаженными вершинами, имеющими мягкие очертания, плосковыпуклые формы с длинными прямыми пологими и покатыми склонами с преобладающей крутизной от 2 до 5°. Глубина местного базиса эрозии колеблется от 75 до 100 м. Холмы и увалы чередуются с пологими ложбинообразными понижениями и другими лощинами, вытянутыми меридионально. Кроме этого из отрицательных форм мезорельефа распространены депрессии различного происхождения на водоразделах, седловины между буграми и холмообразными повышениями, межувальные понижения, долины рек, ручьев. Микрорельеф представлен мелкими бугорками, блюдцеобразными понижениями, кочками, бороздами, промоинами и т. п. [205, 228].

Общая расчлененность рельефа овражно-балочной сетью 0,30-0,40 км/км². Наибольшая расчлененность рельефа наблюдается в приречных зонах. Интенсивность эрозионных процессов от слабой до средней [205, 228].

Поверхностные воды представлены реками Нейва, Реж, Бобровка, Липовка, Глинка и другими мелкими речками, ручьями, озерами [228].

Грунтовые воды по жесткости - от мягких до среднежестких, по степени

минерализации - пресные [204, 205].

В составе почвенного покрова доминируют дерново-сильноподзолистые почвы (40 %) с большим участием серых и темно-серых лесных почв (до 30 %). В составе почвенного покрова принимают участие луговые почвы (15 %) и почвы болотного генезиса (10 %) [205].

3.2.4. Органические структурообразующие субстраты

Опил сосновый (Ramenta pineus)

Опил древесный - мелкая стружка получаемая при пилении, разновидность измельчённой древесины. Фракция частиц опилок зависит от типа и технологических параметров режущего инструмента, в результате работы которого они образованы. Согласно принятой классификации их размер не превышает 50 мм опила [229].

Опил содержит около 70 % углеводов (целлюлоза и гемицеллюлоза) и 27 % лигнина. Баланс химических веществ представлен: 50% углерода, около 6% водорода, свыше 44% кислорода и около 0,1% азота. Данный состав оказывает стимулирующее влияние на рост и развитие микроорганизмов, являясь при этом дополнительным источником минерального питания. Опил способствует обогащению почвы не только элементами питания, но и микрофлорой, является стабилизатором биологической активности почвы, улучшает ее агрофизические и агрохимические свойства [229-231].

Опил является отходом деревообрабатывающей промышленности. В соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов (таблица 20) Отходы распиловки и строгания древесины относятся к V классу опасности отходов, код по ФККО 3 05 200 00 00 0.

Таблица 20 – Федеральный классификационный каталог отходов

Код по ФККО	Наименование отхода
3 05 200 00 00 0	Отходы распиловки и строгания древесины
3 05 220 00 00 0	Отходы из натуральной чистой древесины кусковые
3 05 220 01 21 5	горбыль из натуральной чистой древесины
3 05 220 02 21 5	рейка из натуральной чистой древесины

Код по ФККО	Код по ФККО Наименование отхода	
3 05 220 03 21 5	щепа натуральной чистой древесины	
3 05 220 04 21 5	обрезь натуральной чистой древесины	
3 05 230 00 00 0	Опилки и стружка натуральной чистой древесины	
3 05 230 01 43 5	опилки натуральной чистой древесины	
3 05 230 02 22 5	стружка натуральной чистой древесины	
3 05 290 00 00 0	Древесные отходы из натуральной чистой древесины	
3 03 290 00 00 0	несортированные	
3 05 291 11 20 5	опилки и стружка натуральной чистой древесины несортированные	

Состав опила представлен в таблице 21 [229].

Таблица 21 - Состав отхода распиловки и строгания древесины

Наименование компонента	Содержание, %
Целлюлоза	38,9 - 58,3
Лигнин	20,3 - 30,1
Пентозаны	5,3 - 32,9
Гексозаны	0,5 - 17,8
Зола	0,1 - 1,0

Опил сосновый нашел широкое применение в качестве топлива, сырья для изготовления прессованных промышленных изделий, подстилки для животных (зачастую при смешивании с торфом или соломой), и субстрата для мицелий [229]. Не смотря на это, активное развитие лесопромышленности привело к крупнотоннажному накоплению отходов, которое стало серьезным фактором загрязнения окружающей среды.

По данным Федеральной государственной статистической отчетности [232], предоставляемой хозяйствующими субъектами, на территории Уральского федерального округа на конец 2013 года накапливается порядка 50 тыс. тонн отходов распиловки и строгания древесины. Доля утилизации отходов распиловки и строгания древесины составляет 63,5%, при этом на полигонах размещается более 70 тыс. тонн. [232]. Таким образом, в результате многолетней деятельности таких производств загрязнение окружающей среды в последнее время приобрело характер биосферного процесса, что является одной из актуальных проблем современности (рисунок 22).

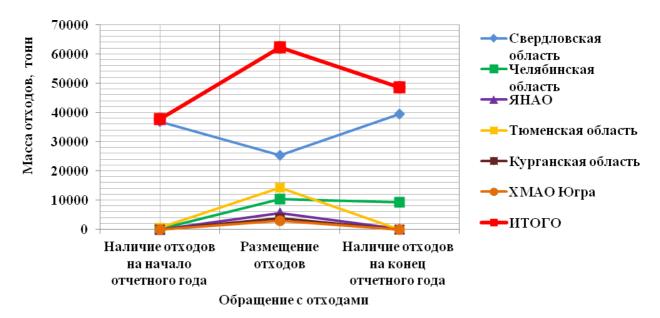


Рисунок 22 - Сведения об обращении с отходом распиловки и строгания древесины в Уральском федеральном округе

Решением проблемы утилизации хынжаннотолонм твердых углеродсодержащих отходов, практически никак не используемых, может стать их использование для биоремедиации нефтезагрязненных почв. Рациональность этого пути заключается в том, что использование органических компонентов лесозаготовительной промышленности не только благоприятно ОТХОДОВ сказывается на скорости деградации углеводородов нефти, но обеспечивает возвращение в почву ее органических компонентов.

Кроме того, в последнее время большое внимание уделяется плодородию почв. Установлено, что в результате недостаточного поступления в почву органического вещества при современной интенсивной системе эксплуатации почв, происходит ухудшение качества питательной ценности И сельскохозяйственной B продукции. настоящее время BO многих агропромышленных регионах России сложился отрицательный баланс гумуса [233].

Положительный баланс органического вещества и уменьшение его подвижности дает только использование минеральных и органических удобрений, либо органоминеральных [234]. Внесение в этих целях навоза неэффективно: есть данные, что применение 20 т/га навоза ежегодно на протяжении 68 лет повысило

содержание органического углерода только на 0,22 - 0,37 % в зависимости от возделываемой культуры [235]. К тому же на животноводческих фермах имеется не более 40-50 % необходимого количества навоза [236]. Таким образом, наряду с рациональным использованием традиционных удобрений идет поиск органических веществ, использование которых возможно в качестве удобрений.

Одним из предлагаемых таких веществ являются отходы древесины. Главным маршрутом деградации для растительного покрова служит разложение скелетного материала наземных растений, представленного лигноцеллюлозой. Она составляет около 1/2 всего углерода, ассимилированного растениями [235].

Сама природа предопределила роль лигнина в процессе создания гумуса, устранив экологическую опасность его накопления на земле путем биологической диссимиляции в почвенных условиях. На основании ранее проведенных исследований [235] установлено, что использование лигноцеллюлозных отходов для получения удобрения и биологической рекультивации нарушенных земель позволит не только существенно улучшить общую экологическую ситуацию, но и вернуть органическое вещество в круговорот углерода в природе. Биоконверсия древесины по своей сути является естественным процессом, и именно остатки древесных пород в лесных биогеоценозах служат основным материалом гумусообразования. Лигнин как объект для использования качестве органического удобрения исследуется давно. Работы по применению его в сельском хозяйстве были всесторонне обсуждены на 1-й и 2-й Всесоюзных конференциях (1978, 1985 гг.), организованных Научным советом АН СССР по проблеме «Химия древесины и ее основных компонентов» и проведенных в Андижанском институте хлопководства. Тогда же были даны рекомендации по использованию лигнина и шламовых отходов для удобрения почв под сельскохозяйственные культуры (хлопок, рис, ячмень, пшеницу, виноград, овощные и бахчевые культуры, травы) как в чистом виде, так и в виде органоминеральных смесей (с азотом, фосфором, калием) [237]. Почвы при этом обогащаются биогенными элементами и органическими компонентами, улучшается их физическая структура.

многочисленных работах [238],показано участие лигнина гумусообразовании, влияние его комплексообразующих свойств на режим питания растений, влияние лигнина и продуктов его распада на активизацию их жизнедеятельности. Рассмотрено воздействие лигнина на почвенную микрофлору, отмечена его положительная роль в качестве органического удобрения и структурообразователя почв. Отмечено положительное действие лигнина на урожайность зеленой массы ячменя и плодородие тяжелых слабоводопроницаемых почв [239]. Имеются также рекомендации по внесению лигнина в чистом виде с добавлением минерального азота [240] и даже без какихлибо добавок с целью поднятия пахотного слоя садоводческих участков [241].

Агротехнические испытания, проведенные на светло-серых лесных почвах опытной деляны учебно-производственного участка Иркутской государственной сельскохозяйственной академии (п. Молодежный) в 1997-1999 гг. [242], показали, что внесение лигнина в чистом виде и в количестве (2,5 т/га) при посеве растений приводит к прибавке урожая в вариантах с ячменем (на 30,3%) и овсом (на 2,4%).

Экспериментальные исследования над разложением древесины чистыми культурами некоторых бактерий и грибов [243], проведенные Бреем и Эндрьюсом, показали, что целлюлоза разлагается достаточно быстро. Общий вывод по способности почвенной микрофлоры разлагать лигнин был сделан Ваксманом [244]: лигнин является наиболее устойчивым соединением против разлагающего действия главных групп микроорганизмов, особенно в анаэробных условиях, так как при этом активность грибов и актиномицетов равна нулю. При аэробных условиях лигнин разлагается, но медленнее, чем целлюлоза. На разложение лигнина оказывают также влияние состав разлагающегося материала и температура. Так, в анаэробных условиях лигнин люцерны не обнаружил разложения, а лигнин стеблей кукурузы разложился (в течение 500 дней) на 30%. При температуре 37°С разложение лигнина в аэробных условиях происходит довольно быстро - в девять месяцев исчезает 50-60%, тогда как при 7°С лигнин сохраняется почти целиком.

Природа микроорганизмов, разлагающих лигнин, еще мало выяснена.

Энергичные разрушители лигнина - некоторые грибы из класса базидиальных (Basidiomycetes) [245]. В зависимости от природы участвующих в разложении микроорганизмов разложение лигнина может происходить с различной быстротой. Различают два типа микробиологических процессов разложения древесных остатков в лесных почвах - деструкцию, характеризующуюся разложением целлюлозы и пентозанов и сохранением лигнина, и коррозию, при которой происходит разложение целлюлозы вместе с лигнином, причем последний иногда разлагается даже быстрее целлюлозы [245].

К числу грибов, вызывающих коррозионное разложение, относится Agaricus nebularis, распространенный в лиственных и смешанных лесах. Это коррозионное разложение древесины, сопровождающееся разрушением лигнина, вызывается плесневым грибком Mucor chlamydosporus racemosus [245].

Кроме грибной коррозии, в природе существует и бактериальная коррозия, при которой также происходит уменьшение лигнина, хотя и не в такой степени, как при коррозии грибами [245].

Из этих примеров, во всяком случае, можно сделать вывод, что в почвах, несомненно, имеется ряд специфических микроорганизмов, обладающих способностью разлагать лигнин наряду с целлюлозой и гемицеллюлозами или даже интенсивнее последних.

Убедительное доказательство в пользу этого вывода - опыты Филлипса, Вейхе и Смита над разложением лигнинсодержащих материалов при заражении их почвенной вытяжкой в аэробных условиях при нейтральной реакции. Эти опыты, продолжавшиеся сравнительно короткий срок (1-2 месяца), обнаружили значительное разложение лигнина, причем в некоторых случаях даже более значительное по сравнению с пептаганами и целлюлозой.

Хан-Денхо [246] установил интересный факт, что разложение лигнина зависит от реакции среды; при нейтральной и щелочной реакции лигнин разлагался медленнее целлюлозы, тогда как при кислой реакции (pH=4,5), наоборот, быстрее последней.

Таким образом, установлено, что для повышения плодородия почв, большое

значение имеет внесение органических удобрений. Недостаток таких удобрений сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур и отрицательно влияет на лесовозобновление. Дефицит органического вещества можно компенсировать не только торфом и навозом, ресурсы которых ограничены, но и естественным источником органических удобрений, которым являются отходы, образующиеся при заготовке и переработке древесины. Опил древесный может быть использован в сельском и лесном хозяйстве без предварительного компостирования. Опил древесный, не только улучшает физические свойства и водный режим почв, но и постепенно разлагаясь, служит естественным органическим удобрением.

Торф

Торф - горючее полезное ископаемое, образующееся в процессе естественного отмирания и неполного распада болотных растений в условиях избыточного увлажнения и затруднённого доступа воздуха. От почвенных образований торф принято отличать по содержанию в нём органических соединений (не менее 50% по отношению к абсолютно сухой массе) [233].

Органическое вещество торф состоит из растительных остатков, претерпевших различную степень разложения. Перегной (гумус) придаёт торфу тёмную окраску. Относительное содержание в общей массе торфа продуктов распада растительных тканей, утративших клеточную структуру, называют степенью разложения торфа. Различают торф слаборазложившийся (до 20%), среднеразложившийся (20-35%) и сильноразложившийся (свыше 35%). По условиям образования и свойствам торф подразделяют на верховой, переходный и низинный [233].

Торф имеет сложный химический состав, который определяется условиями генезиса, химическим составом растений-торфообразователей и степенью разложения торфа. Элементный состав торфа: углерод 50-60%, водород 5-6,5%, кислород 30-40%, азот 1-3%, сера 0,1-1,5% (иногда 2,5) на горючую массу. В компонентном составе органической массы содержание водорастворимых веществ 1-5%, битумов 2-10%, легкогидролизуемых соединений 20-40%,

целлюлозы 4-10%, гуминовых кислот 15- 50%, лигнина 5-20% [233].

полидисперсная многокомпонентная система, Торф - сложная физические свойства зависят от свойств отдельных частей, соотношений между ними, степени разложения или дисперсности твёрдой части, оцениваемой удельной поверхностью или содержанием фракций размером менее 250 мкм. Для торфа характерны большое влагосодержание в естественном залегании (88-96%), 96-97% коэффициент пористость ДΟ И высокий сжимаемости компрессионных испытаниях. Текстура торфа - однородная, иногда слоистая; структура обычно волокнистая или пластичная. Цвет жёлтый или бурый до чёрного [233]. Слаборазложившийся торф в сухом состоянии имеет малую плотность (до 0,3 г/см³), низкий коэффициент теплопроводности и высокую способность. Торф высокой газопоглотительную дисперсности механической переработки) образует при сушке плотные куски с большой механической прочностью и теплотворной способностью 2650-3120 ккал/кг (при 40% влажности). Слаборазложившийся торф - отличный фильтрующий материал, а высокодисперсный используется как противофильтрационный материал. Торф поглощает и удерживает значительные количества влаги, аммиака, катионов (особенно тяжёлых металлов) [233].

Место образования торфа - торфяные болота, встречающиеся как в долинах рек (поймы, террасы), так и на водоразделах (рисунок 23).

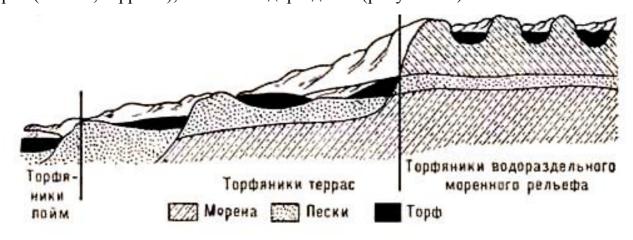


Рисунок 23 – Схема расположения торфяников по рельефу

Происхождение торфа связано с накоплением остатков отмершей растительности, надземные органы которой гумифицируются и минерализуются в

поверхностном аэрируемом слое болота, называемом торфогенным горизонтом, почвенными беспозвоночными животными, бактериями и грибами. Подземные органы, находящиеся в анаэробной среде, консервируются в ней и образуют структурную (волокнистую) часть торфа. Интенсивность распада растенийторфообразователей В торфогенном слое зависит OT вида растения, обводнённости, кислотности и температуры среды, от состава поступающих минеральных веществ. Несмотря на ежегодный прирост отмершей органической массы, торфогенный горизонт не прекращает своего существования, являясь природной «фабрикой» торфообразования. Поскольку хинкфаот на месторождениях произрастает много видов растений, образующих характерные сочетания (болотные фитоценозы), и условия среды их произрастания отличаются по минерализации, обводнённости, реакции среды, сформировавшийся торф на разных участках торфяных болот обладает различными свойствами [233].

Mox сфагнум (Sphagnum (L.)

Мох сфагнум - многолетнее травянистое растение семейства Сфагновые (Sphagnaceae), которое не имеет корневой системы. Преимущественно это болотные мхи, произрастающие густыми плотными скоплениями, образующими крупные подушки или сплошные ковры на сфагновых болотах; реже сфагнум встречаются во влажных лесах. Прямостоячий (высотой 10-20 см) мягкий стебель с пучковидно расположенными ветвями и однослойные листья сфагнума содержат большое количество мёртвых водоносных (гиалиновых) клеток с порами, легко впитывающих воду, что обусловливает высокую влагоёмкость сфагнума и способствует быстрому развитию верховых болот в местах, где появляются эти мхи. Стебли сфагнума ежегодно в нижней части отмирают (рост стебля продолжают верхушечные ветви), образуя торф. Распространен сфагнум преимущественно в тундровой и лесной зонах Северного полушария, в Южном полушарии встречаются высоко в горах, реже на равнинах умеренного пояса [233].

Ветви располагаются на стебле по спирали кластерами, расстояние между которыми ближе к верхушке уменьшается, и они образуют косматую головку

(саріtulum). Мелкие светло-зеленые листья, покрывающие стебель и ветви, состоят из клеток двух хорошо различимых под микроскопом типов (рисунок 24). Узкие зеленые клетки, в которых происходит фотосинтез, соединены концами и образуют сетчатую структуру, в которой происходит движение органических веществ. Между ними находятся крупные прозрачные мертвые клетки, которыми также покрыт весь стебель снаружи. Обилие мертвых клеток-резервуаров позволяет сфагнуму долго сохранять запас воды и питать ей живые клетки. Более того, этот запас пополняется: клетки-резервуары, имеющие отверстия, втягивают и конденсируют пары воды из окружающего воздуха [233].

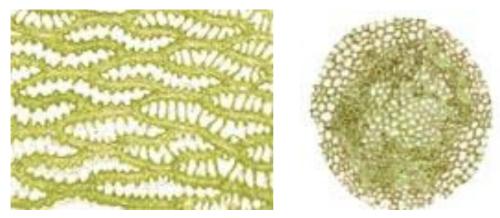


Рисунок 24 – Клетки листа и срез стебля Сфагнума под микроскопом

В отличие от других мхов, сфагнум не имеет ризоидов (тонких нитей, состоящих из одного ряда клеток), благодаря которым мхи укрепляются в почве и питаются через них. Мох сфагнум впитывает воду и минеральные вещества всей своей поверхностью, и произрастает в воде, в верховых болотах, покрывая большие площади плотным ковром салатового цвета. Мох сфагнум выделяет в воду ионы водорода, в связи, с чем вода верховых болот, в которых растёт сфагнум, кислая, имеет коричневатый цвет, малое содержание минеральных веществ и большое содержание гумусовых компонентов [233].

Верхняя часть сфагнума салатового цвета, а нижняя - беловатая. Связано это с тем, что сфагнума одновременно протекают процессы роста и разложения. Верхушка растет, вытягиваясь вверх на 1-3 см в год, а нижняя подводная часть отмирает и со временем превращается в торф, поэтому стебель постепенно опускается вниз. Однако, из-за постоянного накопления торфа (до 1 см в год в верхних слоях) поверхность болота медленно поднимается – формируются так

называемые верховые болота, в которых обычно нет трясин, а уровень воды находится на 10-20 см ниже поверхности сфагновой дернины [233].

Отмирающие нижние части сфагновых мхов формируют многометровые отложения торфа. В верхних слоях идет постепенное разложение органических веществ, нижние под давлением верхних слоев уплотняются — на глубине несколько метров одному году соответствует уже слой толщиной несколько миллиметров, а возраст глубинных слоев составляет несколько тысячелетий (для старых болот Вологодской области — 8000 лет на глубине 2 м, 12000 лет на глубине 4 м). В результате процесса постепенного уплотнения и модификации торфа за этот период образовались месторождения бурого угля [233].

Мхи и лишайники – растения, не имеющие циркуляторной системы, так как получают влагу из осадков или атмосферы, используя осмотическое давление. Это означает также, что они одновременно поглощают все содержащиеся в окружающей среде вещества, в том числе вредные, не обладая механизмами освобождения от них. Поэтому мхи и лишайники являются индикаторами состояния окружающей среды. Накапливая поступающие с осадками минеральные вещества, бриофиты, разлагаясь по завершении жизненного цикла, отдают их подстилающей почве вместе со своей биомассой, поэтому они жизненно важны для здоровья леса [233].

Наиболее важной особенностью сфагнума, приобретенной в ходе миллионов лет эволюции, является его способность впитывать и сохранять от 12 до 20 весовых частей воды на часть сухого веса (в зависимости от биологического вида сфагнума), а также его бактерицидные свойства.

Исследования кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета [234] по изучению химического состава и абсорбционных свойств белого мха – сфагнума, показали, что из него выделяется большой набор веществ с бактерицидными и противогрибковыми свойствами, и подтвердили его высокую впитывающую способность. Биологически активные вещества извлекали из растения с помощью различных растворителей: дистиллированной воды, этанола, бутанола, эфира и хлороформа. Самым лучшим

растворителем для экстрагирования веществ оказалась дистиллированная вода. Исследователи выделили из сфагнума шесть фенокислот (изохлорогеновую, фумаровую, кофейную, хлорогеновую, пирокатехиновую, федуловую) и шесть веществ из класса кумаринов (эскулетинн, эскулин, умбеллиферон, скополетин, кумарин, герниарин). Эти вещества обладали ярко выраженным бактерицидным действием, особенно сильно они действовали на культуры стафилококка и стрептококка. Экстракты из сфагнума оказались также губительными для грибковых инфекций. Ученые предположили, что противогрибковым действием сфагнум обязан, прежде всего, кумаринам.

Способность сфагнума формировать торф обусловлена следующими основными факторами [233-235]:

- 1. исключительной способностью удерживать воду, что обеспечивает насыщение водой и препятствует доступу кислорода к органическим отложениям, замедляя их разложение;
- 2. малым содержанием питательных веществ, что еще больше замедляет разложение;
- 3. способностью создавать кислую среду, препятствующую деятельности большинства микроорганизмов;
 - 4. содержанием природных антибиотиков (сфагновых кислот).

Mox канадский торфяной ((Miner's moss) Canadian Sphagnum Peat moss - Spill Sorb)

Сорбент нефтепродуктов на основе торфяного сфагнового мха «Miner's moss (Canadian Sphagnum Peat moss - Spill Sorb)» (далее Spill Sorb) — абсолютно натуральный, органический, неядовитый, испытанный в лабораторных и полевых условиях, промышленный сорбент. Испытывался в качестве промышленного поглотителя и агента для ремедиации и рекультивации, который относительно эффективен и не поддается выщелачиванию при устранении загрязнений почвы нефтепродуктами и ликвидации разливов нефтепродуктов в водной среде. Сорбент Spill Sorb для сбора нефтепродуктов подавляет пары и впитывает углеводороды из земли и воды во влажных и сухих условиях [236].

Технические характеристики сорбента представлены в таблице 22.

Таблица 22 - Технические характеристики сорбента Spill Sorb

Наименование параметра	Единица измерения	Величина*	
Вид		Сыпучий материал светло-	
	-	коричневого цвета	
Состав		Торфяной сфагновый мох с 10%	
	-	влажностью	
Емкость поглощения:			
- для нефти	кг/кг сорбента	3,96 – 81	
- для дизельного топлива	кг/кг сорбента	3,12	
Насыпная плотность	кг/м ³	135 - 180	
Влажность	%	9	
Термостойкость	°C	Не менее 150	
Температура применения	°C	От - 50 до + 60	
Плавучесть:			
- сорбента	час Не менее 1		
- использованного сорбента		Не ограничена	
Класс опасности	ГОСТ 12.1.007-76	4	
Гарантийный срок хранения	лет	Не ограничен	
Упаковка	-	Полиэтиленовый мешок.	

^{*} по данным ВНИИПО МЧС России; по данным производителя

Свойственная абсорбенту *Spill Sorb* капиллярность обеспечивает очень мощную способность к впитыванию, что позволяет использовать его для изолирования нефти, растворителей, пестицидов, гербицидов и других органических химикатов. При промышленном и даже бытовом применении он способен абсорбировать масляные краски, полихлорированные бифенилы, чернила, растительные масла и кровь [236].

Среди основных преимуществ сорбента для нефтепродуктов *Spill Sorb* выделяются [236]:

- 1. Способность биоразложения (биодеградации) поглощенных углеводородов;
 - 2. Отсутствие десорбции;
 - 3. Возможность применения на воде и суше;
 - 4. Высокая скорость и большой объем впитывания;
 - 5. Универсальность (более 85 абсорбируемых веществ);
 - 6. Неабразивность сорбента;

- 7. Не требует специальной подготовки и оборудования при применении;
- 8. Натуральный сорбент.

Исследование влияния торфяного абсорбента *Spill Sorb* на очистку почвы от нефтяного загрязнения проводилось в 2008 году кафедрой промышленной экологии ФХТЭ РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. Отчет по результатам эксперимента получен осенью 2008 года и описывает влияние использования абсорбента *Spill Sorb* на динамику содержания углеводородов в почве и ускорение процесса биоразложения, распространение нефтяного загрязнения вглубь почвы, вторичное загрязнение участков. В рамках исследования было определено положительное влияние абсорбента на показатели токсичности, агрохимические показатели почвы, парализацию микрофлоры и активности микробиоценоза почв, всхожесть семян и фитоценотические показатели растений (длина корней и стеблей, накопление биомассы в динамике), и др. [236].

Исследование по Оценке возможного использования абсорбента Spill Sorb для оптимизации экологической обстановки, рекультивации и восстановления загрязненных почв различными нефтепродуктами и химикатами было проведено в 2008 году при «РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева» (кафедра почвоведения Факультета почвоведения, агрохимии и экологии). Отчет по результатам эксперимента описывает влияние использования абсорбента для оптимизации экологической обстановки при загрязнении почв нефтью, нефтепродуктами, тяжелыми металлами и др. В отчете приведены данные по исследованию на способность биоразложения возможность захоронения сорбированных И углеводородов в почве, отсутствия выщелачивания и вымывание водой, влияние на улучшение динамики развития растений [236].

Сорбирующий материал «Мегасорб»

Сорбент «Мегасорб» представляет собой нетканый, волокнистый материал, сформированного выполненный виде полотна, единую, объемную скрепленных собой гидрофобных гофрированную структуру между ИЗ полимерных волокон. При таком способе формирования создаются дополнительные ёмкие полости, в которые нефть свободно проникает при непосредственном контакте, заполняет весь объем полотна за счет капиллярных сил, при этом прочно держится внутри гофрированной волокнистой структуры сорбента за счет адгезии и легко отделяется при отжиме. Технические характеристики сорбента представлены в таблице 23 [247].

Сорбент «Мегасорб» обладает уникальной структурой формирования «нетканого холста», которая позволяет нефти легко заполнять свободные пространства всего объема полотна за счет капиллярных сил, прочно держаться внутри сорбента, в основном за счет адгезии, и легко отделяться при отжиме путем механического воздействия [247].

Таблица 23 - Технические характеристики сорбента «Мегасорб»

Характеристика		Значение
Поверхностная плотность, кг/м ²		0,5 - 0,55
Толщина, мм		25 - 50
Нефтеемкость	при сборе с поверхности воды, кг/кг	35 - 40
	в режиме фильтрации	10 - 12
Грязеемкость, $\kappa \Gamma/M^3$		5 - 7
Рабочий диапазон температур воды, °С		от +4 до +50
Количество циклов регенерации отжимом		500
Нефтеотдача при отжиме, %		70 - 75
Скорость сорбции, кг/мин/кг		3 - 4
Скорость фильтрации, м ³ /час	рабочий режим	5 - 7
	Форсированный режим	8 – 10
Степень очистки, %		97,5 – 98
Регенерация сорбента		Промывка
		Противоток
		Отжим
Утилизация отработанного сорбента		Сжигание

Благодаря упругой структуре состоящих из чередующихся плотных слоёв и пустот сорбент «Мегасорб» способен выдерживать многократные нагрузки при отжиме, не изменяя при этом своей структуры. В лабораторных условиях были проведены ресурсные испытания сорбента, которые показали, что механическая прочность структуры была нарушена только к 500 циклу регенерации отжимом при нагрузке 0,25 кг/см². При этом количество впитанной нефти и количество отжатой нефти оставалось на уровне 25 и 15 г/г, что существенно превышает показатели аналогов [247].

Способность сорбента «Мегасорб» впитывать нефтепродукты с различной вязкостью представлена на рисунках 25, 26, из которых видно, что сорбент «Мегасорб» одинаково хорошо впитывает как легкие жидкие моторные масла, так и густые высокопарафиновые нефти [247].

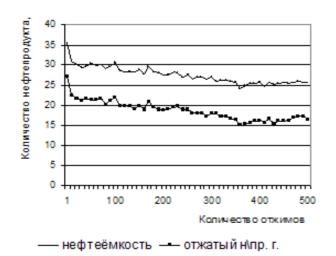


Рисунок 25 - Изменения нефтеёмкости сорбента и кол-ва отжатой нефти при многократных отжимах



1 ряд - густая вы сокопарафиновая нефть 2 ряд - жидкое моторное масло

Рисунок 26 - Изменение нефтеёмкости сорбента «Мегасорб» для нефтепродуктов с различной вязкостью

Области применения сорбента [247]:

- 1. Сбор нефти и нефтепродуктов (легкий мазут, моторные, машинные и др. масла) с поверхности воды при аварийных разливах;
- 2. Сбор аварийных разливов нефтепродуктов с твёрдой поверхности (асфальт, бетон) с использованием простых технических средств, оснащённых сорбентом «Мегасорб»;
 - 3. Экологическое оснащение речных судов и портов;
- 4. Сбор нефтепродуктов с поверхности прудов-отстойников любых очистных сооружений;
- 5. Фильтрующая загрузка для очистки промышленных и сточных вод от нефтяных загрязнений в очистных сооружениях промышленных предприятий;
- 6. Фильтрующая загрузка в установках локальной очистки производственных стоков на промышленных предприятиях;
 - 7. Очистка поверхностных и ливневых стоков от нефтепродуктов в

системе городского хозяйства (автобазы, автомойки, автозаправочные станции);

8. Высокоэффективный сорбирующий материал для выделения из производственных стоков пищевых жиров и масел.

3.2.5. Тест-культуры

При проведении биоиндикации следует подвергать действию изучаемых факторов одновременно несколько видов растений, различающихся по устойчивости к стрессорам, поскольку видовая специфика, как правило, заключается не в особых биохимических или физиологических реакциях, а в генетически детерминированной восприимчивости [248].

В связи с указанными учениями, для проведения битестирования нефтезагрязненных почв, и обеспечения достоверности получаемых результатов, подобраны растения, благоприятно произрастающие в природно-климатических условиях Уральского федерального округа, используемые в качестве фитомелиорантов, и относящиеся к семействам бобовые, злаки и капустные: клевер луговой ($Trofolium\ pretense\ (L.)$), овес посевной ($Avena\ sativa\ (L.)$), горчица обыкновенная ($Brassica\ nigra\ (L.)$).

Клевер луговой (Trofolium pretense (L.))

Клевер луговой (*Trifolium pratense* (*L*.)) - многолетнее стержнекорневое растение. Влаголюбив, нетребователен к теплу, отрицательно реагирует на засоление и кислотность почвы [233].

В пределах рода *Trifolium* (*L*.) Известно свыше 300 видов. На территории РФ произрастают 65 видов клевера, в культуру введено только 20, однако имеется еще много ценных видов, представляющих практический интерес [233]. В роде *Trifolium* (*L*.) Преобладают диплоиды, полиплоидные виды составляют -25,5%.

Trifolium pretense представлен двумя сортотипами: раннеспелым, или двуукосным (*var. praccox*), и позднеспелым, или одноукосным (*var. serotinum*). Двуукосные возделывают в южных, юго-западных и частично западных районах клеверосеяния. Позднеспелый одноукосный *Trifolium pratense* (*L.*) возделывают в

северных, северо-восточных, восточных и центральных районах РФ. *Trifolium pratense* (L.) южного типа характеризуется более высокой облиственностью, меньшим ростом, пониженной зимостойкостью по сравнению с северным. *Trifolium pratense* (L.) южного типа в год посева дает семена, а северный, как правило, образует лишь прикорневую розетку листьев. По морфологическим признакам двуукосные сорта отличаются тем, что имеют 5-7 междоузлий, а одноукосные – 7-9 и более [233].

Корневая система у Trifolium pratense (L.) позднеспелого типа стержневатомочковатая, у скороспелого – стержневая, хорошо развитая. Корни *Trifolium* pratense (L.) проникают в почву на глубину – 2-2,5м и распространяются в стороны от стержневого корня на 50-60см. Однако большая часть корней располагается в пахотном слое почвы (20-25 см). Масса их обычно составляет 70% надземной части. Клубеньки вначале развиваются на стержневом корне, а затем на боковых корнях. Образование клубеньков совпадает с появлением первого тройчатого листа и к фазе начала цветения масса клубеньков достигает максимума. У позднеспелых сортов формируется более развитый симбиотический аппарат, чем у раннеспелых сортов. Через 2 месяца после всходов корневая шейка центрального корня втягивается в почву на глубину 3-4см. Погружение корневой шейки в почву предохраняет почки от поедания животными и вымерзания в зимний период. Стебли Trifolium pratense (L.) округлые, внутри полые, опушены прижатыми белесоватыми волосками. При избыточном увлажнении полегают. Листья сложные, тройчатые; нижние имеют длинные черешки, верхние более укороченные. Форма листовых пластинок яйцевидная, удлиненнояйцевидная, эллиптическая. На пластинке имеется характерное белое треугольное пятно. Масса листьев раннеспелого южного клевера составляет – 42-44% массы надземной части, позднеспелого – около – 40%. Соцветие – плотная головка, состоящая в среднем из 100 цветков. При достаточном количестве опылителей и благоприятной погоде во время цветения около 50 цветков оплодотворяются и дают семена. Цветок состоит из чашечки, венчика, завязи со столбиком и тычинок. Плод – односемянный, редко двусемянный боб. Семена яйцевидной

формы, с выступающим зародышевым корешком, сплюснутые, желтоватой, бурой или фиолетовой окраски. Масса 1000 семян – 1,6-1,8 г [233].

Trifolium pratense (*L.*) — холодостойкое растение, малотребовательное к теплу. Семена прорастают при 2-3°C. Оптимальная температура для роста и развития — 18-20°C. Если полевая влагоемкость — 70-80% и температура почвы — 18-20°C, то всходы клевера появляются через 5-6суток, а при 10-15°C через 6-8 суток. Критическая температура в зоне расположения корневой шейки, при которой наблюдается сильное изреживание, зависит от возраста растений и условий выращивания. В начале зимы *Trifolium pratense* (*L.*) первого года жизни в фазе прикорневой розетки хорошо переносит температуру до (-15°C). Морозостойкость во время зимы со второго на третий год жизни обычно ниже, чем в год посева. Со второй половины зимы устойчивость растений к низким температурам заметно снижается. При температуре (-11°C) — (-13°C) *Trifolium pratense* (*L.*) второго года жизни изреживается почти на 50%. Наименьшая морозостойкость отмечается весной [233].

Trifolium pratense (L.) — влаголюбивое растение. Если влажность почвы продолжительное время удерживается ниже влажности разрыва капилляров, то *Trifolium pratense* (L.) сбрасывает симбиотический аппарат и рост растений замедляется. *Trifolium pratense* (L.) не переносит избытка влаги в почве, а при застое воды на поле погибает [233].

Trifolium pratense (*L.*) – растение длинного дня. Северные клевера более чувствительны к изменению длины дня, чем южные. При продвижении к югу, сокращении длины дня и повышении напряженности температурного режима междоузлия у позднеспелого клевера становятся короче, высота стеблей заметно уменьшается. Это связано с тем, что в более южных районах *Trifolium pratense* (*L.*) быстрее набирает необходимую сумму активных температур для перехода из одной фазы в другую и меньше остается времени на ростовые процессы. *Trifolium pratense* (*L.*) относительно теневынослив, поэтому его можно подсевать под покров различных культур [233].

Trifolium pratense (L.) хорошо растет на дерново-подзолистых, серых

лесных, черноземных почвах, однако не переносит кислых и сильно засоленных почв [205, 216, 233]. При рН почвенного раствора менее 4,5 он, как правило, выпадает. Неустойчивы посевы Trifolium pratense (L.) на супесчаных почвах с песчаной подпочвой. Запаздывание с подсевом Trifolium pratense (L.) приводит к резкому его угнетению. При посеве под покров озимых культур его высевают весной по таломерзлой почве или при наступлении физической спелости почвы. Норма высева определяется густотой растений перед уборкой, обеспечивающей наибольший урожай вегетативной массы. Если учесть, что при густоте 1,8 млн. растений/га сорт может реализовать потенциальную продуктивность, то с учетом полевой всхожести (75%), зимне-весеннего и летнего изреживания посевов (30%) достаточно посеять – 3,5-4 млн. всхожих семян/га, или 7-8 кг/га. Повышенную норму высева применяют при заведомо плохой агротехнике, в частности при неправильном выборе покровной культуры. Энергетические преодоление слоя 1см среднесуглинистой почвы составляют около 20% сухой массы семени. Следовательно, критическая глубина посева на такой почве 4 см. При этом поверхности почвы достигают только наиболее выполненные семена с большей силой роста, более половины семян не дают всходов. На легких супесчаных почвах расход сухого вещества на преодоление 1 см почвы ниже – 13-17%, критическая глубина посева больше – около 5 см. На тяжелосуглинистых и глинистых почвах она снижается до 2,5см, причем клевер на таких почвах высевать нежелательно. На глубину, близкую к критической, высевают семена только в том случае, если верхний слой почвы пересох. При достаточной влажности почвы глубина посева должна быть минимальной – 1-2 см. Это обеспечит наибольшую полевую всхожесть, выровненные дружные всходы, наименьшую изреживаемость в течение вегетации, высокую продуктивность посева. На легких почвах для улучшения контакта семян с почвой и восстановления капиллярных связей после посева почву прикатывают [233].

Овес посевной (Avena sativa (L.))

Овес посевной (Avena sativa (L.)) - однолетнее травянистое растение, вид рода Овес (Avena), широко используемый в сельском хозяйстве злак. Avena sativa

(*L*.) - зернофуражная культура [233].

Avena sativa (L.) — однолетнее злаковое растение с мочковатой корневой системой, основная масса состоит из придаточных корней, которые идут из узлов кущения и расходятся от основания стебля по всем направлениям в пахотном слое Стебель - соломина, разделенная на полые междоузлия. Листья линейные, шероховатые, соцветие - раскидистая метелка, колоски 2-3 цветковые, цветки самоопыляющиеся, плод — зерновка [233].

Аvena sativa (L.) не требователен к теплу. Семена его могут прорастать при температуре 3-4 С, а всходы хорошо переносят весенние заморозки. Вегетационный период сравнительно короткий (98-110 дней). Это дает возможность с успехом его возделывать в северных районах, где осенние заморозки в фазе молочной спелости зерна опасны для данного вида растений. Avena sativa (L.) - растение умеренного климата, высокие температуры Avena sativa (L.) переносит хуже, чем ячмень [233].

Avena sativa (L.) - влаголюбивое растение. Много влаги требуется во время прорастания зерна. При посеве в сухую почву, особенно в холодную погоду, семена *Avena sativa* (L.) долго могут пролежать, не прорастая. Переувлажнение тоже сказывается неблагоприятно на прорастании семян. Острую потребность во влаге овес испытывает в период от кущения до выметывания [233].

Avena sativa (L.) подразделяют на две группы видов:

- а) однолетние, или настоящие, овсы полевые злаки;
- б) многолетние овсы луговые кормовые злаки (например, райграс высокий (Arrhenatherum elatius)).

В группе однолетних *Avena sativa* (*L*.) насчитывается 16 видов, большинство из которых - дикие растения (овсюги). Из диких видов *Avena sativa* (*L*.) наиболее распространен овсюг обыкновенный, который как злостный сорняк, засоряет посевы яровых зерновых (пшеницы, ячменя и др.) [233].

Основная обработка почвы под посев $Avena\ sativa\ (L.)$ - зяблевая вспашка с предварительным лущением стерни. Удобрение под $Avena\ sativa\ (L.)$ обычно не вносят, его помещают последней культурой в севообороте по ранее удобренным

полям [233].

Сеять *Avena sativa* (*L*.) нужно как можно раньше и заканчивать в кратчайшие сроки. Глубина заделки семян 3-4 см, норма высева 1,5-1,9 ц/га, или 4,5-5,5 млн. зерен. После посева желательно поле прикатать. Сроки уборки *Avena sativa* (*L*.) определяются состоянием спелости зерна [233].

Горчица обыкновенная (Brassica nigra (L.)).

Brassica nigra (L.) - вид однолетних растений рода Капуста (Brassica) семейства Капустные (Brassicaceae), в диком виде встречается в умеренных и тропических районах Европы, Азии и Африки [233].

Brassica nigra (L.) - однолетнее растение. Стебель 10-100 см высотой, угловатый, ветвистый, покрыт горизонтально-отстоящими жесткими простыми волосками, в пазухах ветвей часто красновато-фиолетовые пятна. Нижние листья черешковые, перисто-надрезанные, по краю неравномерно-зубчатые с округлой тупой верхней долей; верхние - сидячие, удлиненно-овальные, с заостренной верхушкой. Соцветие удлиненная Цветки актиноморфные, кисть. четырехчленные, лепестки расположены крестообразно, желтые, вдвое превышают чашелистики. Плод - стручок, состоит из двух члеников: нижний удлиненно-цилиндрический, вскрывающийся, многосемянной (до 20 семян), верхний - вытянут в конический четырехгранный невскрывающийся, обычно односемянный носик, отделяющийся от нижнего членика клиновидным валиком. Стручок деревянистый, голый, соломенно-желтый, на коротких и толстых, косо вверх направленных плодоножках. Семена шаровидные, темно-коричневые или почти черные. Цветет в мае-июне, плодоносит в июле-августе. Максимальная плодовитость - до 20000 семян. Минимальная температура прорастания семян 2-4°C, оптимальная 14-20°C. Свежие семена прорастают плохо из-за наличия у них периода покоя. Коричневые семена обладают большей энергией и скоростью прорастания, чем черные. Семена прорастают с глубины не более 5-6 см, сохраняют всхожесть в почве до 10 лет. Семена сохраняют всхожесть после прохождения через пищеварительный тракт животных [233].

Общее распространение: Средняя и Юго-Западная Европа, Северная

Африка, Центральная Азия, Северная и Южная Америка (заносное), Северная Австралия (заносное). В Средиземноморских странах, вероятно, встречается в диком состоянии, на остальной территории - дичает. На территории бывшего СССР встречается: в Европейской части (Нижне- и Верхне-Волжский регионы, Крым), на Кавказе (Южное Закавказье) [233].

На вторичных, нарушенных местообитаниях - у жилищ, в садах, на полях, вдоль дорог, а также - по долинам рек [233].

В семенах содержится также 24-41 % жирного невысыхающего масла, основными компонентами которого являются эруковая, олеиновая, линолевая, пальмитиновая, лигноцериновая и линоленовая кислоты; есть следы стеариновой и арахиновой кислот [233].

3.3. Методика исследований

Используемые в работе материалы, соли и их растворы отвечают основным требованиям и ГОСТам (ГОСТ 25336-82, ГОСТ 9147-80, ГОСТ 23932-90, ГОСТ 12026-76 и др.); применяемые химические реактивы марок «х.ч.» и «ч.д.а.». Измерения проводили с использованием стандартных ГОСТированных методик (ГОСТ 24104-2001, ГОСТ 16128-70, ГОСТ 17.4.4.02-84, ОСТ 56-69-83, ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 и др.), которые позволили с высокой степенью точности и достоверности провести необходимые измерения и получить воспроизводимые результаты.

Используемое современное новейшее оборудование и приборы имели высокие ключи точности и не вносили погрешности в измерения. Взаимодополняющие, независимые физико-химические методы исследования: весовой, ИК-спектроскопия и другие позволили достаточно точно и полно изучить механизмы процессов, протекающих как при деструкции углеводородов нефти, так и при сорбции углеводородов нефти структурообразующих субстратов и широко используемых сорбентов.

Весовой метод определения нефтепродуктов в почвах

Определение нефтепродуктов в образцах замазученных грунтов и почв проводилось по общепринятой методике. Для проведения исследований образцы почвы просушивались, измельчались и протирались через сито с диаметром ячеек 1 мм. Из образца отбиралась аналитическая проба почвы массой 30 - 100 г (трехкратной повторности), которая высушивалась до постоянной массы. Навеска почвы помещалась в колбу емкостью 150 мл, смачивалась четыреххлористым углеродом (ЧХУ) до влажного состояния. Затем несколько раз проводилась экстракция путем добавления 10 - 15 мл ЧХУ до получения в последней порции бесцветного экстракта. Полученная вытяжка ЧХУ выпаривалась в вытяжном шкафу на водяной бане или удалялась ЧХУ методом отгонки. С этой целью экстракт помещали в колбу емкостью 250 мл, которая соединялась с холодильником Либиха, и ставилась ее на водяную баню для выпаривания. Когда в колбе оставалось 20 - 25 мл жидкости, отгонка прекращалась. Содержимое колбы сливалось в стаканчик емкостью 50 мл. Колба дважды ополаскивалась ЧХУ по 10 мл и сливалась в тот же стаканчик. Стаканчик помещался в вытяжной шкаф для испарения [26].

Для очистки полученного экстракта готовилась колонка, представляющая собой стеклянную трубку высотой 10 - 15 см и диаметром 1 см, с оттянутым нижним концом до диаметра, равного 1 мм. В нижнюю часть колонки вкладывался слой стекловаты толщиной 1 см, затем колонка заполнялась окисью алюминия (для хроматографии) на 2 - 8 см и покрывалась слоем стекловаты. Приготовленная колонка закреплялась в штативе, а ее содержимое с помощью пипетки смачивалось 3-5 мл гексана [26].

Под носик колонки ставился взвешенный на аналитических весах пустой стаканчик емкостью 50 мл. В таком виде фильтрационная колонка считалась готовой к работе [26].

Оставшийся в стаканчике после испарения ЧХУ осадок растворялся в 5 -10 мл нормального гексана и переносился в колонку, стаканчик споласкивался три раза 2 мл гексана и этот смыв вносился в колонку. После окончания фильтрации колонка промывалась 2 - 3 порциями гексана (по 2 - 3 мл). При получении

гексанового раствора нефтепродуктов, освобожденного от полярных соединений, гексан и ЧХУ испарялись в потоке воздуха при комнатной температуре. После полного удаления растворителей стаканчик взвешивался, выдерживался в течение получаса в лаборатории до полного испарения. Повторно взвешивался на аналитических весах и при совпадении массы анализ заканчивался [26].

По разности массы с содержимым и без содержимого определялась масса обнаруженных нефтепродуктов. Содержание нефтепродуктов (X мг/кг почвы) вычислялось по формуле 3:

$$X = \frac{A}{B} \cdot x \cdot 1000,\tag{3}$$

где A — найденное количество нефтепродуктов, мг;

B – масса навески почвы, взятой для анализа, г.

Метод ИК-спектрометрии с использованием анализатора AH-2 определения нефтепродуктов в почвах

Определение массовой доли НП в почве осуществлялось согласно ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 методом ИК-спектрометрии с использованием анализатора АН-2 [235]. Метод заключался в экстракции НП из почвы четыреххлористым углеродом (ЧХУ), хроматографическом отделении НП от сопутствующих органических соединений других классов, и качественном определении НП по интенсивности поглощения в ИК-области спектра.

Навеска исследуемой пробы (0,2-5 г, в зависимости от ожидаемого содержания НП) помещалась в колбу емкостью 100 мл с притертой пробкой. Проба почвы в колбе заливалась 10 мл ЧХУ и встряхивалась на перемешивающем устройстве в течение 15 мин. Полученный экстракт фильтровался через бумажный фильтр в градуированный цилиндр на 50 мл. Экстракция с последующим фильтрованием повторялась еще раз с новой порцией ЧХУ. Колбы с остатками почвы ополаскивались ЧХУ (по 3 мл в каждую), и экстракт пропускался через фильтр. После фильтрации через фильтры пропускалось еще по 3 мл ЧХУ. Затем фиксировали суммарный объем в цилиндре. После этого на приборе ориентировочно оценивалось содержание НП. В случае завышенных

показаний (более 90 мг/л) проводилось разбавление экстракта [249].

В подготовленную хроматографическую колонку, заполненную оксидом алюминия, наливалось 3 мл ЧХУ для смачивания сорбента. После того, как ЧХУ впитывался в сорбент, в колонку порциями вливался экстракт так, чтобы уровень жидкости не опускался ниже верхнего края слоя окиси алюминия. После прохождения пробы в колонку вливалось дополнительно 3 мл ЧХУ. Элюат собирался в цилиндр на 25 мл и измерялся объем. После этого необходимое количество элюата заливалось в кювету и устанавливалось в анализатор АН-2. Фиксировались показания прибора, соответствующие содержанию НП в элюате (в мг/л).

Обработка результатов измерения проводилась по следующей формуле:

$$X_{M\Gamma/K\Gamma} = (C_{M3M.} \cdot V \cdot V_2 \cdot V_3) / (M \cdot V_a \cdot V_1)$$

$$(4)$$

где: $X_{M\Gamma/K\Gamma}$ – количество НП, мг/кг почвы;

Сизм – показания прибора, мг/кг;

М – масса навески, кг;

V – общий объём экстракта, л;

 V_1 – объём экстракта для разбавления, л;

 V_2 – объём экстракта после разбавления, л;

 $V_{\it 3}$ – объём элюата после колонки, л;

 V_a – объём аликвоты, введённой в колонку, л.

Метод биоиндикации при определении токсичности нефтезагрязненных почв

Биоиндикация - это использование хорошо заметных и доступных для наблюдения биологических объектов с целью определения компонентов менее легко наблюдаемых (например, различных воздействий или загрязнителей) [248, 250 – 252]. К индикационным признакам относятся [250]:

- флористические (различия в видовом составе);
- физиолого-биохимические (характеристики химического состава, обмена веществ, их аномалии, особенности состава пигментов, определяющих цвет растений);

- эколого-физиологические, в частности отношение к воде, засолению почв, характеру субстрата и т.д. (выявление ксерофитов, мезофитов, галофитов, петрофитов и др.);
- морфологические (размеры, особенности внешнего и внутреннего строения растений, в частности ветвления, пролиферации, искривлений и других отклонений, ширина годичных колец и др.):
 - эколого-морфологические (особенности жизненных форм);
 - онтогенетические (особенности фенологии, длительность развития);
 - ассоциированность видов;
- структура сообществ (синузиальная, вертикальная и горизонтальная особенности сложения ярусов, микрогруппировок, микрофитоценозов);
- эколого-динамические, эколого-генетические ряды, сукцессии
 (взаимоотношения и динамика сообществ в пространстве и во времени) и др.

Принцип метода основан на выявлении нарушений анатомоморфометрические характеристик испытуемых тест-культур под негативным (токсическим) влиянием загрязняющих веществ [250].

Основная концепция исследований заключалась в быстрой оценке влияния загрязненных почв на морфометрические показатели тест-культур, выращиваемых на протяжении 45 суток [250].

Для расчета значения фитотоксичности почв (Ті) применялась формула, предложенная Л.П. Брагинским [251], преобразованная введением дополнительных критериев, являющихся наиболее значимыми при определении фитотоксичности:

- 1. Длина ростков тест-культур, в силу того, что при процессе фиторемедиации большое влияние оказывает фитоиспарение загрязнения с поверхности наземных органов растений;
- 2. Длина корней тест-культур, вследствие того, что одним из основных механизмов фитомелиорации почв при загрязнении углеводородами нефти является их деструкция микроорганизмами, ассоциированными с корнями растений в ризосфере, кроме того, своей корневой системой растения

способствуют улучшению газовоздушного режима загрязненной почвы и обогащают её различными активными соединениями;

3. Биомасса растений, в связи с тем, что одним из процессов деструкции загрязнений в процессе фиторемедиации является использование растениями компонентов загрязняющих веществ в качестве источника питания, с их дальнейшей фитотрансформацией.

Однако, используя многокритериальный подход, к определению токсичности нефтезагрязненных почв, возникает необходимость объективной оценки значимости частных критериев (k_i) . Весовые коэффициенты должны качественно отражать важность соответствующих частных критериев. Величина (k_i) определяет важность i-го критерия и задает в количественном измерении предпочтение i-го критерия над другими. Весовые коэффициенты (k_i) должны удовлетворять условию:

$$\sum_{i=1}^{n} k_i = 1 \tag{5}$$

Определение коэффициентов значимости частных критериев, применяемых для определения значения фитотоксичности, проводится по системе весовых коэффициентов Фишберна [252]. Первый по значимости фактор имеет вес:

$$k_i = \frac{n}{1 + 2 + \dots + n} \tag{6}$$

где: k_i – коэффициент значимости частного критерия,

n – количество факторов в рассмотрении.

Коэффициент значимости следующего, менее значимого, частного критерия будет по идентичной формуле, но в числителе будет значение: n-1.

Таким образом, зависимость значения фитотоксичности почв на анатомоморфометрические характеристики испытуемых тест-культур принимает следующий вид:

$$T = k_N * \left(\frac{N_k - N_x}{N_k}\right) + k_L * \left(\frac{L_k - L_x}{L_k}\right) + k_l * \left(\frac{l_k - l_x}{l_k}\right) + k_M * \left(\frac{M_k - M_x}{M_k}\right), \tag{7}$$

где, Т – фитотоксичность, %,

 k_i – коэффициент значимости частного критерия,

 N_k – всхожесть тест-культур в контрольном образце, шт.;

 N_x – всхожесть тест-культур в исследуемом образце, шт.;

 L_k – длина ростков тест-культур в контрольном образце, см;

 L_{x} – длина ростков тест-культур в исследуемом образце, см;

 L_k – длина корней тест-культур в контрольном образце, см;

 1_x – длина корней тест-культур в исследуемом образце, см;

 M_k – биомасса тест-культур в контроле к завершению исследований, г;

 M_{x} – биомасса тест-культур в образце к завершению исследований, г.

Методика микробиологического анализа образцов почв

Этап микробиологических исследований, включающих в себя анализ численности углеводородокисляющих микроорганизмов, общей численности микроорганизмов, численности бактерий, принадлежащих к родам Pseudomonas, Bacillus, Sarcina, Rhodococcus, Mycobacterium, Nocardia, коринеморфных бактерий, актиномицетов и кокков, определение количества микроскопических грибов, а так же расчет коэффициента разнообразия Симпсона, выполнен на базе лаборатории Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа».

Исследования проводились в соответствии с рекомендациями, опубликованными под редакцией профессора Д.Г. Звягинцева: [255].

Численность микроорганизмов учитывали методом прямого посева на среду МПА (мясопептонный агар) следующего состава, г/л: сухой бульон ГРМ -3.5 г; агар-агар -20 г. Идентификацию микроорганизмов проводили по морфологии колонной и по результатам микроскопирования фиксированных окрашенных (по Грамму) препаратов при использовании иммерсионного объектива.

Численность УОМ учитывали методом прямого посева на агаризованную минеральную среду с нефтью следующего состава (г/л): $NH_4NO_3 - 1,45$; $KNO_3 - 1$; $MgSO_4 \cdot 7H_2O - 0,1$; $K_2HPO_4 - 2,4$; $KH_2PO_4 - 0,6$; NaCl - 1; $(NH_4)2MoO_4 - 0,004$; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O - 0,009$; $CoCl_2 \cdot 5H_2O - 0,008$; $FeSO_4 \cdot 7H_2O - 0,014$; агар-агар -20,0; сырая нефть -10.

Основные характеристики степени разнообразия микробного сообщества анализируемой почвы, а также численность микроскопических грибов определялась в соответствии с общепринятыми методиками [254-255].

3.4. Описание модельных экспериментов

Камеральные модельные исследования биоремедиации

Для изучения эффективности снижения концентрации нефтепродуктов в зависимости от развития микрофлоры почв, а также влияния на процессы деструкции нефтепродуктов посева растений, в 2013-2014 гг. на базе лаборатории «Мониторинга окружающей среды» Уральского государственного университета путей сообщения проводились камеральные исследования [26, 226-227].

Цель проведения исследований процессов биоремедиации заключалась в оценке степени влияния различных структурообразующих субстратов на скорость самоочищения почвы и возможности применения методов биоремедиации для очистки и восстановления нефтезагрязненных почв.

В рамках модельных экспериментов решались следующие задачи:

- исследование влияния структураторов на интенсификацию процессов деструкции углеводородов нефти в почвах;
- наблюдение за динамикой процессов трансформации углеводородов нефти при использовании структураторов;
- наблюдение за динамикой процессов трансформации углеводородов нефти при использовании фитомелиорантов.

Образцы почв отбирались в Свердловской области, 2,5 км юго-восточнее г. Реж, на дерново-подзолистой почве. В процессе подготовки почву перекапали, после чего в количестве 1 кг разместили в равные сосуды. В качестве субстратов использовались [29]: опил сосновый и опил березовый фракции 2-10 мм, торф и мох сфагнум (рисунок 27), в качестве фитомелиоранта - горчица обыкновенная (*Brassica nigra* (*L.*)). Объем субстратов составлял 10% почв.



а) мох сфагнум, б) торф, в) опил древесный Рисунок 27 - Структурообразующие субстраты

Исследования выполнялись на двух уровнях загрязнения почв: 5 и 10 мл нефти на 1 кг почвы. В качестве загрязняющего вещества в исследованиях использовалась нефть марки Urals (Siberian Light), добываемая на ОПО Когалымском месторождении. Через 1 сутки после загрязнения нефтью в различные варианты внесли органические структурообразующие субстраты. В качестве контрольных вариантов использовались образцы с загрязненной почвой подвергаемой перемешиванию и оставленной без перемешивания на весь период исследований.

В ходе проведения исследований каждые трое суток все варианты увлажнялись и аэрировались путем перемешивания, за исключение контрольных вариантов.

Отбор проб для определения остаточного содержания нефти проводился в течение всего периода исследований еженедельно после загрязнения в трехкратной повторности. Образцы почвы отбирали согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» [256].

Точечные пробы отбирались методом конверта по диагонали, следя за тем, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для исследуемых почвенных горизонтов и ключевых участков, при этом из точек контролируемого элементарного участка (или каждой рабочей пробоотборной площадки) брались 5 образцов почвы. Точки располагались так, чтобы мысленно соединенные прямыми линиями, давали рисунок запечатанного конверта. При изучении почвы

отбирались пробы гумусового горизонта с глубины до 20 см, что соответствует штыку лопаты. Из каждой точки отбирались равное количество почвы. Почвенные образцы упаковывались в полиэтиленовые или полотняные мешочки и прилагались к ним этикетки (сопроводительные талоны). Объединенная проба почвы готовилась из точечных проб путем их смешивания [256].

По истечению периода исследований, составляющего 90 суток, во все варианты опыта производился посев семян горчицы обыкновенной ($Brassica\ nigra\ (L.)$), в количестве 1,5 г/м².

Полевые модельные исследования биоремедиации

В 2014 году в рамках полевого этапа работ на временной пробной площади проводились модельные полевые опыты по исследованию биоремедиации нефтезагрязненных почв. Временные площади закладывались в соответствии с требованиями ГОСТ 16128-70 «Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки», ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки».

В мае 2014 года на участке подходящем по типу почв производилась пробных временных площадей. Временные пробные площади располагались в Свердловской области, 2,5 км юго-восточнее г. Реж, на дерновоподзолистой почве. Для проведения исследований, на временной пробной площади были выбраны площадки 0.3×0.3 м², которые были ограждены от соседствующей площади на глубину до 30 см. В качестве загрязнителя использовалась нефть марки Urals (Siberian Light), добываемая на ОПО Когалымском месторождении, в количестве 5 л/м² и 10 л/м². Через 1 сутки после загрязнения нефтью в различные варианты эксперимента вносились органические структурообразующие субстраты в количестве 100мл на 1 кг почвы, после чего почва перемешивалась на глубину до 20 см. В зависимости от варианта опыта в почву вносился опил сосновый различной фракции: 1-3 мм, 5-10 мм, 20-50 мм. В качестве контрольных вариантов (далее - контроль) использовались участки с загрязненной почвой подвергаемой вспашке и оставленной без перемешивания. Расположение приведено рисунке 28, общий вариантов на вид

экспериментальных участков представлен на рисунке 29.

В ходе проведения исследований все варианты еженедельно увлажнялись и перемешивались на глубину до 20 см, за исключение контрольных вариантов.

Контрольный Контрольный Вариант с Вариант с Вариант с вариант без вариант, добавлением добавлением добавлением перемешивания, $y.3. 10 л/m^2$ опила1-3 мм, опила5-10 мм, опила20-50 мм, у.з. 10 л/м^2 у.з. 10 л/м^2 у.з. 10 л/м^2 $y.3. 10 \, \text{л/m}^2$ Контрольный Контрольный Вариант с Вариант с Вариант с вариант, у.з. 5 л/м² вариант без добавлением добавлением добавлением перемешивания, опила1-3 мм, опила5-10 мм, опила20-50 мм, $y.3. 5 \pi/M^2$ $y.3. 5 \pi/m^2$ $y.3. 5 \text{ л/m}^2$ $y.3. 5 л/m^2$

Рисунок 28 - Схема расположения вариантов полевых модельных экспериментов

Отбор проб для определения остаточного содержания нефти проводился в течение всего периода исследований еженедельно после загрязнения в трехкратной повторности. Образцы почвы отбирались согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» [256].



Рисунок 29 — Временные пробные площади модельных полевых экспериментов

Камеральные модельные исследования фитотоксичности нефтезагрязненных почв

В период с 2013 по 2014 гг. для оценки токсичности нефтезагрязненных

почв на различные тест-культуры проводились полевые исследования с отбором проб почв, наиболее характерных для природно-климатических условий Свердловской области. Камеральные исследования проводились на базе лаборатории мониторинга окружающей среды Уральского государственного университета путей сообщения [183-184].

Нефтепродукты оказывают наибольшее отрицательное влияние на почву, загрязняя ее основными органическими компонентами нефти: органическим углеродом, азотом, битумозными веществами, полициклическими углеводородами, 3,4-бенз(а)пиреном, 1.2ароматическими В частности бенз(а)периленом, обладающим канцерогенными и мутагенными свойствами. При концентрации битумозных веществ в пахотном горизонте 4-5% происходит практически полная гибель посевов зерновых культур. При их концентрации 2,0% численность растений уменьшается в два раза, а высота растений в 3-4 раза по сравнению с контролем. Хозяйственное освоение нефтезагрязненных почв без применения рекультивации земель возможно лишь через 15-20 летнего срока. К свежим нефтяным загрязнениям относятся разливы нефти с момента аварии до 3-4 лет, к старым – разливы давностью 4-5 лет с момента разлива. Для свежих присутствие В загрязненных почвах парафиновых разливов характерно углеводородов с температурой кипения до 3000°C. На участке свежего нефтяного загрязнения токсичность почвы превышает контрольную в 5, а старого – в 50-100 pa3 [183-184].

Учитывая негативное влияние углеводородов нефти и нефтепродуктов на почву и высокое токсическое действие на растения, в качестве тест-культур в исследованиях использовались семена растений, произрастающих в природно-климатических условиях Среднего Урала, применяемых в качестве фитомелиорантов, и относящихся к различным семействам: клевер луговой (Trofolium pretense (L.)), овес посевной (Avena sativa (L.)), горчица обыкновенная (Brassica nigra (L.)) (рисунок 30) [183-184].

Целью исследований являлась оценка прямого токсического воздействия различных концентраций углеводородов нефти на анатомо-морфометрические

характеристики растений, произрастающих на загрязненных почвах.







Рис. 30 – Прямое токсическое воздействие различных концентраций углеводородов нефти на анатомо-морфометрические характеристики тест-культур

Достоверность данных биотестирования обеспечивалась выращиванием тест-культур в равных условиях. Для исследований подбирались сосуды из инертного нетоксичного материала, одинаковой цветовой гаммы, емкостью 5 литров и вмещающие 4 кг почвы. В каждый из сосудов с равномерным распределением по поверхности производилась посадка семян тест-культур в количестве 200 шт. Тест-культур выращивались при одинаковых внешних факторах воздействия: освещенность, приближенная к реальным условиям; влажность почвы, поддерживаемая на уровне 60% полной влагоемкости; температура, поддерживаемая на уровне 18-25 °C. Полив производился в одинаковое время и с одинаковым объемом. В образцы почв предварительно вносилось определенное количество сырой нефти, для получения установленных значений концентрации: 10 мл/кг и 20 мл/кг. Контрольные образцы не подвергались загрязнению.

Основная концепция исследований заключалась в быстрой оценке влияния загрязненных почв на морфометрические показатели тест-культур, выращиваемых на протяжении 45 суток.

В рамках исследований определялись: всхожесть, энергия прорастания, и другие анатомо-морфометрические характеристики растений, выращиваемых в почве с разными концентрациями нефти, а так же зависимость фитотоксичности от степени загрязнения почв. Анатомо-морфометрические характеристики определялись ежедневно на протяжении всего периода исследований.

Исследования сорбционных свойств структурообразующих субстратов и широко используемых сорбентов

Для оценки сорбционных свойств структурообразующих субстратов и широко используемых сорбентов в 2015 году проведен ряд лабораторных исследований, в рамках которых определялись сорбционная емкость и поглотительная способность исследуемых вариантов: опила соснового, торфа, мха сфагнума (Sphagnum (L.), мха канадского торфяного (Spill Sorb), сорбирующего материала «Мегасорб». В качестве контрольного варианта использовалась почва пахотного слоя дерново-подзолистого типа. Исследования проводились на базе

лаборатории мониторинга окружающей среды Уральского государственного университета путей сообщения.

Целью исследований являлась оценка сорбционных свойств наиболее широко применяемых сорбентов и предлагаемых органических структурообразующих субстратов.

В качестве загрязняющего вещества использовали нефть марки Urals (Siberian Light), добываемая на ОПО Когалымском месторождении. Повторность исследований – трехкратная.

В рамках проведения исследований все варианты находились в равных абиотических условиях.

Сорбционная емкость исследуемых вариантов определялась путем насыщения всего их объема нефтью. Для этого, каждый из вариантов, рассматриваемых субстратов, в объеме по 50 мл помещали в воронку с перекрытым сеткой носиком, что удерживало весь объем субстратов в раструбе воронки (рисунок 31). Весь объем субстратов равномерно покрывался нефтью в количестве 50 мл. По результатам исследований определялось время насыщения субстратов нефтью (сек.), объем нефти, задержавшейся на поверхности субстратов (мл), сорбционную емкость субстратов (мл/мл).



Рисунок 31 – Определение сорбционной емкости

Для определения поглотительной способности исследуемых вариантов 1 мл

каждого рассматриваемого варианта насыщался 1 мл нефти в равных емкостях. Все варианты, насыщенных нефтью субстратов, помещали в среду с равными абиотическими условиями и температурой воздуха 80 °C (рисунок 32).



Рисунок 32 – Определение поглотительной способности

Скорость испарения углеводородов нефти определяли в течение всего периода исследований взвешиванием на аналитических весах. По результатам исследований отдельно оценивались поглотительная способность легких и тяжелых фракций нефти, в зависимости от динамики улетучивания углеводородов нефти.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

4.1. Основные результаты лабораторных и полевых исследований 4.1.1. Исследование динамики процессов трансформации углеводородов нефти в почвах в лабораторных условиях

При проведении исследований в лабораторных условиях были поставлены следующие задачи:

- исследование влияния структураторов на интенсификацию процессов деструкции углеводородов в нефтезагрязненных почвах;
- подбор органического структурообразующего субстрата (структуратора) для интенсификации процессов очистки почв, загрязненных в результате аварийных разливов нефти;
- исследование процессов трансформации углеводородов во времени в загрязненных почвах;
- наблюдения за динамикой процессов трансформации углеводородов при использовании структураторов;
- наблюдения за динамикой процессов трансформации углеводородов при использовании фитомелиорантов.
- разработка технологии восстановления загрязненных нефтью почв на основании результатов выполненных исследований.

В рамках исследований рассматривалась возможность интенсификации процессов деструкции углеводородов нефти путем внесении в загрязненные почвы различных структураторов [29], таких как опил сосновый и опил березовый, торф, мох сфагнум (Sphagnum (L.). Объем структуратора составлял 10% от объема почвы. Исследования выполнялись с почвами, загрязненными сырой нефтью в объемах 5 и 10 мл нефти на 1 кг почвы.

По результатам исследований наблюдалась динамика снижения концентрации углеводородов нефти в почвах, и устанавливалось различие в скорости деструкции углеводородов нефти в разных вариантах (рисунки 33-36).

Так, в исследованиях по трансформации нефти в почвах, загрязненных в отношении 5 мл/кг и исходной концентрации углеводородов нефти в почвах равной 4,2 г/кг, за весь период экспозиции, составляющий 90 суток, в контрольном варианте без внесения структураторов и без периодического взрыхления почвы для создания оптимальных условий аэрации, конечная концентрация составила 3,6 г/кг, т.е. снизилась лишь на 10,5 % (рисунок 33).

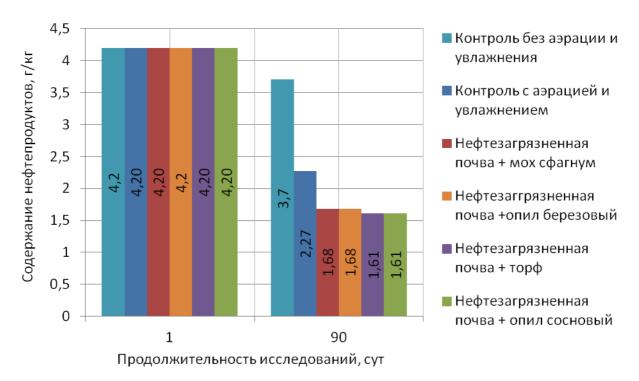


Рисунок 33 — Снижение углеводородов нефти в почвах при уровне нефтяного загрязнения 4,2 г/кг

В контрольном варианте без внесения структураторов, но при оптимальных условиях аэрации и увлажнения почвы, динамика снижения концентрации углеводородов нефти существенно отличается от первого варианта, и конечная концентрация составляет 2,27 г/кг, т.е. снижение достигает 45,95%.

Таким образом, благоприятный водно-воздушный режим загрязненных почв в определенной степени снижает отрицательное токсическое воздействие углеводородов нефти на аборигенную микрофлору, и соответственно способствует ускорению процессов деструкции углеводородов нефти.

В варианте с оптимальным воздушно-водным режимом и с внесением углеродсодержащего структуратора (мха сфагнума), как легкодоступного

источника питания аборигенной микрофлоры и способствующего увеличению их численности, снижение концентрации углеводородов нефти в почвах возрастает до 60%, а остаточная концентрация составляет 1,68 г/кг. Такой же результат был достигнут в варианте с опилом березовым. Несколько выше степень снижения содержания углеводородов нефти при внесении в загрязненные почвы таких углеродсодержащих структураторов, как опил сосновый и торф. Показатели эффективности снижения концентраций в исследуемых вариантах равнозначны и составляют 61,67%, а остаточные концентрации 1,61 г/кг.

Динамика снижения концентрации углеводородов нефти во времени в почвах с исходной концентрацией 4,2 г/кг представлена на рисунке 34 и описывается уравнением 8:

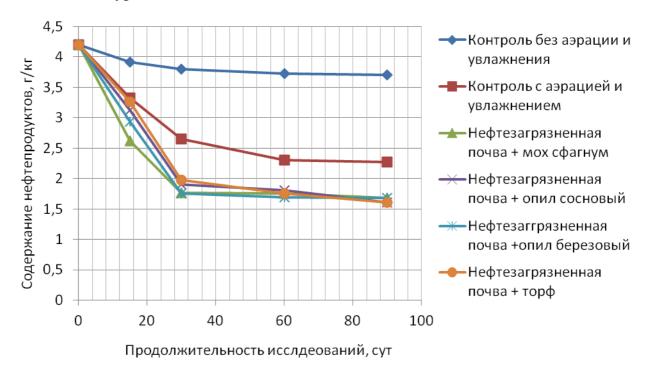


Рисунок 34 - Динамика снижения концентрации углеводородов нефти во времени в почвах с исходной концентрацией 4,2 г/кг

Динамика снижения концентрации углеводородов нефти в почвах во времени с исходной концентрацией 4,2 г/кг описывается уравнением:

$$Ct = -0.312\ln(t) + 2.1674, R^2 = 0.8555$$
 (8)

где C_t – концентрация углеводородов нефти в почвах во времени, г/кг; t – время, мес.;

R² – величина достоверности аппроксимации.

В почвах, загрязненных в расчете 10 мл на 1 кг почвы и исходной концентрацией углеводородов нефти равной 8,4 г/кг за указанный выше период исследований, также как и вариантах с уровнем загрязнения 4,2 г/кг, наблюдалась динамика снижения концентрации углеводородов нефти во времени (рисунок 35). Наибольшая скорость снижения концентрации углеводородов нефти в почве отмечалась в варианте с добавлением в качестве структуратора опила березового, снижение с уровня загрязнения равного 8,4 г/кг достигло 3,37 г/кг за трехмесячный период исследований, т.е. концентрация снизилась на 59%, несколько ниже интенсивность снижения концентрации отмечалась в варианте с добавлением торфа, снижение достигло уровня 3,39 г/кг за трехмесячный период исследований. В вариантах с использованием в качестве структураторов опила соснового и мха сфагнума, снижение концентрации углеводородов нефти составило 59,05% и 54,76% соответственно. В варианте без внесения структураторов, но при оптимальных условиях аэрации и увлажнения почвы, снижение концентрации углеводородов нефти составило 40,47%, а в почвах контрольного варианта без рыхления, аэрации и добавления структуратора – 14,3%. В целом, абсолютные значения снижения концентрации углеводородов нефти в почвах по вариантам с внесением структураторов достаточно высоки и составляют порядка 5 г/кг за 3-х месячный период экспозиции.

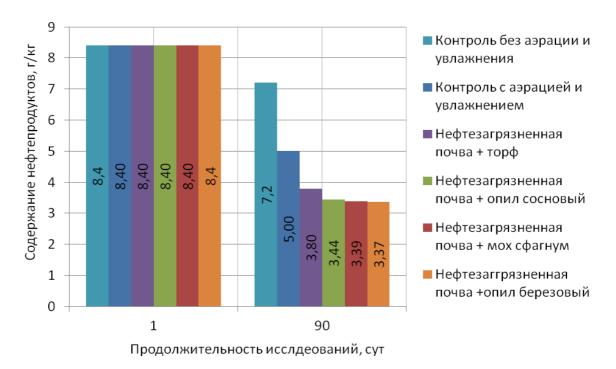


Рисунок 35 — Снижение концентрации углеводородов нефти в почвах при уровне нефтяного загрязнения до 8,4 г/кг

Динамика снижения концентрации углеводородов нефти во времени в почвах с исходной концентрацией 8,4 г/кг представлена на рисунке 36 и описывается уравнением 9.

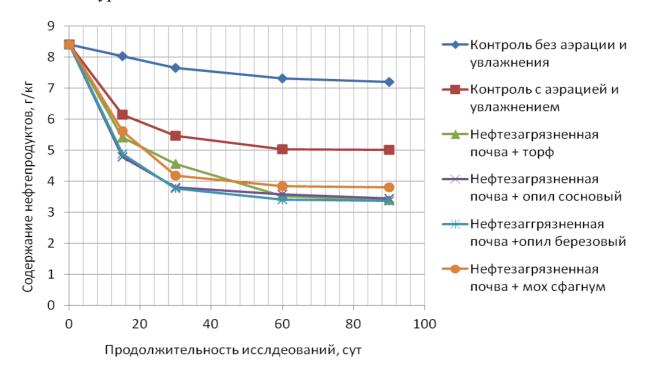


Рисунок 36 - Динамика снижения концентрации углеводородов нефти во времени в почвах с исходной концентрацией 8,4 г/кг

Динамика снижения концентрации углеводородов нефти во времени в почвах с исходной концентрацией 8,4 г/кг описывается уравнением:

$$Ct = -0.609 \ln(t) + 4.3448, R^2 = 0.9575$$
(9)

где C_t – концентрация углеводородов нефти в почвах во времени, г/кг; t – время, мес.;

R² – величина достоверности аппроксимации.

Таким образом, анализ результатов исследований и ранее проведенных экспериментов [257] подтверждают, что очистка нефтезагрязненных почв методом биоремедиации, основанным на внесении в загрязненную почву углеродсодержащих структураторов, способствующих увеличению численности аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры, обеспечивает восстановление сильнозагрязненных почв с последующей возможностью их дальнейшего хозяйственного использования. Данный метод интенсификации процессов жизнедеятельности аборигенной микрофлоры и увеличения их численности является абсолютно безопасным для почвенного биоценоза и биосферы в целом.

По результатам исследований установлено, что наиболее эффективно процессы деградации углеводородов нефти протекают в вариантах с добавлением в почву опила древесного. Однако, особых различий в скорости деградации в зависимости от отнесения опила к хвойным, либо лиственным породам не наблюдалось. В связи с этим, и учитывая, что на территории УФО сосна является преобладающим объектом лесозаготовок [194], дальнейшие исследования проводились с опилом сосновым.

Для достижения степени очистки почв от нефтяного загрязнения до уровня ПДК (предельно допустимых концентраций) в рамках исследований проводились дополнительные работы, рассматривающие возможность повышения эффективности биоремедиации путем фитомелиорации испытуемых вариантов почв.

Технология основывается на одном из методов фиторемедиации — ризодеградации [29]. Принцип этого механизма состоит в том, что разложение загрязняющих углеводородов производится не непосредственном самим

растением, а микроорганизмами, обитающими в непосредственной близости к его корням, т.е. в ризосфере. Роль растения заключается в значительном усилении эффективности работы микроорганизмов за счет биологически активных корневых выделений, хотя результаты отдельных исследований показали, что стимуляции микробов ΜΟΓΥΤ растения помимо И сами принимать непосредственное участие в разложении углеводородов [29]. Кроме того, посев растений на нефтезагрязненную почву оказывает положительное воздействие на плодородие почв за счет развития своей корневой системы, которая способствует улучшению газовоздушного режима загрязненной почвы и обогащает её различными активными соединениями [258].

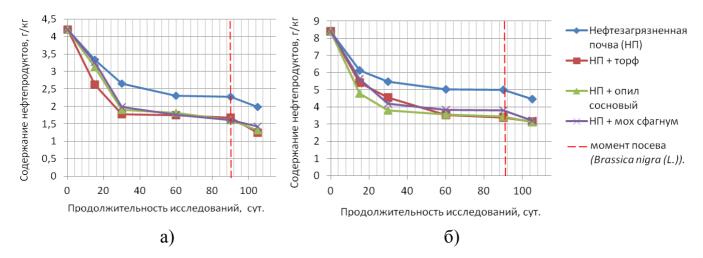
В качестве растения использовалась горчица обыкновенная ($Brassica\ nigra\ (L.)$). Время выращивания горчицы обыкновенной от момента посева в образцы загрязненных почв до окончания исследований составило 15 суток.

Уровни загрязненности земель нефтью и нефтепродуктами и ориентировочные характеристики всхожести семян растительности в зависимости от вида почв представлены в таблице 24.

Таблица 24 - Уровни загрязненности и ориентировочные характеристики всхожести

No	Концентрация нефти и	Ориентировочная	Условный коэффициент
Π/Π	нефтепродуктов в почве, α , г/кг	всхожесть семян, %	всхожести семян, К
1	0,5-1,0	97 – 98	0,98
2	3 – 5	80 - 85	0,82
3	20 - 30	67 - 70	0,68
4	40 - 50	45 – 55	0,50
5	70 – 80	20 – 30	0,25
6	200 - 250	0 - 10	0,05

Снижение концентрации углеводородов нефти в слабозагрязненных почвах при фитомелиорации представлено на рисунке 37 а), на рисунке 37 б) представлено снижение концентрации углеводородов нефти в сильнозагрязненных почвах, штрих пунктирной линией отмечен момент посева семян горчицы обыкновенной (*Brassica nigra* (*L*.)).



а) в слабозагрязненных почвах;
 б) в сильнозагрязненных почвах
 Рисунок 37 – Уменьшение остаточного содержания нефтепродуктов в почвах при фитомелиорации;

Из рисунка 37 видно, что при фитомелиорации динамика деградации нефтяного загрязнения ускоряется. К концу второй недели после посева семян растений содержание остаточной нефти в образцах составляет: 29,5% в слабозагрязненных почвах, и 37 % в сильнозагрязненных соответственно. Таким образом, посев семян растений на нефтезагрязненную почву создает более благоприятные условия для жизнедеятельности микрофлоры и позволяет значительно ускорить процесс деструкции углеводородов нефти.

Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что очистка нефтезагрязненных почв методом биоремедиации, основанным на внесении в загрязненную почву углеродсодержащих структураторов, способствует увеличению численности аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры. Таким образом, применение метода биоремедиации позволяет значительно ускорить процесс восстановления нефтезагрязненных почв и последующую возможность их дальнейшего хозяйственного использования. Метод является абсолютно безопасным для почвенного биоценоза и биосферы в целом, а также позволяет производить переработку нефтяного загрязнения непосредственно на месте загрязнения, без выемки и транспортировки почв.

Посев семян горчицы обыкновенной на нефтезагрязненные, предварительно рекультивированные, участки позволяет создать благоприятный воздушный

режим, снабдить почву органическим веществом за счет отмирающих клеток корней и выделения различных биоактивных веществ, что способствует росту ризосферных микроорганизмов.

По результатам практического применения фитомелиорации при биоремедиации нефтезагрязненных почв, следует отметить тенденции к существенному снижению концентрации углеводородов нефти в течение 30-45 суток практически до уровня ориентировочно допустимых концентраций (ОДК).

Таким образом, включение органических удобрений, в состав загрязненных нефтью почв, при поддержании определенного водного и воздушного режима, позволяет добиться практически полной деструкции углеводородов нефти, вследствие активизации жизнедеятельности аборигенной почвенной микрофлоры. Учитывая полученные результаты исследований, можно сделать вывод о перспективности использования предлагаемого метода очистки, основанного на интенсификации жизнедеятельности аборигенной микрофлоры.

Основное достоинство предлагаемого комплекса биологических методов очистки почв, заключается в том, что не разрушается плодородный слой, не требуется применение специальной техники, не оказывается ПОПУТНОГО негативного воздействия на компоненты окружающей среды и отрицательного влияния на функционирование аборигенных почвенных биоценозов, а также не создается препятствий восстановлению первоначального микробного сообщества в почве. В процессе применения биологических методов происходит повышение биогенности почв, способствует что активизации природных резервов экосистемы, увеличению численности аборигенной микрофлоры растений, что в комплексе способствует очищению почв от углеводородов нефти.

4.1.2. Исследование динамики процессов трансформации углеводородов нефти в почвах в полевых условиях

В рамках исследований динамики процессов трансформации углеводородов нефти в почвах в полевых условиях решались следующие задачи:

- исследование влияния внесения в состав загрязненных почв опила соснового различной фракции на интенсификацию процессов деструкции углеводородов нефти;
- исследование процессов трансформации углеводородов нефти во времени в загрязненных почвах в полевых условиях;
- наблюдения за динамикой процессов трансформации углеводородов
 при внесении в почву опила соснового различной фракции в полевых условиях;
 - определение скорости самоочищения нефтезагрязненной почвы;
- наблюдения за динамикой процессов трансформации углеводородов при использовании фитомелиорантов.
- разработка технологии восстановления загрязненных нефтью почв на основании результатов выполненных исследований.

Полевой этап исследований по очищению нефтезагрязненных почв выполнялся в 2014-2015 году, на временных пробных площадях. При выполнении работ исследовалась почва, загрязненная нефтью в соотношении: 5л и 10л на 1м 2 почв, в которую вносился опил сосновый различной фракции: 1-3 мм (мелкий), 5-10 мм (средний), 20-50 мм (крупный).

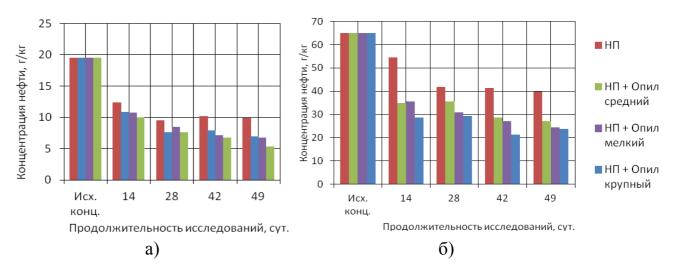
При загрязнении почвы нефтью в количестве 5 и 10 л/m^2 содержание нефти в поверхностном горизонте почвы 0-20 см через 1 сутки составляло $19,51\pm0,43$ и $64,79\pm0,50$ г/кг соответственно.

В результате полевых исследований установлено, что динамика снижения содержания в почвах углеводородов нефти наблюдалась во всех вариантах загрязненных почв, в которые вносился органический субстрат.

Данные по динамике снижения содержания нефтепродуктов в слабозагрязненных почвах приведены на рисунках 38, 39. В результате трехмесячной экспозиции почв с внесенными в них углеродсодержащими структураторами, максимальное снижение концентрации нефтепродуктов достигнуто в варианте с опилом сосновым фракции 5-10 мм, где содержание нефтепродуктов снизилось с 19,51 г/кг до 5,33 г/кг, то есть на 72,65 % от первоначального. При этом степень самоочищения почв в контрольном варианте

с проведением агротехнических мероприятий – аэрация и увлажнение, достигла лишь 49 %.

Относительно сильнозагрязненных почв с уровнем загрязнения 10л/m^2 , то к концу вегетационного периода (3 месяца) степень самоочищения почв в контрольном варианте с проведением агротехнических мероприятий — аэрация и увлажнение, достигла 38 %, а максимальный эффект достигнут в варианте с добавлением опила фракцией 20-50 мм, содержание углеводородов нефти в котором снизилось относительно исходных значений на 64% (рисунок 38).



а) в слабозагрязненных образцах; б) в сильнозагрязненных образцах Рисунок 38 — Зависимость остаточного содержания нефти в почвах от времени деструкции

Установлено, что в течение первых 2 недель содержание нефти при уровне загрязнения 5 л/м² снизилось на 48% в результате процессов испарения и фотохимического окисления, в почвах с уровнем загрязнения 10л на 1м² за тот же период содержание нефти в почве снизилось на 53%. Дальнейшее уменьшение концентрации нефти в почвах заметно лишь в вариантах с внедрением органического структурообразующего субстрата (рисунок 39, 40). В контрольных вариантах без внесения структураторов динамика снижения концентрации углеводородов нефти резко замедляется, а уровень концентрации углеводородов нефти остается практически неизменным.

Так, по результатам годового наблюдения за образцами загрязненными в отношении 5π на 1m^2 и с начальной концентрацией углеводородов нефти

19,51±0,43, установлено, что деградация углеводородов нефти продолжалась и после окончания вегетационного периода, снижение концентрации в вариантах с добавление органического субстрата достигло 82% от первоначального содержания, а концентрация перед началом второго этапа очистки почв составляла 3,36 г/кг. Деградация углеводородов нефти в контрольном образце достигла лишь 61 %.

В образцах, загрязненных в отношении 10л на 1м², и с начальной концентрацией углеводородов нефти 64,79±0,50 г/кг, установлено, что снижение концентрации в вариантах с добавлением органического субстрата (опила соснового) достигло 85 % от первоначальной концентрации, и достигло значения 9,4 г/кг. При этом в контрольных вариантах, в которых процесс деструкции нефтепродуктов замедлялся с начала эксперимента, содержание нефтепродуктов составляло более 29 г/кг.

Для достижения степени очистки почв от нефтяного загрязнения до уровня ПДК (предельно допустимых концентраций) в рамках исследований проводился второй этап очистки почв от углеводородов нефти, предусматривающий повышение эффективности биоремедиации путем фитомелиорации испытуемых вариантов почв. В качестве растения использовались семена овса лугового – *Avena Sativa (L.)*. Время выращивания овса лугового от момента посева в образцы загрязненных почв до окончания исследований составил 90 суток, полный вегетационный период.

На рисунках 39, 40 представлено снижение концентрации углеводородов нефти в почвах, штрих пунктирной линией отмечен момент посева семян овса лугового – $Avena\ Sativa\ (L.)$.

Динамика снижения концентрации углеводородов нефти в почвах с уровнем загрязнения $5\pi/m^2$ с добавлением углеродсодержащего вещества — опила соснового фракции 5-10 мм, протекает интенсивнее в сравнении с другими исследуемыми вариантами (рисунок 39), а процесс снижения концентрации во времени описывается уравнением:

$$Ct = -3,053\ln(t) + 13,532, R^2 = 0,7486$$
 (10)

где, C_t – концентрация нефтепродуктов в почвах в зависимости от времени, $\Gamma/\kappa\Gamma$; t – время, неделя; R^2 – величина достоверности аппроксимации.

По результатам исследований достигнуто снижение концентрации нефтепродуктов в почвах практически до 2 г/кг, что является безопасным уровнем содержания нефтепродуктов для исследуемого типа почв [8, 34].

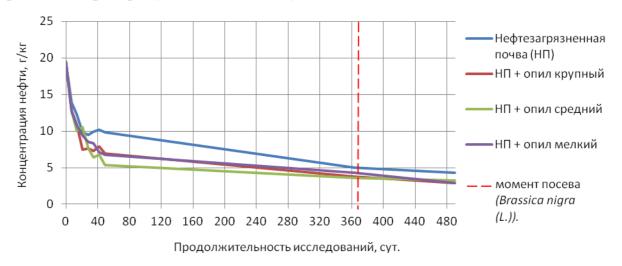


Рисунок 39 - Динамика снижения концентрации углеводородов нефти в почвах во времени с исходной концентрацией до 20 г/кг

Посев семян овса лугового — Avena Sativa (L.) в сильнозагрязненные почвы привел к ускорению деградации углеводородов нефти в почвах, концентрация нефтепродуктов в образцах почв с добавлением опила соснового и с исходной концентрацией 64,79±0,50 г/кг, достигла значения 9,4 г/кг, что составляет лишь 14 % от первоначального значения. Степень деградации углеводородов нефти в почвах с добавлением органического субстрата в 1,57 раз превосходит степень деградации в контрольном варианте, а конечное значение углеводородов нефти в контрольном варианте, подвергаемому механической обработке и второму этапу очистки превышает более чем в 3 раза значение, достигнутое в вариантах с добавлением опила соснового. При этом необходимо отметить, что в контрольном варианте на протяжении всего периода эксперимента поддерживался уровень влажности и кислорода, и на его поверхность были посеяны семена овса лугового — Avena Sativa (L.), что повышало степень деградации углеводородов нефти.

Таким образом, установлено, что фитомелиорация нефтезагрязненных почв

приводит к ускорению деградации нефтяного загрязнения, произрастание растений на загрязненных землях создает более благоприятные условия для жизнедеятельности микрофлоры и позволяет значительно ускорить процесс деструкции углеводородов нефти.

Динамика снижения концентрации углеводородов нефти в почвах с уровнем загрязнения 10 л/м² с добавлением углеродсодержащего вещества – опила соснового фракции 20-50 мм, протекает интенсивнее в сравнении с другими исследуемыми вариантами (рисунок 40), а процесс снижения концентрации во времени описывается уравнением:

$$Ct = -8,792 \ln(t) + 42,936, R^2 = 0,676$$
 (11)

где, C_t – концентрация нефтепродуктов в почвах в зависимости от времени, г/кг; t – время, неделя; R^2 – величина достоверности аппроксимации.

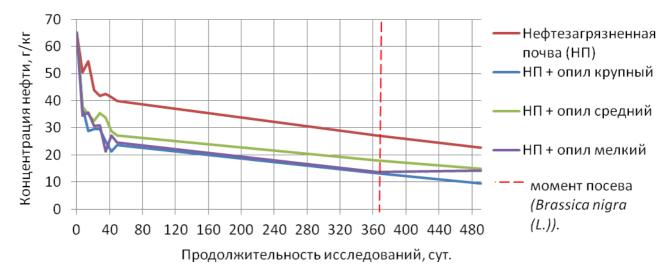


Рисунок 40 - Динамика снижения концентрации углеводородов нефти в почвах во времени с исходной концентрацией до 65 г/кг

Из рисунков 39-40 видно, что посев растений на нефтезагрязненную почву является одним из перспективных направлений доочистки, который способствует образованию почвенных пор, благодаря которым усиливается доступ кислорода в нижележащие слои грунта, кроме того обеспечивается развитие в ризосферной среде микроорганизмов, что приводит к разрушению компонентов нефти [260].

В рамках исследования также рассматривался контрольный вариант, который не подвергался аэрации, перепашке и увлажнению. Отбор проб с

данного участка осуществлялся по окончанию 2 этапов исследований. Отбор проб осуществлялся с разных глубин (с поверхности, 3, 6, 10 см), для оценки загрязнения почв в результате вымывания и инфильтрации углеводородов нефти в глубину по почвенному профилю.

По результатам анализа проб отобранных с разных глубин контрольного варианта, следует отметить, что при исследуемых уровнях загрязнения почвы (5 и 10 л/м²) основной объем нефти удерживался в верхнем слое почвы, однако наиболее подвижные и легкие фракции нефти просочились на глубину более 10 см. Таким образом, в контрольном варианте, не подвергаемом агротехническим мероприятиям, концентрация углеводородов нефти на конец исследований напрямую зависела от глубины отбора проб (рисунок 41) и превышала значения ПДК (таблица 25).

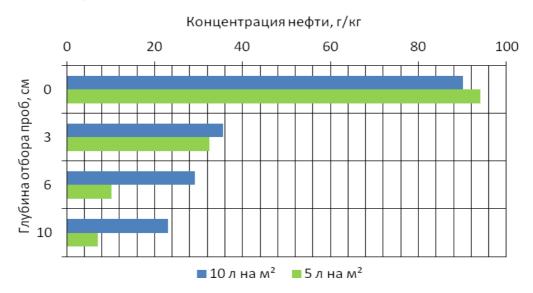


Рисунок 41 — Остаточная концентрация углеводородов нефти в почве в контрольном варианте

Таблица 25 - Концентрация углеводородов нефти в контрольном варианте

	√ <u>∘</u> /π	Глубина отбора проб, см	Уровень загрязнения почвы нефтью, л/м ²	Концентрация нефти и нефтепродуктов в почве, мг/кг	Кратность превышения уровня ПДК
-	1	0-1 (Поверхность почвы)		94 073	94,1
2	2	3	5	32 423	32,4
3	3	6		10 134	10,1
4	4	10		7 021	7,0

№ п/п	Глубина отбора проб, см	Уровень загрязнения почвы нефтью, л/м ²	Концентрация нефти и нефтепродуктов в почве, мг/кг	Кратность превышения уровня ПДК
1	0-1 (Поверхность почвы)		90 076	90,1
2	3	10	35 672	35,7
3	6		29 218	29,2
4	10		23 132	23,1

Результаты исследований подтверждают, что проведение биологического этапа рекультивации методом биостимуляции положительно сказалось на очищении почвы, ускоряя этот процесс, и способствуя снижению содержания нефти в загрязненных почвах до 88 % при уровне загрязнения 5л на 1м² и 85% при 10л на 1м². В вариантах без внедрения в почвы органических структурообразующих субстратов процессы самовосстановления замедлены, содержание нефти к концу периода исследований превышало достигнутый уровень в 2,97 раза в слабозагрязненном варианте и в 3,13 раза в сильнозагрязненном соответственно.

Таким образом, на основании полученных данных и научных трудов отечественных и зарубежных исследователей, а также результатов анализа модельных полевых опытов, можно утверждать, что внесение в загрязненные нефтью почвы опила соснового, и последующий посев на загрязненную почву семян растений, способных произрастать на нефтезагрязненных почвах, способствует развитию углеродокисляющих бактерий, которые играют ведущую роль в процессе биологической деструкции углеводородов, что подтверждает возможность применения органических компонентов ОТХОДОВ лесозаготовительной промышленности для биоремедиации нефтезагрязненных почв. Кроме того, установлено, что рыхление почв снижает дефицит кислорода в низлежащих слоях почв, разрушает гидрофобную пленку поверхности нефтяных компонентов, и в результате обеспечивает ускорение физико-механической и микробиологической деструкции нефти.

Предлагаемый метод очистки позволяет избежать основных проблем, существующих при использовании таких методов очистки как захоронение, которое углубляет дефицит кислорода в почве, или сжигание нефти, которое

сопровождается образованием канцерогенных веществ, в том числе бенз(а) пирена [107, 147]. Применение предлагаемого метода очистки, позволяет производить очистку почв, не разрушая плодородный слой и не оказывая попутного негативного воздействия на компоненты окружающей среды и отрицательного влияния на функционирование аборигенных почвенных биоценозов.

4.1.3. Исследование токсичности нефтезагрязненных почв на различные растения

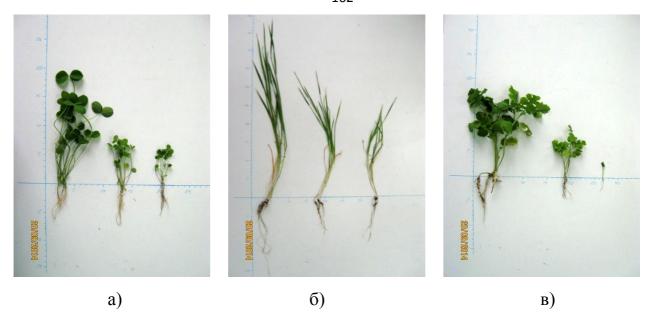
Основная концепция исследований заключалась в быстрой оценке влияния загрязненных почв на морфометрические показатели тест-культур, выращиваемых на протяжении 45 суток.

Наблюдения за ростом растений в период экспериментальных работ показали, что нефтепродукты, в том числе в небольших концентрациях (1-2% от массы почв), оказывают высокое токсическое воздействие на растения. Выявлена прямая зависимость анатомо-морфологических признаков растений от изначальной концентрации нефтепродуктов в загрязненных почвах. Результаты исследований представлены в таблицах 26-28.

Для визуализации полученных данных результаты исследований по определению фитотоксичности почвы представлены на рисунке 42.

Таблица 26 - Всхожесть тест-культур в почвах с разными концентрациями загрязнения нефтью

	Всхожесть, %					
Концентрация	клевер луговой	орас посарной	горчица			
нефти, мл/кг	(Trofolium	овес посевной (Avena sativa (L.))	обыкновенная			
	pretense (L.))	(Avena sativa (L.))	(Brassica nigra (L.))			
0	30	110	12			
10	36	169	8			
20	15	161	2			



а) клевер луговой ($Trofolium\ pretense\ (L.)$), б) овес посевной ($Avena\ sativa\ (L.)$), в) горчица обыкновенная ($Brassica\ nigra\ (L.)$).

Рисунок 42 — Результаты исследований фитотоксичности нефтезагрязненных почв (с концентрацией нефти: 0, 10, 20 мл/кг — слева направо)

Анализ всхожести в зависимости от концентрации нефтяного загрязнения в почвах, в образцах с тест-культурами Trofolium pretense (L.) и Avena sativa (L.) показал отсутствие прямой взаимосвязи токсичности почв на растения при различных концентрациях нефтяного загрязнения. К основной причине того, что не установлено прямой взаимосвязи, следует отнести то, что нефтепродукты, своему составу углеводородами, выступают являясь ПО качестве дополнительного питания растений. В связи с этим при малых концентрациях нефтяного загрязнения всхожесть семян тест-культур закономерно увеличивается. Однако, при дальнейшем увеличении концентрации нефтяного загрязнения, всхожесть семян тест-культур начинает снижаться, что в свою очередь свидетельствует о токсическом воздействии нефти на растения.

При применении в качестве тест-культуры $Brassica\ nigra\ (L.)$ получена прямая зависимость всхожести семян растения от концентрации нефтяного загрязнения.

В результате исследований выявлено, что наиболее устойчивым по критерию всхожести семян из предложенных растений к нефтяному загрязнению является *Avena sativa* (*L.*) Количество взошедших семян в нефтезагрязненных

почвах составило 80-85% от их общего количества, при сравнительно небольшом значении тест-культур *Trofolium pretense* (*L*.) и *Brassica nigra* (*L*.), всхожесть семян которых в среднем составила лишь 12% и 3% соответственно. Относительно низкая всхожесть семян тест-культур *Trofolium pretense* (*L*.) и *Brassica nigra* (*L*.), кроме токсического влияния углеводородов нефти, может быть связана с низким качеством семян.

Таблица 27 - Длина ростков и корней тест-культур в почве с разными уровнями загрязнения нефтью

V отполит р одина	Высота ростков, см					
Концентрация нефтепродуктов, мл/кг	клевер луговой (Trofolium pretense (L.))	овес посевной (Avena sativa (L.))	горчица обыкновенная (Brassica nigra (L.))			
0	18±3	47±5	18±2			
10	8±1	33±3	10±1			
20	6±0,5	27±2	4±0			
Vounoumanua	Длина корней, см					
Концентрация нефтепродуктов, мл/кг	клевер луговой (Trofolium pretense (L.))	овес посевной (Avena sativa (L.))	горчица обыкновенная (Brassica nigra (L.))			
0	7±1	20±4	11±2			
10	7±1	13±2	5±1			
20	6±0,5	10±2	3±0			

На основании результатов исследований во всех исследуемых вариантах получена прямая зависимость длины ростков и корней тест-культур от концентрации нефтяного загрязнения в почвах. Длина ростков и корней тест-культур, произрастающих на нефтезагрязненной почве, заметно снижается при увеличении концентрации загрязнения. Кроме того, при увеличении концентрации нефтяного загрязнения почв увеличивается негативное влияние на эффективность произрастания тест-культур (рисунок 42).

На основании полученных данных длины ростков тест-культур от концентрации нефтяного загрязнения выявлено, что наименьшее токсическое влияние оказывается на *Avena sativa* (*L*.). Уменьшение длины ростков *Avena sativa* (*L*.) от нефтяного загрязнения равному 10 мл/кг составило 29%, а при 20 мл/кг – 42% соответственно. Тогда как, в образцах с применением *Trofolium pretense* (*L*.) и *Brassica nigra* (*L*.), уменьшение составило порядка 50% при 10 мл/кг, и 70% при

20 мл/кг соответственно.

Из данных таблицы 27 видно, что наименьшему негативному токсическому воздействию подвергается корневая система *Trofolium pretense* (*L*.). Уменьшение длины корневой системы *Trofolium pretense* (*L*.) от нефтяного загрязнения до 20 мл/кг составляет лишь 12,5%.

Таблица 28 - Биомасса тест-культур в почвах с разными концентрациями загрязнения нефтью

	Биомасса, мг					
Концентрация нефти, мл/кг	клевер луговой (Trofolium pretense (L.))	овес посевной (Avena sativa (L.))	горчица обыкновенная (Brassica nigra (L.))			
0	1,098	10,235	1,047			
10	0,503	6,827	0,177			
20	0,103	6,780	0,004			

Анализ результатов исследований биомассы тест-культур в почве с разными концентрациями загрязнения нефтью показывает, что присутствие в почвах углеводородов нефти, даже в небольших концентрациях, негативно сказывается на росте растений и тем самым на значениях их биомассы. В вариантах с применение в качестве тест-культур Avena sativa (L.) и Trofolium pretense (L.), содержание углеводородов нефти в количестве менее 1% от массы почв приводит к угнетению роста растений, вследствие чего их биомасса уменьшается на 30% и 50% соответственно, а в варианте с Brassica nigra (L.) уменьшение произошло на 83%.

Дальнейшее увеличение концентрации нефтяного загрязнения в образцах почв приводит к более высокой степени угнетения роста растений. Так, уменьшение биомассы тест-культур при содержании углеводородов нефти в почах равном 20 мл/кг составило: $Trofolium\ pretense\ (L.) - 90,6\%$, $Avena\ sativa\ (L.) - 33,7\%$, $Brassica\ nigra\ (L.) - 99,6\%$.

Следовательно, учитывая данные по такому показателю, как биомасса тесткультур, наиболее приемлемым видом растения, для использования его в целях рекультивации нефтезагрязненных почв, является $Avena\ sativa\ (L.)$. Значение биомассы $Avena\ sativa\ (L.)$ практически в 10 раз превышает значения биомассы других исследованных тест-культур. Негативное воздействие, оказываемое на биомассу растений, сказывается на *Avena sativa* (*L*.) менее чем на других тесткультурах.

Полученные результаты исследований тест-культур, выращиваемых в камеральных условиях на нефтезагрязненной почве в течение 45 суток, свидетельствует о том, что во всех исследуемых объектах оказывается острое токсичное влияние нефтезагрязненных почв на анатомо-морфометрические характеристики растений. При этом более высокие концентрации нефти в почвах вызывают усиление токсического влияния на произрастание растений.

Необходимо отметить, что в рамках проведенных исследований, выявлена «плохая» смачиваемость нефтезагрязненных почв при их поливе. Вода застаивалась, собираясь на поверхности, и не проникала в почву. Тем самым содержание нефтепродуктов в почве, кроме прямого токсического воздействия, препятствует полноценному росту и развитию растений вследствие нарушения водно-воздушного режима загрязненных почв.

По результатам визуального наблюдения за ростом тест-культур в рамках работы проведен расчет фитотоксичности почв (T_i) на рассматриваемые тест-культуры. Для расчета значения фитотоксичности почв (T_i) получена зависимость, за основу которой взята формула фитотоксичности почв, предложенная Л.П. Брагинским [251].

В отличие от формулы Л.П. Брагинского, для определения значения фитотоксичности использовались четыре критерия (формула 12), которые, по мнению авторов, являются наиболее значимыми для определения фитотоксичности: всхожесть семян, длина ростков, длина корней и биомасса, рассматриваемых тест-культур.

$$T = k_N * \left(\frac{N_k - N_x}{N_k}\right) + k_L * \left(\frac{L_k - L_x}{L_k}\right) + k_l * \left(\frac{l_k - l_x}{l_k}\right) + k_M * \left(\frac{M_k - M_x}{M_k}\right),$$
(12)

где, Т – фитотоксичность, %,

 k_{i} – коэффициент значимости частного критерия,

 N_k – всхожесть тест-культур в контрольном образце, шт.;

 N_x — всхожесть тест-культур в исследуемом образце, шт.;

 L_k – длина ростков тест-культур в контрольном образце, см;

 L_{x} – длина ростков тест-культур в исследуемом образце, см;

 L_k – длина корней тест-культур в контрольном образце, см;

 1_x – длина корней тест-культур в исследуемом образце, см;

 M_k – биомасса тест-культур в контрольном образце к концу исследований, г;

 M_x – биомасса тест-культур в исследуемом образце к концу исследований, г;

Определение коэффициентов значимости частных критериев, применяемых для определения значения фитотоксичности, проводили по системе весовых коэффициентов Фишберна [252]. Учитывая относительную важность того или иного критерия, рассчитаны коэффициенты значимости для каждого частного критерия:

$$k_{l} = \frac{4}{1+2+3+4} = 0,4$$

$$k_{N} = \frac{4-1}{1+2+3+4} = 0,3$$

$$k_{L} = \frac{4-2}{1+2+3+4} = 0,2$$

$$k_{M} = \frac{4-3}{1+2+3+4} = 0,1$$

где, k_l – коэффициент значимости длины корней тест-культур;

 k_{N} – коэффициент значимости всхожести семян тест-культур;

 k_L – коэффициент значимости длины ростков тест-культур;

 $k_{\rm M}$ — коэффициент значимости биомассы тест-культур к концу исследований.

Таким образом, получены значения фитотоксичности почв с установленными уровнями загрязнения почв углеводородами нефти 10 мл/кг и 20 мл/кг для растений, рассматриваемых в исследованиях.

 T_{i-10} — фитотоксичность почв, загрязненных нефтью в соотношении 10 мл/кг, для тест-культур;

 T_{i-20} — фитотоксичность почв, загрязненных нефтью в соотношении 20 мл/кг, для тест-культур.

$$T_{osec-10} = k_N * \left(\frac{N_k - N_x}{N_k}\right) + k_L * \left(\frac{L_k - L_x}{L_k}\right) + k_l * \left(\frac{l_k - l_x}{l_k}\right) + k_M * \left(\frac{M_k - M_x}{M_k}\right) = 0,3 * \left(\frac{110 - 169}{110}\right) + 0,2 * \left(\frac{49 - 35}{49}\right) + 0,4 * \left(\frac{22 - 13}{22}\right) + 0,1 * \left(\frac{10,235 - 6,827}{10,235}\right) = 0,093$$

$$T_{\textit{KMeBep}-10} = k_N * \left(\frac{N_k - N_x}{N_k}\right) + k_L * \left(\frac{L_k - L_x}{L_k}\right) + k_l * \left(\frac{l_k - l_x}{l_k}\right) + k_M * \left(\frac{M_k - M_x}{M_k}\right) = 0,3 * \left(\frac{30 - 36}{30}\right) + 0,2 * \left(\frac{20 - 8}{20}\right) + 0,4 * \left(\frac{7 - 7}{7}\right) + 0,1 * \left(\frac{1,098 - 0,503}{1,098}\right) = 0,114$$

$$T_{\textit{zopquuq}-10} = k_N * \left(\frac{N_k - N_x}{N_k}\right) + k_L * \left(\frac{L_k - L_x}{L_k}\right) + k_l * \left(\frac{l_k - l_x}{l_k}\right) + k_M * \left(\frac{M_k - M_x}{M_k}\right) = 0,3 * \left(\frac{12 - 8}{8}\right) + 0,2 * \left(\frac{19 - 10}{19}\right) + 0,4 * \left(\frac{11 - 5}{11}\right) + 0,1 * \left(\frac{1,047 - 0,177}{1,047}\right) = 0,546$$

$$\begin{split} T_{oeec-20} &= k_N * \left(\frac{N_k - N_\chi}{N_k}\right) + k_L * \left(\frac{L_k - L_\chi}{L_k}\right) + k_l * \left(\frac{l_k - l_\chi}{l_k}\right) + k_M * \left(\frac{M_k - M_\chi}{M_k}\right) = 0,3 * \left(\frac{110 - 161}{110}\right) + 0,2 * \left(\frac{49 - 28}{49}\right) + 0,4 * \left(\frac{22 - 11}{22}\right) + 0,1 * \left(\frac{10,235 - 6,780}{10,235}\right) = 0,180 \end{split}$$

$$T_{\text{клевер-20}} = k_N * \left(\frac{N_k - N_x}{N_k}\right) + k_L * \left(\frac{L_k - L_x}{L_k}\right) + k_l * \left(\frac{l_k - l_x}{l_k}\right) + k_M * \left(\frac{M_k - M_x}{M_k}\right) = 0,3 * \left(\frac{30 - 15}{30}\right) + 0,2 * \left(\frac{20 - 7}{20}\right) + 0,4 * \left(\frac{7 - 6}{7}\right) + 0,1 * \left(\frac{1,098 - 0,103}{1,098}\right) = 0,428$$

$$T_{\text{горчица}-20} = k_N * \left(\frac{N_k - N_x}{N_k}\right) + k_L * \left(\frac{L_k - L_x}{L_k}\right) + k_l * \left(\frac{l_k - l_x}{l_k}\right) + k_M * \left(\frac{M_k - M_x}{M_k}\right) = 0,3 * \left(\frac{12 - 2}{8}\right) + 0,2 * \left(\frac{19 - 4}{19}\right) + 0,4 * \left(\frac{11 - 3}{11}\right) + 0,1 * \left(\frac{1,047 - 0,004}{1,047}\right) = 0,923$$

На основании проведенных исследований и анализа фитотоксичности нефтезагрязненных почв с установленными концентрациями нефти на рост тесткультур, можно сделать следующие выводы:

- наибольший показатель фитотоксичности характерен для тесткультуры $Brassica\ nigra\ (L.);$
- наименьший показатель фитотоксичности нефтезагрязненных почв зафиксирован у тест-культуры *Avena sativa* (*L*.);
- при повышении дозы нефтяного загрязнения почв, показатель фитотоксичности во всех исследуемых образцах увеличивался.

По результатам практического применения фитомелиорации, в составе комплекса биологических методов очистки загрязненных почв, отмечается факт существенного снижения концентрации углеводородов нефти в течение 30-45 суток практически до уровня ориентировочно допустимых концентраций [26, 29-

30, 225-226].

Таким образом, полученные результаты исследований, свидетельствует, что посев растений на нефтезагрязненную почву является одним из перспективных направлений доочистки. По результатам исследований наиболее эффективным в качестве фитомелиоранта является Avena sativa (L.), который среди исследуемых тест-культур менее других подвержен токсическому воздействию нефти и наиболее приспособлен к произрастанию на загрязненных нефтью почвах. Корневая система Avena sativa (L.) практически не подвержена токсическому воздействию, свидетельствуют чем результаты исследований морфометрических характеристик. Развитая корневая система Avena sativa (L.) способствует образованию почвенных пор, благодаря которым усиливается доступ кислорода в нижележащие слои грунта, кроме того способствуют развитию в ризосферной среде микроорганизмов, синтезируют ферменты, активизирующие рост микроорганизмов и разрушение компонентов нефти [260].

Посев семян Avena sativa (L.) на нефтезагрязненные, предварительно рекультивированные участки позволяет создать благоприятный воздушный режим в почве, снабдить почву органическим веществом за счет отмирающих клеток корней и выделения различных биоактивных веществ, которые могут непосредственно разрушать загрязнитель или способствовать росту ризосферных микроорганизмов. Avena sativa (L.), показав наиболее высокие значения по выбранным критериям, является наиболее устойчивым из всех представленных вариантов растений к нефтяному загрязнению, и наиболее приемлемым видом растения, для использования его в целях рекультивации нефтезагрязненных почв Уральского федерального округа.

4.1.4. Микробиологический анализ образцов почв

На основании проведенных ранее исследований известно, что активные биодеструкторы нефти и нефтепродуктов присутствуют как в загрязненных, так и в чистых почвах [107, 147]. Наиболее часто среди нефтеокисляющих

микроорганизмов встречаются четыре группы бактерий: грамположительные коринеподобные бактерии (Rhodococcus, Bravobacterium, Arthrobacter, грамположительные спорообразующие *Micrococcus*), бактерии (Bacillus), грамотрицательные оксидазоположительные бактерии (Flavobacterium, Chromobacterium) и грамотрицательные оксидазоотрицательные кокко-палочки (Acinetobacter).

Этап микробиологических исследований, включающих в себя анализ численности углеводородокисляющих микроорганизмов, общей численности микроорганизмов, численности бактерий, принадлежащих к родам Pseudomonas, Bacillus, Sarcina, Rhodococcus, Mycobacterium, Nocardia, коринеморфных бактерий, актиномицетов и кокков, определение количества микроскопических грибов, а так же расчет коэффициента разнообразия Симпсона, выполнен на базе лаборатории Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа».

В рамках исследований анализировались образцы почв, подвергнутые загрязнению нефтью в соотношении: 5л на $1m^2$ почв и 10л на $1m^2$ почв:

- 1. Фоновый образец, не подвергнутый загрязнению, отобранный с территории, прилегающей к временным пробным площадям;
- 2. Контрольный образец, загрязненный в соотношении 5л нефти на 1м² почвы, в состав которого не вносился органический субстрат;
- 3. Контрольный образец, загрязненный в соотношении 10л нефти на 1м² почвы, в состав которого не вносился органический субстрат;
- 4. Образец, загрязненный в соотношении 5л нефти на 1м² почвы, и подвергнутый 1 этапу очистки, в состав образца вносился органический субстрат;
- 5. Образец, загрязненный в соотношении 5л нефти на 1м² почвы, и подвергнутый 2 этапам очистки, в состав образца в 1 год исследований вносился органический субстрат опил сосновый, во 2 год исследований на поверхности образца был произведен высев семян овса лугового Avena Sativa (L.);

- 6. Образец, загрязненный в соотношении 10л нефти на 1м² почвы, и подвергнутый 1 этапу очистки, в состав образца вносился органический субстрат;
- 7. Образец, загрязненный в соотношении 10л нефти на 1м² почвы, и подвергнутый 2 этапам очистки, в состав образца в 1 год исследований вносился органический субстрат опил сосновый, во 2 год исследований на поверхности образца был произведен высев семян овса лугового Avena Sativa (L.);

Результаты микробиологических исследований, а именно анализ численности микроорганизмов на МПА (мясопептонный агар), численности углеводородокисляющих микроорганизмов на среде Мюнца, численности микроскопических грибов на среде КГА (картофельно-глюкозный агар) и основных характеристик степени разнообразия микробного сообщества анализируемой почвы представлены в таблицах 29 - 32.

Таблица 29 - Численность микроорганизмов на МПА (мясопептонный агар), $N\times 10^5 {\rm KOE}\,/\,1 {\rm r}$ а.с.в. почвы

Образ	Общая		Из них:							
ец	численн	Pseudom	Bacillus	кокки	Sarcina	Rhodoc	Корине-	Mycobac	Nocard	Актино
	ость	onas				occus	морфные	terium	ia	мицеты
1	1055,2±	86,5	95,3	15,0	12,5			10,3	50,4	5,5
	20,1									
2	935,1±13	205,6	45,1	60,2	10,1		5,1	5,3	20,7	5,2
	,4									
3	1170,0±1	51,3	25,4	185,4			5,2	45,6	20,4	5,7
	1,2									
4	1313,3±3	346,7	25,6	66,8			20,1	13,3	6,7	13,3
	1,5									
5	4850,9±4	935,4	44,9	215,3			25,4	30,8		15,4
	5,1									
6	825,4±9,	91,7	22,1	90,8	10,4	10,2	26,1	90,5	11,3	6,1
	4									
7	1530,1±1	59,9	36,1	361,0	160,4	55,1		15,2	21,0	22,4
	9,4									

Таблица 30 - Численность углеводородокисляющих микроорганизмов на среде Мюнца, N \times 10 4 KOE / 1г а.с.в. почвы

Образец	Общая численность	Бактерии	Грибы
1	106,67±13,2	93,35	13,32
2	120,3±20,8	120,3	
3	1050,3±66,7	1028,70	21,6

Образец	Общая численность	Бактерии	Грибы
4	1173,30±41,7	1166,60	6,7
5	4060,07±125,8	3939,80	120,3
6	1760,21±74,8	1686,01	74,2
7	1393,22±50,2	1241,22	152,0

Таблица 31 - Численность микроскопических грибов на среде КГА (картофельно-глюкозный агар), $N \times 10^2~{\rm KOE}\,/\,1$ г а.с.в. почвы

Обр	Общая	Дрожжи	Penicillium	Trichoderma	Acremonium	Paecilom	Condelabrella ²
азец	численность					yces	
1	200,0±12,4	13,1	120,0	13,3	_	6,6	20,0
2	293,3±19,7	44,4	13,3	106,6	6,8		
3	506,8±41,6	46,6	46,7	60,0	13,2		86,7
4	180,0±12,1	26,7	31,9	87,1			20,0
5	326,7±21,8	46,7	46,6	173,3	6,7		_
6	286,6±31,7	80,0	26,7	73,3	13,3		6,7
7	560,0±59,7	226,7	80,0	86,7	20,0		

^{1.} а.с.в. почвы – абсолютно-сухой почвы

Таблица 32 - Основные характеристики степени разнообразия микробного сообщества анализируемой почвы

· ·	Коэффициент	Количество	Наличие/	Характеристика
численность	Симпсона1 (для	обнаруженных	отсутств	таксона доминанты
	общей	топов колоний	ие	
	численности	(при учете на	доминант	
	микроорганизмов)	МПА)		
$1055,2 \pm 20,1$	6,75	19	нет	
$935,1 \pm 13,4$	9,33	22	есть	Pseudomonas + др,
				неспорообразующие
				бактерии,
				формирующие
				желтопигментные
				колонии
$1170,0 \pm 11,2$	53,76	23	нет	
$1313,3 \pm 31,5$	12,39	22	есть	Pseudomonas+ др,
				неспорообразующие
				бактерии,
				формирующие
				желтопигментные
				колонии
$4850,9 \pm 45,1$	39,68	21	есть	Pseudomonas
$825,4 \pm 9,4$	32,68	29	нет	_
$1530,1 \pm 19,4$	26,32	29	есть	кокки
	$1055,2 \pm 20,1$ $935,1 \pm 13,4$ $1170,0 \pm 11,2$ $1313,3 \pm 31,5$ $4850,9 \pm 45,1$ $825,4 \pm 9,4$ $1530,1 \pm 19,4$	общей численности микроорганизмов) $1055,2 \pm 20,1 \qquad 6,75$ $935,1 \pm 13,4 \qquad 9,33$ $1170,0 \pm 11,2 \qquad 53,76$ $1313,3 \pm 31,5 \qquad 12,39$ $4850,9 \pm 45,1 \qquad 39,68$ $825,4 \pm 9,4 \qquad 32,68$ $1530,1 \pm 19,4 \qquad 26,32$	общей численности микроорганизмов) $1055,2 \pm 20,1$ 6,75 19 $935,1 \pm 13,4$ 9,33 22 $1170,0 \pm 11,2$ 53,76 23 $1313,3 \pm 31,5$ 12,39 22 $1313,3 \pm 31,5$ 39,68 21 $132,3 \pm 31,4$ 26,32 29 $1530,1 \pm 19,4$ 26,32 29	общей численности микроорганизмов) топов колоний (при учете на микроорганизмов) ие доминант 1055,2 ± 20,1 6,75 19 нет 935,1 ± 13,4 9,33 22 есть 1170,0 ± 11,2 53,76 23 нет 1313,3 ± 31,5 12,39 22 есть 4850,9 ± 45,1 39,68 21 есть 825,4 ± 9,4 32,68 29 нет

¹ Коэффициент разнообразия Симпсона учитывает одновременно два фактора: количество обнаруженных видов и равномерность распределения численности особей (в нашем случае микроорганизмов) по данным видам. Чем больше количество видов и чем более равномерно распределено количество особей по таксонам, тем выше коэффициент.

^{2.} Гриб, относящийся к роду так называемых «хищных грибов», питающихся микроскопическими нематодами.

Так, например, если в варианте X общая численность обнаруженных видов микроорганизмов больше чем в варианте У, но численность особей какого-то одного или двух видов значительно превышает численность особей внутри остальных таксонов (т.е. присутствуют доминанты), коэффициент Симпсона в варианте X может оказаться ниже чем в варианте У. Поэтому к данному коэффициенту нужно относиться «творчески».

В связи с этим, в результате исследований по количеству обнаруженных видов микроорганизмов варианты 2, 3 и 4 различаются не существенно, но из-за присутствия доминант во 2 и 4 вариантах (*Pseudomonas* и сходных с ними бактерий) коэффициенты разнообразия заметно ниже. Таким образом, здесь необходимо учитывать, что в вариантах 2 и 4 по сравнению с вариантом 3 в целом разнообразие не на много ниже, но есть группы бактерий, экологическая ниша которых в силу разных обстоятельств шире, чем у всех остальных (т.е. условия в почве им благоприятствуют).

Расчет коэффициента Симпсона проводили в соответствии с методикой, описанной в источнике Мэгарран Э. [259].

Результаты исследований подтверждают, что появление в составе почв нефти способствует увеличению углеводородов углеводородокисляющих микроорганизмов и грибов, а внедрение в состав почв, загрязненных углеводородами нефти органических субстратов (опила соснового) обеспечивает стабильное повышение их количества, благоприятно воздействуя на их жизнедеятельность. Так, в контрольных вариантах без внесения в состав почв опила соснового численность углеводородокисляющих микроорганизмов увеличилась за счет появления в составе почв углеводородов нефти, являющихся для углеводородокисляющих микроорганизмов источником питания. Однако, в внесением опила соснового состав почв, углеводородокисляющих микроорганизмов превышает численность фоновую и численность контрольных вариантов за счет того, что опил сосновый является своего рода дополнительным источником питания для углеводородокисляющих микроорганизмов, при этом более легко усваиваемым. Таким образом,

численность углеводородокисляющих микроорганизмов в вариантах с внесением опила соснового превышает в 11 раз фоновую численность и в 9,7 раз численность контрольных образцов в образцах с начальной концентрацией нефти $19,51\pm0,43$ г/кг, а в вариантах с начальной концентрацией и $64,79\pm0,50$ г/кг превышение составило 16,5 раз над фоновой численностью и в 2 раза выше по сравнению с численностью контрольного образца.

Анализ результатов позволяет сделать вывод, что наиболее благоприятные условия создаются при внесении в состав почв органического субстрата (опила соснового) и посева на поверхность загрязненных почв семян растений, устойчивых к произрастанию на загрязненной почве. Так, резко выделяется образец 5, в котором значительно выше и общая численность микроорганизмов, и численность микроскопических грибов, и численность УВ-окисляющих бактерий. Указанный образец, был загрязнен в соотношении 5π нефти на 1m^2 почвы, и подвергнут 2 этапам очистки, в состав образца в 1 год исследований вносился органический субстрат — опил сосновый, во 2 год исследований на поверхности образца был произведен посев семян овса лугового — *Avena Sativa* (*L.*). Численность углеводородокисляющих микроорганизмов в указанном варианте в 38 раз превышает фоновую численность, и в 33 раза превышает численность в контрольном варианте с идентичным уровнем загрязнения нефтью, равным $19,51\pm0,43$ г/кг.

В целом, результаты исследований, безусловно, подтверждают повышение эффективности очистки и восстановления нефтезагрязненных почв путем внесения в их состав опила соснового и последующего посева на их поверхность семян устойчивых к произрастанию растений, тем самым подтверждая возможность применения органических компонентов ОТХОДОВ лесозаготовительной промышленности и семян Avena sativa (L.) ДЛЯ биоремедиации нефтезагрязненных почв при разработке технологической схемы очистки почв от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.

4.1.5. Исследование сорбционных свойств структурообразующих субстратов и широко используемых сорбентов

Для оценки сорбционных свойств структурообразующих субстратов и широко используемых сорбентов в 2015 году проведен ряд лабораторных исследований, в рамках которых определялись сорбционная емкость и поглотительная способность исследуемых вариантов: опила соснового (Ramenta pineus), торфа, мха сфагнума (Sphagnum (L.), мха канадского торфяного (Spill Sorb), сорбирующего материала «Мегасорб». В качестве контрольного варианта использовался вариант с почвой. Исследования проводились на базе лаборатории мониторинга окружающей среды Уральского государственного университета путей сообщения.

Сорбционная емкость исследуемых вариантов определялась путем насыщения всего их объема нефтью. Результаты исследований по определению сорбционной емкости представлены в таблице 33.

Вариант	Объем	Время	Сорбционная
	сорбента, мл	насыщения, сек	емкость, мл
Опил сосновый	50	8,6	25,9
(Ramenta pineus)			
Торф	50	7,9	15,1
Mox сфагнум (Sphagnum (L.)	50	5,3	12,3
Мох канадский торфяной- Spill Sorb	50	7,1	30,2
Сорбирующий материал «Мегасорб»	50	9,7	5,7
Почва	50	8,0	15,1

Для определения поглотительной способности исследуемых вариантов, 1 мл каждого рассматриваемого варианта насыщался 1 мл нефти. В вариантах, насыщенных нефтью, при температуре 80 °C и прочих равных абиотических условиях определялись скорость испарения углеводородов нефти, при этом отдельно оценивались поглотительная способность легких и тяжелых фракций нефти, в зависимости от скорости улетучивания (рисунок 43).

Результаты исследований свидетельствуют о том, что рассматриваемые органические структурообразующие субстраты, не уступают «признанным» сорбентам, и имеют высокие показатели сорбционной емкости.

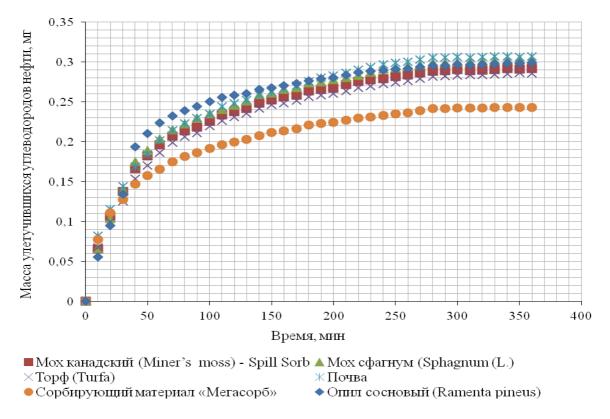


Рисунок 43 – Поглотительная способность сорбентов

Анализ поглотительной способности исследуемых вариантов, показал, что «Мегасорб» сорбирующий материал наиболее плотно связывается углеводородами нефти, предотвращая испарение, как легких, так и тяжелых фракций, однако он имеет относительно низкую сорбционную емкость, что ограничивает его использование при аварийных разливах. Обращаясь к органическим структурообразующим субстратам, необходимо отметить, что более выраженная динамика испарения углеводородов нефти в варианте с опилом сосновым (Ramenta pineus), который слабо препятствует испарению легких фракций углеводородов нефти, однако хорошо связывается и задерживает на своей поверхности тяжелые фракции, в отличии от других вариантов. Анализ результатов исследований показывает, что с окончанием испарения легких фракций углеводородов нефти, скорость испарения нефти в варианте с опилом сосновым становится заметно ниже относительно остальных вариантов, что свидетельствует о том, что опил сосновый «крепко» связывается с тяжелыми фракциями углеводородов нефти, и предотвращает их миграцию в другие компоненты окружающей среды в результате испарения и вымывания.

Таким образом, внесение в состав загрязненных нефтью почв органических компонентов отходов лесозаготовительной промышленности — опила соснового позволяет обеспечить сорбцию углеводородов нефти, и предотвратить миграцию нефтяного загрязнения, как на незагрязненные территории, так и в другие компоненты окружающей среды.

4.1.6. Исследование скорости и глубины проникновения нефти в почвенные горизонты

Для определения глубины проникновения с дерново-подзолистой почвы, в Свердловской области, 2,5 км юго-восточнее г. Реж, отбирались цельные образцы почвенного горизонта, которые без деформации перемещались в мерные цилиндры. В рамках проведения исследования, с равными промежутками времени, в почвенном горизонте определялась глубина проникновения нефти, на основании чего определялась динамика скорости проникновения нефти в почвенный горизонт. В качестве загрязняющего вещества использовалась нефть марки Urals (Siberian Light), добываемая на ОПО Когалымском месторождении. Динамика и глубина проникновения нефти исследовалась в вариантах с 2 и 5 сантиметровым столбом нефти.

По результатам проведенных исследований установлено, что нефть проникает в почву до горизонта A_2 за 7 дней. В горизонте A_2 дерново-подзолистая почва имеет более плотную структуру, которая препятствует дальнейшему проникновению нефти в более глубокие горизонты. Таким образом, за 30-дневный период исследований во всех исследуемых проникновение нефти достигло глубины 15-16 см почвенного горизонта. В зависимости от первоначальной толщины нефти (2 и 5 см) скорость проникновения во времени варьируется, то представлено на рисунке 44.

Время, час

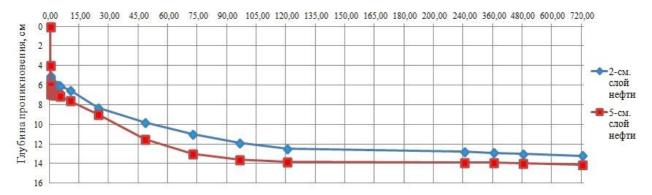


Рисунок 44 - Динамика и глубина проникновения нефти в почвенный горизонт

Таким образом, результаты исследований по определению скорости проникновения и максимальной глубины проникновения нефти в почвенный горизонт, подтверждают возможность использования разработанной технологической схемы очистки нефтезагрязненных почв на месте аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и не ограничивают сроки начала проведения работ с момента разлива нефти и нефтепродуктов, поскольку за весь период исследований нефть не проникает глубже 16 см в почвенный горизонт (глубже пахотного слоя почвы).

4.2. Применение технологической схемы при рекультивации нефтезагрязненных почв

Технологическая схема рекультивации почв основана на использовании комплекса биологических методов очистки почв от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Основной целью применения технологической схемы является снижение концентрации углеводородов нефти в почвах, поступивших в них в результате аварийного разлива нефти и нефтепродуктов.

Основным элементом системы снижения содержания углеводородов загрязненных почв является углеродосодержащее вещество необходимое для формирования гетеротрофной микрофлоры, окисляющей углеводороды.

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом.

При загрязнении почв нефтью и нефтепродуктами, являющимися одними из наиболее токсичных и распространенных веществ, оказывающих негативное

влияние на состояние окружающей среды, необходимо проведение мероприятий по утилизации загрязнения и очистке загрязненных почв.

Перед началом проведения мероприятий по очистке почвы анализируют природно-климатические условия местности загрязнения и типологию загрязненной почвы, определяют глубину проникновения и концентрацию нефти и нефтепродуктов в загрязненной почве.

После проведения названных мероприятий на поверхность загрязненной почвы наносят и перемешивают с ней опил сосновый фракции 2-10 мм, являющийся отходом деревообрабатывающей промышленности и широко распространенный на территории Российской Федерации, в количестве 10-30% от объема загрязненной почвы. Опил сосновый при внесении его в загрязненную почву, с одной стороны служит органическим сорбентом и предотвращает дальнейшую миграцию нефти и нефтепродуктов, уменьшая степень их вымывания из почв до 5 раз по отношению к чистой почве, а с другой, является источником интенсификации жизнедеятельности аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов, активность которых при внесении опила соснового и создании определенных условий резко возрастает, поскольку опил сосновый является для микроорганизмов питательной средой, и увеличивает их биологическую массу в загрязненной почве, способствуя тем самым ускорению деструкции углеводородов нефти и нефтепродуктов.

Полученную смесь загрязненной почвы с опилом сосновым рыхлят на глубину пахотного слоя (20-30 см) с периодичностью не реже одного раза в трое суток и поддерживают в ней влажность 60-70%, с целью создания благоприятных условий жизнедеятельности микроорганизмов. Комплекс данных технологических операций выполняют в вегетационный период на протяжении 40-90 суток.

Применение предлагаемого способа очистки почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, позволяет уменьшить концентрацию нефти и нефтепродуктов в загрязненных почвах до 60% и обеспечивает восстановление загрязненных почв с последующей возможностью их дальнейшего хозяйственного использования.

В случае, если за вегетационный период не достигнуто уменьшение концентрации нефти и нефтепродуктов в почве до уровня предельно допустимой концентрации, на всей площади загрязнения производят посев – овса посевного (Avena sativa (L.)), с нормой высева семян 180-220 кг/га. Рост и развитие Avena sativa (L.) обеспечивает повышение биогенности почв, что способствует природных резервов экосистемы, увеличению активизации численности аборигенной микрофлоры, что в комплексе способствует очищению грунтов от углеводородов нефти. Развитая корневая система Avena sativa (L.) способствует повышению объема кислорода в нижележащих слоях грунта, способствуют развитию в ризосферной среде микроорганизмов, а так же синтезирует ферменты, активизирующие рост микроорганизмов и разрушение компонентов нефти [183-184].

Применение фитомелиорации нефтезагрязненных почв в качестве доочистки позволяет добиться сокращения концентрации нефти и нефтепродуктов в почве не менее чем на 75% от первоначальной.

Таким образом, предлагаемый способ очистки почв (рисунок 45) от загрязнения нефтью и нефтепродуктами не требует выемки и транспортировки загрязненной почвы, применения дополнительного спецоборудования, и применения дорогостоящих биопрепаратов, поскольку опил сосновый содержит в своем составе элементы, необходимые для жизнедеятельности и развития микроорганизмов, обеспечивающих высокую скорость деструкции нефти и нефтепродуктов. Кроме того, опил сосновый является дешевым экологически чистым сырьем, обеспечивающим сорбцию нефти и нефтепродуктов на своей поверхности, улучшающим структуру почвы и усиливающим почвенный газообмен, и широко распространен на территории Уральского федерального округа.

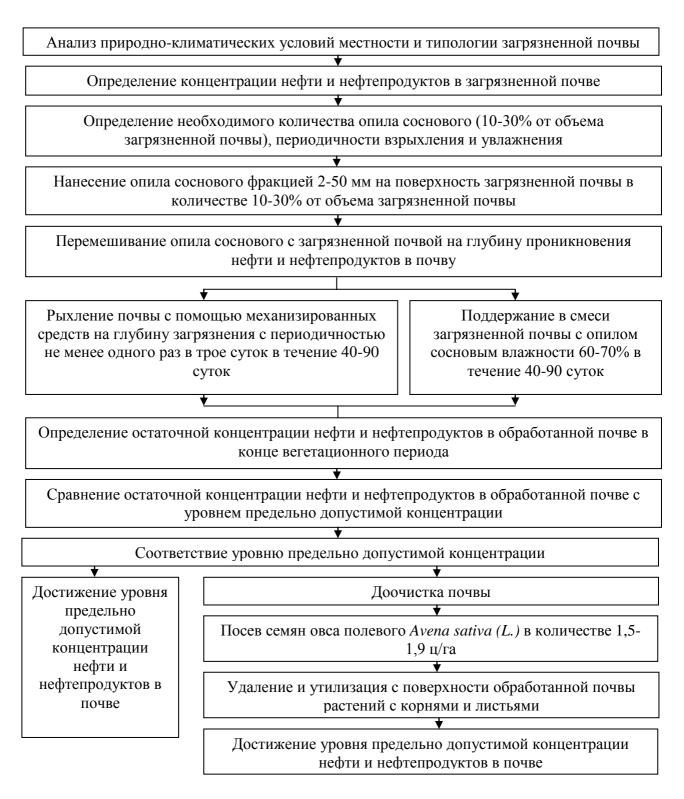


Рисунок 45 — Технология очистки почв от нефти и нефтепродуктов

Применение предлагаемой технологической схемы (рисунок 45) позволяет добиться эффективной и экологически безопасной очистки почв с различной степенью загрязненности нефтью и нефтепродуктами при минимальных трудозатратах и времени на подготовку очищаемого грунта [26].

На основании выполненных исследований выявлено следующее:

- микрофлора загрязненных почв объединена по родовому составу и численности, а сформировавшийся биоценоз почв, включающий углеродсодержащие вещества, окисляет углеводороды нефти и снижает их концентрацию в почвах;
- внесение органических структурообразующих субстратов в нефтезагрязненные почвы ускоряет процесс их очищения;
- наиболее эффективное влияние на трансформации динамику углеводородов нефти оказывает внесение такого органического структурообразующего субстрата, как опил сосновый, при внесении которого очищение нефтезагрязненных почв в условиях Уральского федерального округа нефтяных углеводородов до значений ориентировочно концентрации (ОДК) и ниже проходит в трехмесячный период теплого времени года при уровне загрязнения сырой нефтью до 10 л/м²;
- органические структурообразующие субстраты имеют высокие показатели сорбционной емкости и поглотительной способности, и соответственно их внесение в состав загрязненных нефтью почв позволяет обеспечить сорбцию углеводородов нефти и предотвратить миграцию нефтяного загрязнения, как на незагрязненные территории, так и в другие компоненты окружающей среды;
- токсичность почв возрастает с повышением концентрации в них углеводородов нефти;
- наиболее эффективным в качестве фитомелиоранта является Овес посевной (*Avena sativa* (*L*.)), который среди исследуемых тест-культур менее других подвержен токсическому воздействию нефти и наиболее приспособлен к произрастанию на загрязненных нефтью почвах;
- разработана технологическая схема очистки почв от нефтяного загрязнения, основанная на комплексе экологически безопасных биологических методов очистки и позволяющая достигнуть уровня очистки почв от

углеводородов нефти до ориентировочно допустимых концентраций за трехмесячный период.

ГЛАВА 5. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

5.1. Исчисление размера ущерба, причиненного почвам в результате химического загрязнения почв (земель) для территории Уральского федерального округа

Экологический ущерб окружающей природной среде означает фактические экологические, экономические или социальные потери, возникшие в результате нарушения природоохранного законодательства, хозяйственной деятельности человека, стихийных экологических бедствий, катастроф. Ущерб проявляется в виде потерь природных, трудовых, материальных, финансовых ресурсов в народном хозяйстве, а также ухудшения социально-гигиенических условий проживания для населения [33].

Под ущербом от загрязнения земельных ресурсов понимается ухудшение и разрушение почв и земель под воздействием антропогенных (техногенных) факторов, выражающиеся в количественном и качественном ухудшении состава и свойств почвы, снижении природохозяйственной значимости сельхозугодий [33].

В соответствии с Государственными докладами о состоянии и охране окружающей среды Уральского федерального округа [218-222] установлено, что на территории Уральского федерального округа по состоянию на 31.12.2013, порча почв в виде загрязнения в результате пролива нефтепродуктов (потерь нефтепродуктов при сливе и их хранении) на поверхность почв (почвенный рельеф) допущена на территории следующих субъектов РФ: Свердловская область (площадь загрязнения 0,0220 га), Ханты-Мансийский автономный округ (площадь загрязнения 4508 га), Ямало-Ненецкий автономный округ (площадь загрязнения 0,2301 га).

Исчисление в стоимостной форме размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды, осуществляется в соответствии с Методикой исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны

окружающей среды (далее - Методика), утвержденной приказом Минприроды России от 08.07.2010 № 238 (приказ зарегистрирован в Минюсте России 07.09.2010, рег. № 18364).

Методика, предназначена для исчисления в стоимостной форме размера вреда, нанесенного почвам в результате нарушения законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды, а также при возникновении аварийных и чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Методикой исчисляется в стоимостной форме размер вреда, причиненного почвам, в результате:

- 1.Загрязнения почв в результате поступления в почвы загрязняющих веществ или смеси загрязняющих веществ, приводящее к несоблюдению нормативов качества окружающей среды для почв, включая нормативы предельно (ориентировочно) допустимых концентраций загрязняющих веществ в почвах;
- 2. Несанкционированного размещения отходов производства и потребления;
- 3. Порчи почв в результате самовольного (незаконного) перекрытия поверхности почв, а также почвенного профиля искусственными покрытиями и (или) линейными объектами.

Исчисление в стоимостной форме размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, осуществляется по формуле 13:

$$\mathbf{y} \mathbf{\Pi} = \mathbf{y} \mathbf{\Pi}_{3arp} + \mathbf{y} \mathbf{\Pi}_{0TX} + \mathbf{y} \mathbf{\Pi}_{10pq}, \tag{13}$$

где:

УЩзагр - размер вреда при загрязнении почв;

УЩ_{отх} - размер вреда в результате несанкционированного размещения отходов производства и потребления;

УЩ_{порч} - размер вреда при порче почв в результате самовольного (незаконного) перекрытия поверхности почв.

Случаи порчи почв в виде загрязнения в результате пролива нефтепродуктов (потерь нефтепродуктов при сливе и их хранении) на поверхность почв (почвенный рельеф) относятся к загрязнению почв в результате

поступления в них загрязняющих веществ или смеси загрязняющих веществ, приводящее к несоблюдению нормативов качества окружающей среды для почв, включая нормативы предельно (ориентировочно) допустимых концентраций загрязняющих веществ в почвах.

Поскольку фактического размещения отходов на поверхности и перекрытия почв нет, то исчисление в стоимостной форме размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды, определяется только по показателям химического загрязнения почв.

В соответствии с п.5 Методики исчисление в стоимостной форме размера вреда при загрязнении почв осуществляется по формуле 14:

$$\mathbf{YIII}_{3arn} = \mathbf{C3} * \mathbf{S} * \mathbf{K}_{r} * \mathbf{K}_{ucx} * \mathbf{T}_{x}$$
 (14)

где:

УЩзагр - размер вреда (руб.);

СЗ - степень загрязнения, которая рассчитывается в соответствии с пунктом 6 настоящей Методики;

S - площадь загрязненного участка (M^2);

 K_r - показатель в зависимости от глубины загрязнения или порчи почв, который рассчитывается в соответствии с пунктом 7 настоящей Методики;

 $K_{\text{исх}}$ - показатель в зависимости от категории земель и целевого назначения, на которой расположен загрязненный участок, рассчитывается в соответствии с пунктом 8 настоящей Методики;

 T_x - такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды, при загрязнении почв, определяется согласно приложению 1 к настоящей Методике (руб./м²).

В соответствии с п.6 Методики степень загрязнения (СЗ) зависит от соотношения фактического содержания і- го химического вещества в почве к нормативу качества окружающей среды для почв.

Соотношение (C) фактического содержания і- го загрязняющего вещества в почве к нормативу качества окружающей среды для почв определяется по формуле 15:

$$C = \sum_{i+1}^{n} Xi/XH \tag{15}$$

где: X_i - фактическое содержание загрязняющего вещества в почве (мг/кг);

 $X_{\scriptscriptstyle H}$ - норматив качества окружающей среды для почв (мг/кг).

При отсутствии установленного норматива качества окружающей среды для почв (для конкретного загрязняющего вещества) в качестве значения Хн применяется значение концентрации ЭТОГО загрязняющего вещества на сопредельной территории аналогичного целевого назначения вида использования, не испытывающей негативного воздействия от данного вида нарушения.

При значении (С) менее 5 СЗ принимается равным 1,5; при значении (С) в интервале от 5 до 10 СЗ принимается равным 2,0; при значении (С) в интервале от более 10 до 20 СЗ принимается равным 3,0; при значении (С) в интервале от более 20 до 30 СЗ принимается равным 4,0; при значении (С) в интервале от более 30 до 50 СЗ принимается равным 5,0; при значении (С) более 50 СЗ принимается равным 6,0.

В связи с тем, что площадь загрязненного участка очень велика, то невозможно точно оценить отношение X_i/X_H , таким образом, при исчислении в стоимостной форме размера вреда при загрязнении почв примем минимальное значение C3, равное 1,5.

Показатель в зависимости от глубины загрязнения или порчи почв (K_r) рассчитывается в соответствии с фактической глубиной загрязнения или порчи почв.

При глубине загрязнения или порчи почв до 20 см (K_r) принимается равным 1; до 50 см (K_r) принимается равным 1,3; до 100 см (K_r) принимается равным 1,5; до 150 см (K_r) принимается равным 1,7; более 150 см (K_r) принимается равным 2.0.

В соответствии с разделом 4.1.6 «Исследование скорости и глубины

проникновения нефти в почвенные горизонты», в случаях разлива нефти и нефтепродуктов на почвенный покров, загрязнение не проникает глубже 20 см, почвенного горизонта. На основании полученных данных принимаем значение K_r равное 1.

Показатель в зависимости от категории земель и целевого назначения (K_{ucx}) определяется исходя из категории земель и целевого назначения.

Для земель особо охраняемых территорий ($K_{\text{исх}}$) равен 2; для моховолишайниковых оленьих и лугово-разнотравных горных пастбищ в составе земель всех категорий ($K_{\text{исх}}$) равен 1,9; для водоохранных зон в составе земель всех категорий ($K_{\text{исх}}$) равен 1,8; для сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения ($K_{\text{исх}}$) равен 1,6; для земель лесного фонда и земель иных категорий, на которых располагаются леса ($K_{\text{исх}}$) равен 1,5; для земель населенных пунктов (за исключением земельных участков, отнесенным к территориальным зонам производственного, специального назначения, инженерных и транспортных инфраструктур, военных объектов) ($K_{\text{исх}}$) равен 1,3; для остальных категорий и видов целевого назначения ($K_{\text{исх}}$) равен 1,0.

Если территория одновременно может быть отнесена к нескольким видам целевого назначения, приведенным в таблице, то в расчетах используется коэффициент K_{ucx} с максимальным значением.

Поскольку разлив нефти и нефтепродуктов на почвенный покров наиболее часто происходит на земельных участках из категории земель и целевого назначения для земель лесного фонда и земель иных категорий, на которых располагаются леса, принимаем $K_{\text{исх}}$ равное 1,5.

Такса (T_x) для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды, при загрязнении и порче почв, определяется в зависимости от Приуроченности загрязненного участка к лесорастительным зонам, в соответствии с Методикой. Перечень лесорастительных зон Российской Федерации, Перечень лесных районов Российской Федерации, утверждены приказом Рослесхоза от 09.03.2011 № 61 (зарегистрирован в Минюсте России 28.04.2011, регистрационный № 20617) (Таблица 34).

Таблица 34 - Такса (T_x) для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды, при загрязнении и порче почв

Приуроченность участка к лесорастительным зонам	Таксы (руб./м²)
Зона притундровых лесов и редкостойной тайги	900
Таежная зона	500
Зона хвойно-широколиственных лесов	400
Лесостепная зона	500
Степная зона	600
Зона полупустынь и пустынь	550
Зона горного Северного Кавказа	700
Южно-Сибирская горная зона	700

Установлено, что на территории Уральского федерального округа, порча почв в виде загрязнения в результате пролива нефтепродуктов на поверхность почв допущена в большей части на территориях, приуроченных к таежной и лесостепной лесорастительным зонам, и зоне хвойно-широколиственных лесов.

Таким образом, размера вреда в стоимостной форме, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, нанесенного почвам в результате загрязнения нефтью и нефтепродуктами, на территории Уральского федерального округа равняется:

УЩ_{загр} =
$$1.5 \times 45~082~521 \times 1 \times 1.5 \times 500 = 50717836,1$$
 тыс.руб. = $50~717,84$ млн. руб.,

Таким образом, размер вреда в стоимостной форме, причиненного почвам в результате химического загрязнения почв (земель) вследствие пролива нефтепродуктов (потерь нефтепродуктов при сливе и их хранении) на поверхность почв (почвенный рельеф) на территории Уральского федерального округа составляет:

50 717 836 100 (пятьдесят миллиардов семьсот семнадцать миллионов

5.2. Оценка величины предотвращенного экологического ущерба в результате недопущения к размещению отходов производства и потребления

Оценка величины предотвращенного экологического ущерба окружающей среде в результате недопущения к размещению 1 тонны либо ликвидации размещенных ранее отходов і-го класса опасности в результате осуществления природоохранной деятельности определяется в соответствии с размером Платы за негативное воздействие на окружающую среду, вызванное размещением отходов производства и потребления [34].

Плата за размещение отходов предприятия — цена потребляемого количества ресурса или услуг, оказываемой за пользование ресурса. Плата за негативное воздействие — форма возмещения экономического ущерба от загрязнения окружающей среды, которое возмещает затраты на компенсацию воздействий загрязняющих веществ и стимулирует снижение или поддержание воздействия на среду в пределах нормативов, а также затраты на проектирование и строительство природоохранных объектов [34].

Плата за размещение отходов в пределах установленных лимитов исчисляется в соответствии с требованиями Приказа Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 5 апреля 2007 № 204 «Об утверждении формы расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду и порядка заполнения и представления формы расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду»:

$$\Pi_{\text{Лотх}} = K_{\text{H}} * K_{\text{3}} \sum_{i=1}^{n} H_{6i} * M_{i}, \text{ pyб.}, \tag{16}$$

где:

 $\Pi_{\text{Лотх}}$ – размер платы в установленных лимитах, руб.;

i – вид отхода;

 \mathbf{M}_i – фактическая масса і-го отхода в т;

 ${
m H_{6\it i}}$ — базовый норматив платы за 1 т размещаемых отходов в пределах лимитов, руб./т;

 K_{9} — коэффициент экологической ситуации и экологической значимости почв в рассматриваемом регионе;

К_и - коэффициент индексации.

В соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов Отходы распиловки и строгания древесины относятся к V классу опасности отходов, код по ФККО 3 05 200 00 00 0.

Являясь отходом производства, опил древесный накапливается промышленных площадках предприятий деревообрабатывающей промышленности и передается на утилизацию путем захоронения его на полигонах. В соответствии с Федеральной государственной статистической отчетностью на территории Уральского федерального округа за 2014 год было И следующие накоплено размещено количество отходов деревоперерабатывающей и деревообрабатывающей промышленности (таблица 35).

Таблица 35 — Сведения об образовании, использовании и размещении отходов распиловки и строгания древесины на территории Уральского федерального округа в период с 01.01.2014 г. по 31.12.2014 г.

	Обращение с отходами			
Субъект Российской	Наличие на	Образование		Наличие на конец
Федерации	начало	отходов за	Размещение	отчетного года (с учетом
Федерации	отчетного	отчетный	отходов	наличия отходов на
	года	год		начало отчетного года)
Свердловская область	36900,41	350625,36	25292,68	39339,55
Челябинская область	205,61	52756,14	10256,24	9181,15
ОАНК	5,37	7680,80	5515,43	52,39
Тюменская область	626,03	50187,02	14310,93	5,96
Курганская область	0,00	23121,11	3784,55	6,35
ХМАО Югра	0,00	83081,51	3029,63	0,00
ИТОГО	37737,42	567451,94	62189,46	48585,40

Постановлением Правительства Российской Федерации от 12 июня 2003 № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через

централизованные системы водоотведения, размещение отходов производства и потребления» установлены:

- нормативы платы за размещение отходов производства и потребления (таблица 36);
- коэффициенты, учитывающие экологические факторы (состояние атмосферного воздуха и почвы), по территориям экономических районов Российской Федерации (таблица 37).

Таблица 36 – Нормативы платы за размещение отходов производства и потребления

Вид отходов по классам опасности для окружающей среды	Единица измерения	Нормативы платы за размещение 1 единицы измерения отходов в пределах установленных лимитов размещения отходов
Отходы I класса опасности (чрезвычайно опасные)	тонна	1739,2
Отходы II класса опасности (высокоопасные)	тонна	745,4
Отходы III класса опасности умеренно опасные)	тонна	497,0
Отходы IV класса опасности (малоопасные)	тонна	248,4
Отходы V класса опасности (практически неопасные): добывающей промышленности перерабатывающей промышленности прочие	тонна	0,4 15,0 8,0

Таблица 37 - Коэффициенты, учитывающие экологические факторы (состояние атмосферного воздуха и почвы), по территориям экономических районов Российской Федерации

Экономические районы	Значение коэффициента		
Российской Федерации	для атмосферного воздуха	для почвы	
Северный	1,4	1,4	
Северо-Западный	1,5	1,3	
Центральный	1,9	1,6	
Волго-Вятский	1,1	1,5	
Центрально-Черноземный	1,5	2	
Поволжский	1,9	1,9	
Северо-Кавказский	1,6	1,9	
Уральский	2	1,7	
Западно-Сибирский	1,2	1,2	
Восточно-Сибирский	1,4	1,1	
Дальневосточный	1	1,1	
Калининградская область	1,5	1,3	

Правительства РΦ от 19.11.2014 $N_{\underline{0}}$ 1219 **((O)** Постановлением коэффициентах к нормативам платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, размещение отходов потребления» установлено, что производства И К нормативам платы, утвержденным в 2003 году постановлением Правительства РФ от 12.06.2003 № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, размещение отходов производства и потребления», применяются коэффициенты: 2,45 - в 2015 году, 2,56 - в 2016 году и 2,67 - в 2017 году.

Таким образом, плата за размещение отходов и соответственно величина предотвращенного экологического ущерба от размещения данных отходов равна:

$$\Pi_{\text{Лотх}}$$
= 2,45 × 1,7 × (15 × 62189,46) = 3885286,51 руб. = 3 885, 286 тыс. руб.

Таким образом, величина предотвращенного экологического ущерба, причиненного почвам в результате размещения отходов распиловки и строгания древесины на территории Уральского федерального округа, составляет **3 885 286** (три миллиона восемьсот восемьдесят пять тысяч двести восемьдесят шесть) рублей.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что применение предлагаемого способа очистки почв от нефтяного загрязнения, экономически выгодно с одной стороны, как возможное предотвращение накопленного ранее ущерба, причиненного почвам в результате химического загрязнения почв, а с другой стороны как предотвращение экологического ущерба, причиненного почвам в результате размещения отходов производства.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

- 1. Выявлено, что внесение опила соснового в нефтезагрязненные почвы и дальнейший посев семян Avena sativa (L.) ускоряет процесс их очищения и способствует снижению содержания нефти в загрязненных почвах до 88 % при уровне загрязнения 5л на 1м² и 85% при 10л на 1м². В образцах загрязненных нефтью в отношении 5л на 1м², и с начальной концентрацией углеводородов нефти 19,51±0,43 г/кг, установлено, что применение предлагаемого метода позволяет достигнуть снижения концентрации нефтепродуктов в почвах до 2,2 г/кг, что является безопасным уровнем содержания нефтепродуктов для исследуемого типа почв.
- 2. Установлено, что наиболее эффективным в качестве фитомелиоранта является Avena sativa (L.), который среди исследованных тест-культур менее других подвержен токсическому воздействию нефти и наиболее приспособлен к произрастанию на загрязненных нефтью почвах: количество взошедших семян в нефтезагрязненных почвах в варианте с Avena sativa (L.) более чем в 7 раз превышает значение в вариантах с Trofolium pretense (L.) и Brassica nigra (L.) и составляет 80-85%, а значение биомассы Avena sativa (L.) к концу исследований практически в 10 раз превышает значения биомассы Trofolium pretense (L.) и Brassica nigra (L.).
- Установлено, что появление в составе почв углеводородов нефти способствует увеличению углеводородокисляющих микроорганизмов и грибов, а внедрение в состав загрязненных почв органических субстратов обеспечивает стабильное повышение их количества. Наиболее благоприятные условия создаются при внесении в состав почв опила соснового и последующего посева на поверхность загрязненных ПОЧВ семян Avena sativa (L.),численность углеводородокисляющих микроорганизмов в указанном варианте с уровнем загрязнения 19,51±0,43 г/кг в 38 раз превышает фоновую численность, и в 33 раза превышает численность в контрольном варианте.
- 4. Установлено, что внесение в состав нефтезагрязненных почв опила соснового, сорбционная емкость которого в 4,5 раза превышает сорбционную

емкость широко распространенного сорбирующего материала «Мегасорб», позволяет обеспечить сорбцию углеводородов нефти и предотвратить их миграцию, при этом проникновение нефти вглубь почвенных горизонтов достигает глубины 15-16 см.

5. Разработан способ повышения эффективности биоремедиации включающий себя нефтезагрязненных почв, В технологическую схему, рекомендации и мероприятия, обеспечивающие очистку почв от углеводородов нефти до уровня ориентировочно допустимых концентраций (от 2 до 4 г/кг), который успешно апробирован при рекультивации нефтезагрязненных почв на территории Ханты-Мансийского автономного Югра (000)округа Производственная экологическая компания «Промышленная ЭКОЛОГИЯ», Г. Тюмень, Тюменская область).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В зонах техногенного воздействия основная масса поступающего загрязнения нефтью и нефтепродуктами, как правило, находится в системе «атмосфера-гидросфера-педосфера», а именно в трех компонентах экосистем: приземный слой атмосферы, поверхностные воды и почвенный покров. В результате загрязнения нефтью и нефтепродуктами компонентов экосистем через воздушную, водную и почвенную среды происходит поступление загрязнителей в биологические циклы и в отдельные живые организмы, их дальнейшая трансформация, аккумуляция, перераспределение и перемещение.

В результате проведенных исследований показано, что пропитывание нефтью и нефтепродуктами почвенной массы сказывается в основном на гумусовом горизонте: количество углерода в нем резко увеличивается, но ухудшается свойство почв как питательного субстрата для растений. Гидрофобные частицы нефти и нефтепродуктов затрудняют поступление влаги к корням растений, что приводит к физиологическим изменениям последних. Тяжелые нефти и нефтепродукты, содержащие значительное количество смол, асфальтенов и тяжелых металлов, оказывают токсичное воздействие на организмы и приводит к гибели растения. Кроме того, загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами приводит к резкому нарушению в почвенном микробиоценозе.

При этом, самоочищение почвы от нефти до концентрации 500 мг/кг достигается лишь через 6 лет после слабого загрязнения (5 г/кг), через 11 лет после среднего (100 г/кг) и через 16 лет (500 г/кг) после сильного загрязнения.

В рамках работы были исследованы и установлены эффективности различных путей повышения эффективности очистки нефтезагрязненных почв Уральского федерального округа. Повышения эффективности очистки комплекса биологических достигалось использованием методов очистки. основанных на применении органических структурообразующих субстратов (опил сосновый и опил березовый, торф, мох сфагнум (Sphagnum (L.)) и различных растений, произрастающих в природно-климатических условиях

Уральского федерального округа (клевер луговой ($Trofolium\ pretense\ (L.)$), овес посевной ($Avena\ sativa\ (L.)$), горчица обыкновенная ($Brassica\ nigra\ (L.)$).

По лабораторных исследований результатам показано, что В слабозагрязненных почвах (с уровнем загрязнения нефтью 0,5 л на 1м²) с добавлением структурообразующих субстратов достигнуто снижение концентрации нефтепродуктов в представленных вариантах до 61% первоначального. В сильнозагрязненных почвах, загрязненных в расчете 1 л на 1м², достигнуты аналогичные положительные результаты очистки почв от углеводородов нефти, при этом максимальный эффект очистки составил 59 % в образце с добавлением опила березового.

Фитомелиорация нефтезагрязненных почв положительно сказалась на тенденции очистки почв от углеводородов нефти и нефтепродуктов. К окончанию второй недели исследований содержание остаточной нефти в образцах составляло: 29,5% в слабозагрязненных почвах, в сильнозагрязненных — 37%.

Таким образом, результаты лабораторных исследований свидетельствуют о том, что включение органических структурообразующих субстратов в состав загрязненных нефтью почв при поддержании определенного водного и воздушного режима позволяет добиться высоких уровней деструкции нефтяного загрязнения, вследствие активизации жизнедеятельности аборигенной почвенной микрофлоры. Последующая фитомелиорация создает более благоприятные условия для жизнедеятельности микрофлоры и позволяет значительно ускорить процесс биоремедиации.

Целью проведения полевых исследований по биоремедиации являлась оценка степени влияния внедрения опила соснового различной фракции на скорость самоочищения почвы и возможность применения методов биоремедиации для очистки и восстановления нефтезагрязненных почв в условиях Уральского федерального округа.

По результатам проведения полевых исследований, к концу вегетационного периода (3 месяца), степень самоочищения почв в контрольном варианте с проведением агротехнических мероприятий — аэрация и увлажнение, достигла

лишь 38 % в слабозагрязненных почвах (50 г/кг) и 49 % в сильно загрязненных (100 г/кг). Применение биологических способов рекультивации положительно сказалось на очищении почвы, ускоряя этот процесс, и способствуя снижению содержания нефти в загрязненных почвах до 72 % при уровне загрязнения 5л на 1 m^2 и 63% при 10л на 1 m^2 .

Таким образом, на основании полученных данных, можно утверждать, что внесение в загрязненные нефтью почвы опила соснового способствует развитию почвенной углеродокисляющей микрофлоры, которая играют ведущую роль в процессе биологической деструкции углеводородов.

Результаты исследований, цель которых заключалась в выявлении вида растения, наиболее приемлемого для использования его в фитомелиорационных целях, свидетельствуют, что наиболее эффективным в качестве фитомелиоранта является $Avena\ sativa\ (L.)$, который среди исследуемых тест-культур менее других подвержен токсическому воздействию нефти и наиболее приспособлен к произрастанию на загрязненных нефтью почвах.

Посев семян Avena sativa (L.) на нефтезагрязненные, предварительно рекультивированные участки создает благоприятный воздушный режим в почве, обеспечивает почву органическим веществом за счет отмирающих клеток корней и выделения биоактивных веществ, способствующих росту ризосферных микроорганизмов и деградации углеводородов нефти. Avena sativa (L.), показав наиболее высокие значения по выбранным критериям, является наиболее устойчивым к нефтяному загрязнению из всех представленных вариантов растений и наиболее приемлемым видом растения для использования его в целях рекультивации нефтезагрязненных почв Уральского федерального округа.

Кроме того, в рамках исследований была дана оценка сорбционным свойствам наиболее широко применяемых сорбентов и предлагаемых органических структурообразующих субстратов.

Результаты исследований сорбционных свойств свидетельствуют о том, что рассматриваемые органические структурообразующие субстраты, не уступают «признанным» сорбентам, и имеют высокие показатели сорбционной емкости.

Опил сосновый крепко связывается с тяжелыми фракциями углеводородов нефти, и предотвращает их миграцию в другие компоненты окружающей среды в результате испарения и вымывания. Внесение его в состав загрязненных нефтью почв, позволяет обеспечить сорбцию углеводородов нефти, и предотвратить миграцию нефтяного загрязнения, как на незагрязненные территории, так и в другие компоненты окружающей среды.

По результатам исследований разработана и внедрена технологическая схема очистки почв от нефтяного загрязнения, основанная на комплексе экологически безопасных биологических методов очистки и позволяющая достигнуть уровня очистки почв от углеводородов нефти до ориентировочно допустимых концентраций, предложены технологические рекомендации и перечень мероприятий по повышению эффективности очистки почв до безопасного уровня, направленные на предотвращение нефтяного загрязнения компонентов окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Словарь по геологии и геохимии нефти и газа / К.А. Черникова // Л.: Недра, 1988.-679 с.
- 2. Галкин В.И. Геология нефти и газа: учебно-методическое пособие / В.И. Галкин, О.Е. Кочнева // Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. 113 с.
- 3. Бакиров Э.А. Геология нефти и газа / Э.А. Бакиров // М.: Недра, 1980. 245 с.
- 4. Бакиров А.А. Геология и геохимия нефти и газа / А.А. Бакиров, М.В. Бордовская // М.: Недра, 1993. 288 с.
- 5. Мстиславская Л.П. Геология, поиски и разведка нефти и газа: учеб. пособие./Л.П. Мстиславская, В.П. Филиппов // М.: ЦентрЛитНефте- Газ, 2005. 199 с.
- 6. Брод И.О. Основы геологии нефти и газа / И.О. Юрод, Н.А. Еременко // М.: Гостоптехиздат, 1957. 480 с.
- 7. Ибламинов Р.Г. Основы геологии и геохимии нефти и газа / Р.Г. Ибламинов // Перм. гос. ун-т. Пермь, 2007. 256 с.
- 8. Дугов Ю. С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов / Ю.С. Дугов, А. А. Родин // С.- Пб., 2000.-250 с.
- 9. Баженова О.К. Геология и геохимия нефти и газа / О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин // М.: Академик, 2004. 415 с.
- 10. Габриэлянц Г.А. Геология нефтяных и газовых месторождений / Г.А. Габриэлянц // М.: Недра, 1984. 285 с.
- 11. Запивалов Н.П. Флюидодинамические модели залежей нефти и газа / Н.П. Запивалов, И.П. Попов // Новороссийск: Изд-во СО РАН, 2003. 148 с.
 - 12. Губкин И.М. Учение о нефти / И.М. Губкин // М.: 1975. 335 с.
- 13. Лапинская Т.А. Древнейшие метаморфические толщи фундамента как возможный источник углеводородов осадочного чехла / Т.А. Лапинская, Л.П. Попова, А.В.Постников // Нефтегазоносность фундамента осадочных бассейнов. М.: Изд-во РГУНГ. 150 с.

- Баженова О.К. Геология и геохимия нефти и газа / О.К. Баженова // М.
 2004. 214 с.
- 15. Бакиров А.А. Геология и геохимия нефти и газа / А.А. Бакиров, З. А. Табасаранский // М. «Недра» 1982. 230 с.
- 16. Муслимов Р.Х. Потенциал фундамента нефтегазоносных бассейнов // ТЭК. 2004. № 2.
- 17. Плотникова И.Н. Зоны разуплотнения кристаллического фундамента Волго-Уральской антеклизы как потенциальные нефтегазовые объекты: дис. докт. геол.-минер. наук, Казань, 2002, 314 с.
- 18. Ревель П. Среда нашего обитания. Загрязнение воды и воздуха / Ревель П., Ревель Ч.// М. Мир, 1995, 296 с..
- 19. Вальков В. Ф. Экология почв: Учебное пособие для студентов вузов Часть 3. Загрязнение почв / В. Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 2004. 54 с.
- 20. Давыдова С. Л. Превращение нефти в биосфере/ С.Л. Давыдов // Энергия. 2006. № 5. С. 53-58.
- 21. Халимов Э. М. Экологические и микробиологические аспекты повреждающего действия нефти и свойства почвы / Э. М. Халимов, С. В. Левин, В. С. Гузеев // Вестник Московского ун-та, серия: Почвоведение, 1996. № 2. С. 59-64.
- 22. Сонджасси Р. Анализ воды: органические микропримеси // Р. Сонджасси, П. Сандра, К. Шлетт // Практическое руководство, С-Петербург. Изд. «Теза», 1995, 250 с.
- 23. Корте Ф. Экологическая химия. Основы и концепции Ф. Корте, М. Бахадир, В. Кляйн, Д.П. Ладж, Д. Парлар, И. Шознерт // М. Мир, 1997, 396 с.
- 24. Рыбаков С.Н., Майер С.Д., Тарасов А.Г. // НП «Центр экологии ТЭК» 2011.
- 25. Основные требования к разработке планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов // Утверждены

Постановление Правительства РФ О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов - 21.08.2000 № 613, 5 с.

- 26. Шигапов А.М. Защита ландшафтных систем от загрязнения углеводородами, поступающими с объектов железнодорожного транспорта / А.М. Шигапов, В.В Бондаренко, И.И. Гаврилин, Е.Г. Емельянова, С.В. Малышева, Э.И. Нагуманова, Э.А. Хусаинова г. Екатеринбург, 2014, 114 с.
- 27. Нефтезагрязнения и основные технологические способы урегулирования последствий [Электронный ресурс] / Наука и технологии Режим доступа: http://neftegaz.ru/science/view/764, статья в интернете. (Дата обращения 12.12.2014).
- 28. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. Ред. Глазовская М.А., М.: Наука, 1988, 254 с.
- 29. Шигапов А.М. Биосферосовместимые технологии защиты окружающей среды от нефтепродуктов / А.М. Шигапов, В.В. Бондаренко // Материалы Всеросс. научн.- практ. конф.: Современное российское общество: проблемы развития. М.: ООО «Планета», 2013. С.235-242.
- 30. Шигапов А.М. Некоторые особенности биологических методов очистки почвогрунтов от загрязнения нефтепродуктами / А.М. Шигапов, И.И. Гаврилин // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 3-1 (22). С. 43-46.
- 31. Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе Югре в 2012 году: Доклад службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа-Югры / Департамент экологии Ханты-Мансийского автономного округа Югры, издание 2013 178 с.
- 32. Кривцов И.П. Погрузочно-разгрузочные работы на транспорте // М.: Транспорт, 2005.- 198 с.
- 33. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды. Энциклопедия «Экометрия». Серия справочных изданий под ред. Исаева Л.К., С.-Петербург: Изд. «Крисмас», 1998, 890 с.

- 34. СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы» / Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 17 апреля 2003 г. N 53 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 16 апреля 2003 г.).
- 35. ГН 2.1.6.695-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест // М.: Минздрав РФ, 1998, 226 с.
- 36. Березкин В.Т. Хроматографический анализ окружающей среды / В.Т. Березкин // М.: Химия, 1979, С. 429-581.
- 37. Исидоров В.А. Хромато-масс-спектрометричское определение следов органических веществ в атмосфере / В.А.Исидоров, И.Г. Зенкевич // Л.: Химия, 1982, 136 с.
- 38. Другов Ю.С. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды и почвы / Ю.С. Другов, А.А. Родин // С.-Петербург: «Теза», 1999, 624 с.
- 39. Котов Г.Н. Журнал аналитической химии / Г.Н. Котов, Л.А. Конопелько, Ю.С. Другов // 1999, т. 54, № 5, С. 531-537.
- 40. Другов Ю.С. Методы анализа загрязнений воздуха / Ю.С. Другов, А.Б. Беликов, Г. А. Дьякова, В.М. Тульчинский // М.: Химия, 1984, 384 с.
- 41. Мязин В.А. Разработка способов повышения эффективности биоремедиации почв кольского севера при загрязнении нефтепродуктами (в условиях модельного эксперимента) // дис. канд. тех. наук: 03.02.08 / Мязин Владимир Алевсандрович Апатиты, 2014. 159 с.
- 42. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов / Н.П. Солнцева // М.: Изд-во МГУ, 1998. 376 с.
- 43. Шумилова И.Б. Возможные пути борьбы с последствиями разливов нефтепродуктов / И.Б. Шумилова, Н.Г. Максимович, С.М. Блинов, Л.Н. Кузнецов // Геология, разработка, бурение и эксплуатация нефтяных месторождений Пермского Прикамья. Вып. 2: сб. науч. трудов. Пермь, 1999. С. 240-249.

- 44. Елин Е.С. Биогеохимическая трансформация нефти-загрязнителя и болотного биогеоценоза при их взаимодействии / Е.С. Елин // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2002. № 3. С. 153-166.
- 45. Габов Д.Н. Полициклические ароматические углеводороды в техногенно-нарушенных почвах / Д.Н. Габов, В.А. Безносиков, Б.М. Кондратенок // Сохраним планету Земля: сборник докладов международного экологического форума. СПб.: Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, 2004. С. 268-271.
- 46. Устинов М.Т. Мониторинг территорий нефтегазовых промыслов методом почвотестирования / М.Т. Устинов, В.А. Казанцев, Т.Н. Елизарова, Л.А. Магаева, М.В. Якутин // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. С. 197-199.
- 47. Габбасова И.М. Агроэкологический подход в системе рекультивации нефтезагрязненных земель / И.М. Габбасова, Р.Н. Ситдиков, Р.Р. Сулейманов // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы международного совещания. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 52-60.
- 48. Андреева Т.А. Интегральная оценка воздействия нефтяного загрязнения на параметры химического и биологического состояния почв таежной зоны Западной Сибири: автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.27 / Андреева Татьяна Анатольевна. Томск, 2005. 26 с.
- 49. Фарахова И.З. Агрохимические свойства и приемы рекультивации нефтезагрязненных серых лесных почв Предкамья Республики Татарстан: автореф. дисс. ... канд. с/х. наук: 06.01.04 / Фарахова Ильсия Закариевна. Казань, 2009. 25 с.
- 50. Stallwood B. Low temperature bioremediation of oil-contaminated soil using biostimulation and bioaugmentation with a Pseudomonas sp. from maritime

- Antarctica / Stallwood B., Shears J., Williams P.A., Hughes K.A. // Appl Microbiol 99, 2005, C. 794–802.
- 51. Ковалева Е.И. Экологические аспекты антропогенного воздействия на земноводные ландшафты в районе нефтедобычи (Нижневартовский район ХМАО-Югры) / Е.И. Ковалева, А.С. Яковлев, С.А. Яковлев // Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред: тезисы докладов международной конференции. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 96 с.
- 52. Чижов Б.Е. Особенности нефтяного загрязнения территории Ханты-Мансийского автономного округа / Б.Е. Чижов, В.А. Долингер, А.И. Захаров // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: Изд. ИПОС СО РАН, 2007. № 8. С. 15-21.
- 53. Керимов С.В. Функционально-экологическая оценка почв Апшеронского полуострова, загрязненных нефтепродуктами [Электронный ресурс] / С.В. Керимов, Н.М. Исмаилов, И.И. Васенев // АгроЭкоИнфо. М., 2008. № 2. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/index.html, статья в интернете (Дата обращения 12.10.2013).
- 54. Салангинас Л.А. Технология рекультивации нефтезагрязненных земель способом активации аборигенной микрофлоры по результатам научных исследований в 150 объектах России / Л.А. Салангинас // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы международного совещания. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 176-178.
- 55. Салангинас Л.А. Изменение агрохимических и агрофизических характеристик почвы под влиянием нефтяного загрязнения / Л.А. Салангинас // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы международного совещания. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 278-283.
- 56. Салангинас Л.А. Итоги работы ЗАО НПС Элита-Комплекс с 1996 по 2001 гг. по восстановлению нефтезагрязненных земель / Л.А. Салангинас, А.Н. Сатубалдин // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы международного совещания. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 201-203.

- 57. Просянников Е.В. Влияние загрязнения нефтью на почвы юго-запада нечерноземной зоны России / Е.В. Просянников, Е.В. Смольский, А.С. Гуща // Агрохимия. 2012. №7. С. 74-86.
- 58. Безносиков В.А. Экологическая оценка почв в районе эксплуатации нефтяных месторождений в условиях севера / В.А. Безносиков, Е.Д. Лодыгин, Б.М. Кондратенок // Международный экологический форум «Сохраним планету Земля»: сборник докладов. СПб.: Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, 2004. С. 144-148.
- 59. Деградация и охрана почв: монография / Под общей ред. Акад. РАН Г.В. Добровольского. М.: Изд-во МГУ, 2002. 654 с.
- 60. Пермитина В.Н. Трансформация почвенного покрова нефтегазовых месторождений Восточного Прикаспия / В.Н. Пермитина, Л.А. Димеева // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы международного совещания. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 383-392.
- 61. Heusemann M.E. Incomplete hydrocarbon biodegradation in contaminated soils: Limitations in bioavailability or inherent recalcitrance bioremediation / M.E. Heusemann // 1997. J. 1, C. 27-39.
- 62. Puustinen J. Bioremediation of oil-contaminated soil from service stations / Puustinen J., Jurgensen K.S., Strandberg T., Suortti A.M. // Environmental Pollution 107 (2000) C. 245-254.
- 63. Сухова И.В. Современное состояние органического вещества верховых торфяников Западной Сибири в условиях нефтяного загрязнения / И.В. Сухова, Л.К. Садовникова, С.Я. Трофимов // Сохраним планету Земля: сборник докладов международного экологического форума. СПб.: Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, 2004. С. 188-191.
- 64. Каралов А.М. Регулирование теплового режима нефтезагрязненных земель в условиях их биологической рекультивации / А.М. Каралов // VIII всесоюз. съезд почвоведов: тезисы докладов. Кн. 1. Новосибирск, 1989. 37 с.

- 65. Киреева Н.А. Фенолоксидазная активность нефтезагрязненных почв / Н.А. Киреева, Г.Ф. Ямалетдинова // Вестник Башкирского университета. 2001. №1. С. 48-51.
- 66. 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: сборник научных трудов. Нижневартовск: Изд-во Нижневартовского пед. ин-та, 1998, Вып. 2. С. 95-105.
- 67. Бакина Л.Г. Изменение гумусового состояния городских почв под влиянием нефтезагрязнения / Л.Г. Бакина, Е.Е. Орлова, Н.Е. Орлова // Международный экологический конгресс "Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности": доклады конгресса. Т. 2. СПб, 2000. С. 185-187.
- 68. Сулейманов Р.Р. Ферментативная активность и агрохимические свойства лугово-аллювиальной почвы в условиях нефтяного загрязнения / Р.Р. Сулейманов, Т.А. Абдрахманов, З.А. Жаббаров, Л.Т. Турсунов // Известия Самарского научного центра РАН. 2008. Т.10, №2. С. 294-298.
- 69. Назаров А.В. Влияние нефтяного загрязнения на бактерии дерновоподзолистой почвы / А.В. Назаров, Л.Н. Ананьина, О.В. Ястребова, Е.Г. Плотникова // Почвоведение. 2010. №12. С. 1489-1493.
- 70. Леднев А.В. Изменение свойств дерново-подзолистых суглинистых почв под действием загрязнения продуктами нефтедобычи и приемы их рекультивации: автореф. дис. ... доктора с-х. наук: 06.01.03 / Леднев Андрей Викторович. Ижевск, 2008. 43 с.
- 71. Лапина Г.П. Физико-химические характеристики загрязнения окружающей среды при техногенных катастрофах (разлив нефти) / Г.П. Лапина, Н.М. Чернавская, М.Е. Литвиновский, С.В. Сазанова // Химическая и биологическая безопасность. 2007. №1 (31). С. 24-32.
- 72. Лисовицкая О.В. Углеводородное загрязнение почв в условиях комплексного техногенного воздействия: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27, 03.00.16 / Лисовицкая Ольга Вячеславовна. Москва, 2008 28 с.

- 73. Гузев В.С. Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов / В.С. Гузев, С.В. Левин // Перспективы развития почвенной биологии: труды всероссийской конференции. М.: Макс-Пресс, 2001. С. 178-219.
- 74. Киреева Н.А. Моделирование процессов биоремедиации нефтезагрязненных почв / Н.А. Киреева, В.В. Водопьянов, А.С. Григориади, Т.С. Онегова // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований. Том III: Моделирование в охране окружающей среды. Общая экология и охрана биоразнообразия; под ред. проф. Скворцова Э.В. и проф. Роговой Т.В. Казань: Издательство «Бриг», 2009. С. 40-43.
- 75. Маркарова М.Ю. Скорость очищения почв от нефти в условиях Севера [Электронный ресурс] / М.Ю. Маркарова // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2000. Вып. 32. Режим доступа: http://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/00-32/02.html статья в интернете. (Дата обращения 10.12.2013).
- 76. Atlas R.M. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons: an environmental perspective / R.M. Atlas // Microb. Rev., 1981. 45, P.180-209.
- 77. Зубайдулин А.А. Микробиологическая и ферментативная оценка нефтезагрязненных участков биоценозов Нижневартовского района / А.А. Зубайдулин, А.И. Фахрутдинов // II окружная конференция молодых ученых ХМАО «Наука и образование XXI века»: сборник тезисов докладов. Ч. 1. Сургут: Изд-во СурГУ, 2001. С. 17-20.
- 78. Мукашева Т.Д. Микроорганизмы в почвах Казахстана с разной степенью загрязнения нефтью / Т.Д. Мукашева, М.Х. Шигаева // Сохраним планету Земля: сборник докладов международного экологического форума. СПб.: Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, 2004. С. 337-342.
- 79. Portable A. Degradation of saturated and polycyclic aromatic hydrocarbons and formation of their metabolites in bioremediated crude oil-containing soils / Portable A., Trovato, A., McCarthy, K., Uhler, A., Andreotti, G. // In: Alleman, B.C., Leeson, A.

- (Eds.), In Situ and Onsite Bioremediation: Vol. 1. Battelle Press, Columbus, OH 1997. P.505-510.
- 80. Baek K.H. Monitoring of microbial diversity and activity during bioremediation of crude oil contaminated soil with different treatments / Baek K.H., Byung-Dae Y., Byung-Hyuk K., Dae-Hyun C., In-Sook L., Hee-Mock O., Hee-Sik K. // Microbiol Biotechnol 17, 2007, P. 67–73.
- 81. Кирсанов А.Д. Изменение биологической активности дерновоподзолистой почвы при повторном загрязнении нефтью / А.Д. Кирсанов, Е.Е. Орлова, А.В. Иванова // Антропогенная трансформация природной среды: материалы междунар. конф. – Пермь: Пермский гос. ун-т, 2010. – Т.1., Ч.2. – С. 364-366.
- 82. Лабутова Н.М. Особенности состояния бактериального и грибного микробоценоза нефтезагрязненной дерново-подзолистой почвы в лабораторных экспериментах / Н.М. Лабутова, А.В. Щерба, А.В. Галова, Е.Е. Орлова // Антропогенная трансформация природной среды: материалы междунар. конференции. Пермь: Пермский гос. ун-т, 2010. С. 9-14.
- 83. Ahn J.H. Analysis of bacterial diversity and community structure in forest soils contaminated with fuel hydrocarbon / Ahn J.H., Kim M.S., Kim M.C., Lim J.S., Lee G.T., Yun J.K., Kim T., Ka J.O. // Microbiol Biotechnol 2006, P. 704–715.
- 84. Rosenberg E. The hydrocarbon-oxidizing bacteria / Rosenberg E., Balows A., Trueper H.P., Dworkin M., Harder W., Schleifer K.H. // The Prokaryotes. Springer Verlag, New York, P. 446-459.
- 85. Тазетдинова Д.И. Состояние микобиоты почв Альметьевского района Республики Татарстан [Электронный ресурс] / Д.И. Тазетдинова, Р.И. Тухбатова, А.И. Ахметова // XIV Международная молодежная научная конференция "Ломоносов-2007»: материалы конференции. 2007. Режим доступа: http://conf.msu.ru/archive/Lomonosov 2007/15/tazetdinova.doc.pdf статья в интернете (Дата обращения 29.03.2014).
- 86. Курманбаев А.А. Диагностическое значение микрофлоры почв для оценки состояния нефтезагрязненных почв / А.А. Курманбаев, С.А.

- Айткельдиева, Э.Р. Файзуллина // Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред: тезисы докладов международной конференции. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 118 с.
- 87. Евдокимова Г.А. Оценка динамики выноса газового конденсата из Аl-Fe-гумусового подзола и его воздействия на комплексы почвенных грибов / Г.А. Евдокимова, М.В. Корнейкова, В.А. Мязин // Почвоведение. − 2013. − № 3. − С. 343-350.
- 88. Мязин В.А. Разработка способов повышения эффективности биоремедиации почв кольского севера при загрязнении нефтепродуктами (в условиях модельного эксперимента) // дис. канд. тех. наук: 03.02.08 / Мязин Владимир Алевсандрович Апатиты, 2014. 159 с.
- 89. El-Sheekh M.M. Comparative Studies on the Green Algae *Chlorella Homosphaera* and *Chlorella Vulgaris* with to Oil Pollution in the River Nile / M.M. El-Sheekh, A.H. El-Naggar, M.E.H. Osman, A. Haieder // Plant and Soil. 2004. Vol. 267. P. 191-206.
- 90. Соромотин А.В. Влияние нефтяного загрязнения на почвенных беспозвоночных (мезофауны) в таежных лесах Среднего Приобья / А.В. Соромотин // Сибирский экологический журнал. 1995. №6. С. 549-552.
- 91. Мордкович В.Г. Животное население как индикатор экологического состояния почв западносибирского севера под влиянием нефтезагрязнений / В.Г. Мордкович, В.С. Андриевский, О.Г. Березина, И.И. Любечанский, И.И. Марченко // Сибирский экологический журнал. − 2004. − №4. − С. 467-474.
- 92. Шамаева А.А. Исследование процессов биоремедиации почв и объектов, загрязненных нефтяными углеводородами: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 03.00.23 / Шамаева Алия Азатовна. Уфа, 2007. 23 с.
- 93. Кабиров Т.Р. Использование многоуровневой системы индикации биологической активности почв для оценки эффективности методов биорекультивации нефтезагрязненных территорий: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16, 03.00.23 / Кабиров Тагир Рустэмович. Уфа, 2009. 16 с.

- 94. Бабкина В.Л. Влияние нефтезагрязнения почвы на структуру популяций клещей-орибатид / В.Л. Бабкина // Наука и образование XXI века: сборник тезисов докладов II окружной конференции молодых ученых XMAO. Ч.1. Сургут: Изд-во СурГУ, 2001. С. 3-5.
- 95. Козлов К.С. Дождевые черви (*Lumbricus rubellus*) биоиндикационный тест почв, загрязненных нефтью / К.С. Козлов // Всероссийская научно-техническая конференция «Наука и образование-2003»: материалы конференции. Ч.4. Мурманск, 2003. С. 92-94.
- 96. Иларионов С.А. Восстановление почвенного биоценоза, подвергнутого нефтяному загрязнению / С.А. Иларионов, С.Ю. Иларионова, А.В. Назаров, И.Г. Калачникова // Письма в международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2005. №1. С. 56-59.
- 97. Кузьмин Е.В. Скорость закапывания и выживаемость дождевых червей в условиях нефтяного загрязнения различной интенсивности / Е.В. Кузьмин // Актуальные проблемы экологии Ярославской области: материалы IV научно-практической конференции. Вып. 4. Том 1. Ярославль: Издание ВВО РАЭ, 2008. 332 с.
- 98. Смольникова В.В. Влияние нефтяного загрязнения на почвенный биоценоз / В.В. Смольникова // XXXVII научно-техническая конференция по итогам работы профессорско-преподавательского состава СевКавГТУ за 2007 год. Том 1. Естественные и точные науки. Технические и прикладные науки: материалы конференции. Ставрополь: СевКавГТУ, 2008. 236 с.
- 99. Винник В.В. Влияние влажности субстрата на выживаемость дождевых червей в нефтезагрязненных почвах / В.В. Винник // XXXIV научнотехническая конференция по результатам работы профессорскопреподавательского состава, аспирантов и студентов СевКавГТУ за 2004 год: материалы конференции. Ставрополь: СевКавГТУ, 2005. С. 54.
- 100. Полонский В.И. Причины разнонаправленного действия нефтезагрязненной почвы на прорастание семян / В.И. Полонский, Д.Е. Полонская // Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред:

- тезисы докладов международной конференции. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. С. 168.
- 101. Назаров А.В. Изучение причин фитотоксичности нефтезагрязненных почв / А.В. Назаров, С.А. Иларионов // Письма в международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2005. №1. С. 60-65.
- 102. Салангинас Л.А. Оценка эффективности применения сидеральных культур в биорекультивации загрязненных нефтью земель / Л.А. Салангинас // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы международного совещания. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 193-195.
- 103. Салангинас Л.А. Оценка эффективности применения сидеральных культур в биорекультивации загрязненных нефтью земель в условиях Урала и Западной Сибири / Л.А. Салангинас, А.Н. Сатубалдин, А.В. Белогурова // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы международного совещания. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 215-217.
- 104. Петухова Г.А. Эколого-генетическая характеристика влияния нефтяного загрязнения на растительные и животные тест-объекты / Г.А. Петухова // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности: сборник тезисов международного экологического конгресса. СПб., 2000. Т.2. С. 334.
- 105. Петухова Г.А. Эколого-генетические последствия воздействия нефтяного загрязнения на организмы: автореф. дис. ... доктора биол. наук: 03.00.16 / Петухова Галина Александровна. Тюмень, 2007. 30 с.
- 106. Аниськина М.В. Оценка генотоксичности почв Усинского нефтяного месторождения при помощи растительных тест-систем / М.В. Аниськина, В.Г. Зануллин, А.И. Рымарь // Экологические работы на месторождениях нефти Тимано-Печорской провинции. Состояние и перспективы: материалы III научнопракт. конф. Сыктывкар, 2004. С. 160-163.
- 107. Оборин А.А. Биологическая рекультивация нефтезагрязненных земель в условиях таежной зоны / А.А. Оборин, И.Г. Калачникова, Т.А. Масливец, Е.И. Базенкова, О.В. Плещева, А.И. Оглоблина // Восстановление

- нефтезагрязненных почвенных экосистем: сборник науч. трудов. М.: Наука, 1988. С.140-159.
- 108. Медведева Е.И. Динамика восстановления нефтезагрязненных почв в условиях Среднего Поволжья / Е.И. Медведева // XII Пущинская школаконференция молодых ученых «Биология наука XXI века»: сборник тезисов. Пущино, 2003 С. 97.
- 109. Киреева Н.А. Рост и развитие растений яровой пшеницы на нефтезагрязненных почвах и при биоремедиации / Н.А. Киреева, А.М. Мифтахова, Г.М. Салахова // Агрохимия. 2006. № 1. С. 85-90.
- 110. Adam G. Influence of diesel fuel on seed germination / Adam G., Duncan H.J. // Environ Pollut 120 2002, C.363–370.
- 111. Насибуллин Р.И. Интегральная биодиагностика состояния почвы в условиях загрязнения нефтяными углеводородами / Р.И. Насибуллин, А.Р. Гареева, А.С. Григориади, Н.А. Киреева // Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред: тезисы докладов М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. 153 с.
- 112. Григориади А.С. Оценка эффективности применения биопрепаратов и фитомелиорантов в биоремедиации нефтезагрязненных почв: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.01.06, 03.02.08 / Григориади Анна Сергеевна. Уфа, 2010. 24 с.
- 113. Зейферт Д.В. Характер зависимости между концентрацией нефти в почве и ее токсичностью / Д.В. Зейферт, Л.М. Гамерова // Экологический вестник России. 2012. №12. С. 16-19.
- 114. Dominguez-Rosado E. Phytoremediation of Soil Contaminated with Used Motor Oil: Enhanced Microbial Activities from Laboratory and Growth Chamber Studies / E. Dominguez-Rosado, J. Pichtel, M. Coughlin // Environmental Engineering Science. − 2004. − Vol. 21, № 2. − P. 157-168.
- 115. Надыкта В. Ремедиация почв, загрязненных углеводородами нефти / В. Надыкта, К. Негри // III Международная конференция «Международное сотрудничество в биотехнологии: Ожидания и реальность»: тезисы докладов. Пущино, 2006. С. 103.

- 116. Денисова А.П. Влияние загрязнения дизельным топливом на устойчивость культур и биологическую активность выщелоченного чернозема / А.П. Денисова, Н.С. Архипова, А.Ф. Халилова, С.К. Зарипова, В.А. Бреус, И.П. Бреус // Агрохимия. 2011. №2. С. 41-50.
- 117. Кулагин Н.В. Оценка фитотоксичности УВ разной химической природы при их прямом контакте с семенами и опосредованно через почву / Н.В. Кулагин, Н.С. Архипова, И.П. Бреус // Вестник ТГГПУ. 2011. №4 (26). С. 70-75.
- 118. Васильконов Е.С. Особенности рекультивации нефтезагрязненных почв Западной Сибири (на примере территории Среднего Приобья): автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.27, 03.00.16 / Васильконов Егор Сергеевич. М., 2009. 26 с.
- 119. Чижов Б.Е. Особенности нефтяного загрязнения территории Ханты-Мансийского автономного округа / Б.Е. Чижов, В.А. Долингер, А.И. Захаров // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: Изд. ИПОС СО РАН, 2007. № 8. С. 15-21.
- 120. Чижов Б.Е. Деградационно-восстановительная динамика лесных фитоценозов после нефтяного загрязнения / Б.Е. Чижов, А.И. Захаров, Г.А. Гаркунов // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. Вып. 6: сб. науч. тр. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. С. 160-172.
- 121. Казанцева М.Н. Особенности ответных реакций на слабое нефтяное загрязнение суходольных и заболоченных сосняков южной тайги Западной Сибири / М.Н. Казанцева, Г.А. Размахнина // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2012. №12. С. 42-48.
- 122. Казиахмедова И.А. Методы биоиндикации в оценке состояния нефтезагрязненных земель / И.А. Казиахмедова // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований. Том IV: Экологическая безопасность, инновации и устойчивое развитие. Образование для устойчивого развития; под ред. проф. Латыповой В.З. и доц. Яковлевой О.Г. Казань: Изд-во «Отечество», 2009. С. 106-108.

- 123. Кокорина Н.Г. Исследования эффективности испарения нефтепродуктов из загрязненных почв / Н.Г. Кокорина // ІХ Научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава. ВПИ (филиал) ВолгГТУ: сборник материалов. Волжский, 2010. С. 34-35.
- 124. Водопьянов В.В. Математические модели и методы анализа восстановления биосистем, подверженных антропогенным воздействиям (на примере восстановления нефтезагрязненных почв): автореф. дис. ... доктора тех. наук: 05.13.18 / Водопьянов Владимир Васильевич. Уфа, 2008. 43 с.
- 125. Одинцова Т.А. Эколого-геохимические аспекты трансформации органического вещества нефтезагрязненных экосистем / Т.А. Одинцова // Моделирование стратегии и процессов освоения георесурсов: сборник докладов. Пермь: ГИ УрО РАН, 2003, С. 241-245.
- 126. Холоденко В.П. Разработка биотехнологических методов ликвидации нефтяных загрязнений окружающей среды / В.П. Холоденко, В.А. Чугунов, С.К. Жиглецова, В.Б. Родин, З.М. Ермоленко, В.М. Фомченков, И.А. Ирхина, В.С. Кобелев, В.Я. Волков // Российский химический журнал. − 2001. − т. XLV, №5-6. − С. 135-141.
- 127. Айткельдиева С.А. Изучение углеводородокисляющей активности микроорганизмов, выделенных из нефтезагрязненных почв Атырауской области (Казахстан) / С.А. Айткельдиева, Э.Р. Файзуллина // Современные проблемы загрязнения почв II Международная научная конференция: сборник материалов. Том 2. Москва: Изд-во МГУ, 2007. С. 252-256.
- 128. Галиулин Р.В. Сравнительная оценка разложения углеводородов газового конденсата и нефти в почве под действием биологических средств / Р.В. Галиулин, Р.А. Галиулина, В.Н. Башкин, Г.С. Акопова, Е.Л. Листов, И.В. Балакирев // Агрохимия. − 2010 − № 10. − С. 52-58.
- 129. Лизунов А.Б. Деструкция тяжелых нефтепродуктов в почве иммобилизованными углеводородокисляющими микроорганизмами [Электронный ресурс]: Дис. канд. техн. наук: 03.00.23 М.: РГБ, 2005 (Из фондов Российской Государственной Библиотеки). Полный текст:

- http://diss.rsl.ru/diss/02/0293/020293044.pdf (Дата обращения 03.09.2014).
- 130. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах / Ю.И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 17-22.
- 131. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде / Ю.И. Пиковский. М.: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.
- 132. Ившина И.Б. Пропанокисляющие родококки: монография / И.Б. Ившина, Р.А. Пшеничнов, А.А. Оборин. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 125 с.
- 133. Barabas G. N-Alkane utilization by oligocarbophilic actinomycete strains from oil-polluted Kuwaiti Desert soil / G. Barabas, N.A. Sorkhoh, F. Fardoon, S.S. Radwan // Actinomycetol. − 1995. − Vol. 9, №1. − P. 13-18.
- 134. Жуков Д.В. Механизмы деградации углеводородов нефти микроорганизмами / Д.В. Жуков, В.П. Мурыгина, С.В. Калюжный // Успехи современной биологии. 2006. Т. 126, №3. С. 285-296.
- 135. Young L.Y. The anaerobic microbiology and biodegradation of aromatic compounds / L.Y. Young, M.M. Haggblom // Advan. Biotechnol. ser. Biotechnol. Biodegradation. 1990. P.13-19.
- 136. Солнцева Н.П. Проблемы загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами: геохимия, экология, рекультивация / Н.П. Солнцева, Ю.И. Пиковский, Е.М. Никифорова, А.А. Оборин, И.Г. Калачникова, И.И. Шилова, Н.М. Исмаилов, Т.И. Артемьева // VII Делегатский съезд Всесоюзного общества почвоведов: доклады симпозиума. Часть 6. Ташкент, 1985. С. 246–254.
- 137. Одинцова Т.А. Разработка технологии идентификации и мониторинга нефтяных загрязнений: дис. канд. техн. наук: 25.00.36 / Одинцова Татьяна Анатольевна. Пермь, 2010. 214 с.
- 138. Фокина Н.В. Динамика убыли нефтепродуктов из агроземов и их микробиологическая активность / Н.В. Фокина, В.А. Мязин, Н.П. Мозгова, Г.А. Евдокимова // Международная конференция «Антропогенная трансформация природной среды»: материалы конференции. Т.Ш. Пермь, 2010. С.452-458.

- 139. Евдокимова Г.А., Биоремедиация загрязненных нефтепродуктами почв в условиях Кольского Севера / Г.А. Евдокимова, В.А. Маслобоев // МурманшельфИнфо. 2011. №2 (15). С.34-38.
- 140. Никифорова Е.М. Прогнозные ландшафтно-геохимические карты возможности деградации природной среды при добыче и транспортировке нефти / Е.М. Никифорова М.А, Глазовская, В.В. Батоян // Проблемы антропогенных воздействий на окружающую среду. М.: Наука, 1985. С. 45-51.
- 141. ГОСТ Р ISO 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. – М.: Стандартинформ, 2010. – 20 с.
- 142. Казанцева М.Н. Характеристика нефтяного загрязнения территории Мамонтовского месторождения / М.Н. Казанцева, А.П. Казанцев, С.Н. Гашев // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения.— Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2001. Вып. 2.— С. 86-90.
- 143. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов // М.: Изд-во МГУ, 1998. 376 с.
- 144. Исмайлов Н.М. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель / Н.М. Исмаилов, Ю.И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 222-230.
- 145. Солнцева Н.П. Проблемы загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами: геохимия, экология, рекультивация/ Н.П.Солнцева, Ю.И. Пиковский, Е.М. Никифорова и др. //Докл. симп. 7 делегат, съезда Всесоюз. об-ва почвоведов. Ташкент, 9-13 окт. 1985 г. Ч. 6. Ташкент, 1985. С. 246-254.
- 146. Кривцов И.П. Погрузочно-разгрузочные работы на транспорте. М.: Транспорт, 2005.- 198 с.
- 147. Оборин А.А. Самоочищение и рекультивация нефтезагрязненных почв Предуралья и Западной Сибири/ А.А. Оборин, И.Г. Калачникова, Т.А. Масливец и др. // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 140-158.

- 148. Реймерс Н.Ф. Природопользование // Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990 637 с.
- 149. Булатов А.И. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности / А.И. Булатов, П.П. Макаренко, В.Ю. Шеметов //. М.: Недра, 199, 483 с.
- 150. Сидоров А.А. Опыт применения центрифуги при бурении скважин на месторождениях Западной Сибири // Реф. науч.-техн. сб. ВНИИО-ЭНГ. Сер. Бурение. М, 1983.
- 151. Цуцаева В.В. Текстильный горошек эффективный сорбент для ликвидации разливов нефти / В.В. Цуцаева, М.М. Пуговкин, М.Ю. Савушкин // Нефтяное хозяйство. 1991. № 8, С. 33-34.
- 152. А.с. 1749340 РФ, МКИ А-1, Е 01 Н 12/00. Способ очистки загрязненного нефтепродуктами грунта /Абрашин Ю.Ф., Жулев СМ., Марков Н.С, Попов Г.Н. Опубл. 23.07.92. Бюл. № 27.
- 153. Феклистов В.Н. Исследование пенных сорбентов для сбора нефтепродуктов / В.Н. Феклистов, Б.У. Мелиев // Экол. и прогрес. технол. в стр-ве для условий Сибири и Севера: Матер. Респ. научн.-техн. конф. с междунар. участием «Горн. Алтай-93». Барнаул, 27 сент. 1 окт. 1993 г. Барнаул, 1993. С. 134-136.
- 154. Иванов И.П. Инженерно-геологические условия месторождений полезных ископаемых // Ленингр. горн. ин-т. Л., 1982 130 с.
- 155. Пат. 2041172 РФ, МКИ С 02 F 3/34, Е 02 15/04, С 12 N 1/20//С 12 R 1: 32, (12 N 1/20). Способ очистки нефти и нефтепродуктов /Белонин М.Д., Рогозина Е.А., Свечина Р.М. и др.
- 156. А.с. 815019 СССР, М. КлЗ С 09 К 3/32. Способ очистки поверхности воды от нефти и нефтепродуктов /Макарова Л.Е. Опубл. 23.08.81. Бюл. №Ц.
- 157. А.с. 1606520 СССР, МКИ А1, С 09 К 3/32. Способ собирания пролитого масла / Грибанов Г.А., Геокчаев Т.Е., Дашдиев Р.А. Опубл. 15.11.90. Бюл. №42.

- 158. Гриценко А.И. Экология. Нефть и газ / А.И. Гриценко, Г.С. Акопов, В.М. Максимов // М.: Наука, 1997 598 с.
- 159. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде / Ю.И. Пиковский // М.: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.
- 160. Славина Т.П. Загрязнение нефтью и нефтепродуктами. Основы использования и охраны почв Западной Сибири / Т.П. Славина, М.И. Кахаткина; В.П. Середина, Л.А. Изверская // Новосибирск: Наука, 1989.- С. 186-211.
- 161. Сорокин Н.А. Защита почвы и воды от разлившейся нефти углеродсодержащими материалами / Н.А. Сорокин, С.О. Урсегов // Нефть и газ.- 1997.- № 2 С. 140-142.
- 162. Киреева Н.А. Роль грибов и водорослей в загрязненных нефтью почвах / Н.А. Киреева, Г.Г. Кузяхметов //Ботан. исслед. на Урале. Свердловск, 1985, С. 4.
- 163. Колесникова Н.М. Микробоценоз почвы в условиях нефтяного загрязнения / Н.М. Колесникова, О.В. Плещеева //Микробиол. методы защиты окруж. среды: Тез. докл. Пущино, 5-7 апр. 1988 г. Пущино, 1988. С. 144-145.
- 164. Sikkema J. Bioremediation of contaminated soil / Sikkema J., deBont J.A.M., Poolman B., Metting F.B. Jr. (Ed.) // Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management. Marcel Dekker, New York, P. 483-513.
- 165. Song H.G. Bioremediation potential of terrestrial fuel spills / Song H.G., Wang, X., Bartha, R. // Appl. Environ. Microbiol. 56 1996, P. 652-656.
- 166. Atlas R.M. and Bartha R. Microbial ecology. Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc., Mealo Park, Calif. 1987. 563 p.
- 167. Jurgensen K.S. Bioremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil by composting in biopiles / K.S. Jurgensen, J. Puustinen1, A.-M. Suortti // Environmental Pollution 107 (2000), Finnish Environment Institute, Research Laboratory, Hakuninmaantie 4-6, FIN-00430 Helsinki, Finland., P. 245-254
- 168. Базенкова Е.И. Способ рекультивации нефтезагрязненных почв / Е.И. Базенкова, Н.М. Колесникова, И.Г. Калачникова // Инф. листок Свердл. ЦНТИ. № 362-95. Серия Р.68.29.15. 1996.

- 169. Гайнутдинов М.З. Рекультивация нефтезагрязненных земель лесостепной зоны Татарии / М.З. Гайнутдинов, С.М. Самосова, Т.И. Артемьева и др. // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 177-197.
- 170. Абзалов Р.З. Влияние минеральных удобрений на свойства нефтезагрязненных серых лесных почв лесостепной зоны Башкирии / Р.З. Абзалов, С.Г. Гиззатуллин, Р.С. Гумеров, А.З. Сахабутдинова // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем: Сб. науч. тр. М.: Наука, 1988. С. 168-177.
- 171. Bioremediation of petroleum contaminated soil using vergetation: a microbial study / Lee Euisang, Banks M. K. // J.Environ.Sci. and Health. A. 1993. Vol. 28. № 10. P. 2187-2198.
- 172. Квасников Е.И. Микроорганизмы деструкторы нефти в водных бассейнах / Е.И. Квасников, Т.М. Клюшникова // Киев: Наукова думка, 1981. 132 с.
- 173. Каралов А.М. Регулирование теплового режима нефтезагрязненных земель в условиях их биологической рекультивации // Тез. докл. 8 Всесоюз, съезда почвовед. Новосибирск, 14-18 авг. 1989 г. Кн. 1. Новосибирск, 1989. С. 37.
- 174. Войкова И.В. Микробиологическая очистка воды и почвы от нефти и нефтепродуктов / И.В. Войкова, Ю.Е. Конев // Интродукция микроорганизмов в окруж. среду. М.: ВИНИТИ, 1994. С. 12-13.
- 175. А.с. 1710515 РФ, МКИ А1, С 02 F 1/40. Состав для биохимической ликвидации нефтяных загрязнений с поверхности водоемов / Дорош М.М., Коваленко В.И., Евтушенко Г.Н. Опубл. 07.02.92. Бюл. № 5.
- 176. А.с. 1076446 СССР, МКИ А С 21 Т 15/00//С 02 А 3/34 К 1/40. Штамм PSEUDOMONAS PUTIDA 36, используемый для очистки воды и почвы от нефти и нефтепродуктов / Дядечко В.Н., Толстокорова Л.Е., Морозова Т.Н. Опубл. 28.02.84. Бюл. № 8.

- 177. Андерсон Р.К. Использование микробиологического метода для очистки нефтезагрязненных почв / Р.К. Андерсон, Ф.Я. Багаутдинов, Т.Ф. Бойко и др. // Интродукция микроорганизмов в окруж. среду. М.: ВИНИТИ, 1994. С. 10.
- 178. Гарейшина А.З. Очистка почвы от загрязнения нефтью / А.З. Гарейшина, С.М. Ахметшина, Л.М. Ибатуллина // Загрязнение окруж. среды: Пробл. токси-кол. и эпидемиол: Тез. докл. Междунар. конф., Москва-Пермь, 11-19 мая 1993 г. Пермь, 1993. С. 22.
- 179. Ruberto L.A.M. Bacteriology of extremely cold soils exposed to hydrocarbon pollution / Ruberto L.A.M., Vazquez S.C., Mac Cormack W.P. // Microbiology of extreme soils. Soil biology series 13, chapter 12. Springer, Berlin, P. 247–274.
- 180. Маркарова М.Ю. Биологически активный сорбент для очистки воды и грунта от нефти и нефтепродуктов // Инф. листок / Коми ЦНТИ. № 19-96.
- 181. Новоселова Е.И. Экологически безопасный метод ускорения трансформации нефти в почвах / Е.И. Новоселова, Н.А. Киреева // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований. Том IV: Экологическая безопасность, инновации и устойчивое развитие. Образование для устойчивого развития; под ред. проф. Латыповой В.З. и доц. Яковлевой О.Г. Казань: Изд-во «Отечество», 2009. С. 189-191.
- 182. Капелькина Л.П. Технологические аспекты восстановления нарушенных земель в районах добычи нефти Западной Сибири / Л.П. Капелькина // Антропогенная трансформация природной среды: материалы междунар. конф. Пермь: Пермский гос. ун-т, 2010. Т.3. С. 78-80.
- 183. Шигапов А.М. Оценка влияния нефти и нефтепродуктов на состояние растительности по показателям фитотоксичности почв / А.М. Шигапов, И.И. Гаврилин // Научный журнал «Системы. Методы. Технологии.», 2015 № 3 (27) р С. 144-148.
- 184. Шигапов А.М. Перспективы использования биоиндикационных методов исследования при оценке фитотоксичности нефтезагрязненных почв /

- А.М. Шигапов, И.И. Гаврилин // Научный журнал «Вестник КрасГАУ» 2015 № 10 (109). С. 33-39.
- 185. Капелькина Л.П. Рекультивация нефтезагрязненных болотных почв / Л.П. Капелькина, Л.А. Малышкина, М.В. Чугунова // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы международного совещания. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 152-158.
- 186. Патент РФ № 2014135129/13 (056883), МПК 8 В09С1/00. Способ очистки почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами / Шигапов А.М., Гаврилин И.И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО УрГУПС.
- 187. Шигапов А.М. Методы повышения скорости деструкции нефтяного загрязнения аборигенной микрофлорой / А.М. Шигапов // Материалы Всероссийской школы молодых ученых «Мы за будущее!» (Биологические науки) Ульяновск, УлГУ, 2014. С. 209-213.
- 188. Диссертация доктора биологических наук: 03.02.08 / Руденко Елена Юрьевна; Место защиты: ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» Владимир, 2015.- 352 с.
- 189. Процесс пивоварения [Электронный ресурс] / Официальный сайт Heineken Режим доступа: http://www.heinekenrussia.ru/beer/brewing_process/index.
 php?sphrase_id=1424, статья в интернете, (Дата обращения 12.10.2013)
- 190. Уральский федеральный округ [Электронный ресурс] / Окружной информационный центр аппарата полномочного представителя Президента Российской Федерации в Уральском федеральном округе Режим доступа: http://www.uralfo.ru/, свободный. (Дата обращения: 03.03.2015 г.).
- 191. Туровский Р. Ф. Политическая регионалистика. / Р.Ф. Туровский // М.: Изд. дом ГУ–ВШЭ, Центр и регионы: проблема политических отношений, 2006 243 с.
- 192. Фирсова В.П. Почвы высоких широт горного Урала / В.П. Фирсова, В.С. Дедков // УНЦ АН СССР, 1983 146 с.

- 193. Родионова И.А. Экономическая география России / И.А. Родионова // М.: Московский лицей, 2010. 89 с.
- 194. Стратегия социально-экономического развития Уральского федерального округа до 2020 года // Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от $06.10.2011 \, \text{N}_{2}\text{N} \, 1757$ -р (в ред. Постановления Правительства РФ от $26.12.2014 \, \text{N} \, 1505$).
- 195. Капустин В. Г. География Свердловской области / В. Г. Капустин, И. Н. Корнеев // Екатеринбург: Сократ, 2006. 400 с.
- 196. Фирсова В. П. Комплексная характеристика радиологического и химического загрязнения почв, сельскохозяйственной продукции и водных источников на территории пострадавших районов Свердловской области / Фирсова В. П., Молчанова И. В., Тощее В. В. и др. // Радиация, экология, здоровье: Сб. науч. тр. Екатеринбург, 1994. Ч. 1. С. 153-159.
- 197. Прокаев В. И. Физико-географическое районирование Свердловской области // Свердловск: Изд-во Сверд. гос. пед. ин-та, 1976 Ч. 1., 134 с.
- 198. Агроклиматические ресурсы Свердловской области // Л.: Гидрометиздат, 1978.
- 199. Агроклиматический справочник по Свердловской области // Л: Гидрометиздат, 1962.
- 200. Краткая агроклиматическая характеристика Свердловской области // Екатеринбург, 1993. Ч. 1 (фонды ин-та «УралНИИгипрозем»).
- 201. Справочник по климату СССР // Вып. 9, ч. 4: Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Л.: Гидрометиздат, 1968.
- 202. Вендров С.Л. Влагооборот на равнинах Западной Сибири, его роль в формировании природы и пути преобразования/ С.Л. Вендров, И.П. Герасимов, Л.Ф. Куницын, М.И. Нейштадт // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1966. № 5. С. 3-18.
 - 203. Ресурсы поверхностных вод СССР // Л.: Гидрометеоиздат, 1973. Т. 11.
 - 204. Гидрогеология СССР // Т. 14: Урал. М.: Недра, 1972.

- 205. Гафуров Ф. Г. Почвы Свердловской области / Ф. Г. Гафуров // Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2008. 396 с.
- 206. Иванов Н. А. Окультуривание почв в условиях Урала и продуктивность сельскохозяйственных растений / Иванов Н. А., Сигнаевский Р. К., Чамеев К. В. // Тр. Свердл. с.-х. ин-та. 1976. Т. 12. С. 3-15.
- 207. Богатырев К. П. О некоторых особенностях развития почв горных стран // Почвоведение. 1946. № 8. С. 492-501.
- 208. Гафуров Ф. Г. К вопросу о трансформации земельных угодий Свердловской области / Ф.Г. Гафуров // Антропогенные воздействия на свойства почв: Сб. науч. трудов УНЦ АН СССР. Свердловск, 1987. С. 93-98.
- 209. Дедков В. С. Рубки леса и свойства горно-лесных буро-подзолистых почв Среднего Урала / Дедков В. С., Павлова Т. С., Прокопович Е. В., Агафонов Л. И. // Антропогенные воздействия на свойства почв. Свердловск, 1987. С. 21-35.
 - 210. Глинка К. Д. Почвоведение // Л.; М., 1933, 603 с.
- 211. Гордягин А. Я. Материалы для познания почв и растительности Западной Сибири // Тр. о-ва естествоиспытателей при Казан, ун-те. 1901. Вып. 35, № 2, Т. 55.
- 212. Городков В. Н. Почвенные районы Уральской области / Городков В. Н., Неуструев С. С. // Материалы по районированию Урала: Урал. техн.-экон. сб. Екатеринбург, 1923. Вып. 5
- 213. Дедков В. С. Структура почвенного покрова как основа почвенного районирования западных предгорий Среднего Урала / Дедков В. С., Павлова Т. С. // Серые лесные почвы Предуралья и их рациональное использование. Свердловск, 1982. С. 45-58.
- 214. Фирсова В. П. Почвы таежной зоны Урала и Зауралья // М.: Наука, 1977. 176 с.
- 215. Лебедев Б. А. Почвы Свердловской области // Свердловск: Свердлгиз, 1949. 146 с.
- 216. Маландин Г. А. Почвы Урала (Принципы агротехники и мелиорации) // Свердловск: Свердлгиз, 1936, 328 с.

- 217. Чамеев К. В. Почвенное районирование Свердловской области и урожайность зерновых и зернобобовых культур // Тр. Свердл. с.-х. ин-та. Свердловск, 1970. Т. 19. С. 3-7.
- 218. О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2013 году: Государственный доклад Министерства Природных ресурсов с экологии Свердловской области / Издательство УМЦ УПИ, Екатеринбург, 2014 350 с.
- 219. Доклад об экологической ситуации в Челябинской области за 2013 год / Доклад Правительства Челябинской области // Челябинск, 2014. 130 с.
- 220. Природные ресурсы и охрана окружающей среды Курганской области в 2013 году / Доклад Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды курганской области Курган, 2014. 220 с.
- 221. Об экологической ситуации в тюменской области в 2013 году / Доклад Правительства Тюменской области // Тюмень, 2014. 212 с.
- 222. Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе Югре в 2013 году: Доклад службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа-Югры / Департамент экологии Ханты-Мансийского автономного округа Югры, издание 2014 178 с.
- 223. О результатах и основных направлениях деятельности департамента природно-ресурсного регулирования, лесных отношений и развития нефтегазового комплекса Ямало-Ненецкого автономного округа (далее департамент) за отчетный период (2013 год), текущий (2014 год) и на плановый период / Доклад Департамента природно-ресурсного регулирования, лесных отношений и развития нефтегазового комплекса Ямало Ненецкого автономного округа // Салехард, 2014. 32 с.
- 224. Об экологической ситуации в Ямало-Ненецком автономном округе в 2012 году / Доклад Департамента природно-ресурсного регулирования, лесных отношений и развития нефтегазового комплекса Ямало Ненецкого автономного округа // Салехард, 2014. 232 с.

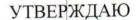
- 225. Шигапов А.М. Оценка масштаба воздействия аварий при перевозке опасных грузов через густонаселенные районы / А.М. Шигапов, В.В. Бондаренко // Научно-практический и учебно-методический журнал «Безопасность жизнедеятельности». 2014. № 8 (164). С. 45-49.
- 226. Шигапов А.М. Перспективы использования аборигенной микрофлоры для борьбы с нефтяным загрязнением почв /А.М. Шигапов, И.И. Гаврилин // Сборник научных трудов Всероссийской Междисциплинарной молодежной научной конференции с международным участием: «IV Информационная школа молодого ученого». ЦНБ УрО РАН, Екатеринбург, 2014. С. 326-333.
- 227. Шигапов А.М. Методы повышения скорости деструкции нефтяного загрязнения аборигенной микрофлорой / А.М. Шигапов // Материалы Всероссийской школы молодых ученых «Мы за будущее!» (Биологические науки) Ульяновск, УлГУ, 2014. С. 209-213
- 228. Караваев В. Н. Водная эрозия и меры борьбы с ней / В.Н. Караваев // Свердловск: Сред.-Урал. кн. Изд-во, 1972 63 с.
- 229. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев // Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Лесная промышленность. 1986 г. 286 с.
- 230. Ленсникова Л.В. Получение биоудобрения на основе биодеструкции опилок для оптимизации деградированных почв: Автореф. дис. канд. биол. наук: 06.01.03 / Ленскинова Лариса Викторовна; [Бурят. гос. с.-х. акад. им. В. Р. Филиппова]. Улан-Удэ: 2003. 22 с.
- 231. Калюжин В.А., Коломытцев Е.О. Особенности биодеградации нефти в различных грунтах / В.А. Калюжин, Е.О. Коломытцев // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. Нижэневартовск:НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. С. 130 132
- 232. Отчет о приеме ежегодной формы федерального статистического наблюдения № 2-ТП (отходы) «Сведения об образовании, использовании,

- обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления», за 2013 год.
- 233. Хамуков В. Б. Химия в сельском хозяйстве / В.Б. Хамуков, Н. Н. Евтушенко // № 2, М. 1996, 319 с.
- 234. Фокин Д.В. Агрохимия / Д. В. Фокин, Л. М. Дмитраков, О. А. Соколов // № 9, М. 1999, 212 с.
- 235. Волчатова И.В. Применение углеродсодержащих твердых отходов в качестве нетрадиционных удобрений / И. В. Волчатова, С. А. Медведева // Химия в интересах устойчивого развития № 9, 2001. C. 533-540.
- 236. Применение органических удобрений в земледелии Хакасии (рекомендации) // УПП .Хакасия., Абакан, 1988, 42 с.
- 237. Использование лигнина и его производных в сельском хозяйстве: Тезисы доклада 1-й Всесоюзной конференции // Рига, 1978, С. 32-33.
- 238. Телышева Г.М. чУдобрения на основе лигнина / Ю. С. Алексеева, Т. В. Векшинская, И. С. Данилов // Зинатне, Рига, 1978, С. 167-182.
- 239. Алексеева Ю.С. Тезисы доклада научно-технического семинара по использованию лигнина и его производных в сельском хозяйстве / Ю. С. Алексеева, Т. В. Векшинская, И. С. Данилов // Ленинград, Пушкин, 1989, С. 10.
- 240. Годунова Е.И. Тезисы доклада 2-го съезда общества почвоведов / Е. И. Годунова, А. В. Шевякина // С.-Петербург, 1996, с. 269.
- 241. Страхов В. Л. Гидролиз и лесохимическая промышленность / В.Л. Стархов // № 3 1989, С. 271-277.
- 242. Волчатова И.В. Агрохимия / И. В. Волчатова, С. А. Медведева, Л. Н. Новикова, В. А. Серышев // № 12 2000, 311 с.
- 243. Bray and Andrews. See disclission also in Hawley and Wise, The Chemltry of Wood // Ind. Eng. Chern., 15 1923, p. 144-148.
 - 244. Waksman, Selman A. Principles of soil microbiology, Bait., 1927, p. 974
- 245. Falk Liebner. Lignin Applications in Soil Rehabilitation: Combating Desertification with Artificial Humus (Green Sciences) Publisher: Walter de Gruyter. 2014, p. 300.

- 246. Хан-Денхо. Действие органических удобрений с различным соотношением С:N на биологическое поглощение азота в разных по механическому составу почвах / Хан-Денхо //Химизация социалистического земледелия, 1936, № 2-3, с. 97-103.
- 247. Большая Советская Энциклопедия // М.: "Советская энциклопедия", 1969-1978.
- 248. ЛГ-Научная среда №40 (5895) // Кафедра аналитической химии Белорусского государственного университета, 2002 г.
- 249. Clymo RS & Hayward PM. 1982. The ecology of Sphagnum. In: AJE Smith (ed.), Bryophyte ecology, Chapman & Hall, London, UK. P. 229-289.
- 250. Технические характеристики промышленного сорбента Мох канадский торфяной ((Miner's moss) Canadian Sphagnum Peat moss Spill Sorb), 2013.
- 251. Технические характеристики промышленного сорбента «Мегасорб», 2013.
- 252. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Р.Шуберт // Перевод с немецкого Г.И. Лойдиной и В.А. Турчаниновой, под ред. д.б.н. Д.А. Кривалуцкого М., Мир, 1988, 160 с.
- 253. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии // М., 1998. 15 с.
- 254. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: Биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т. И. Евсеева и др. // М.: ИЦ «Академия», 2007. 288 с.
- 255. Брагинский Л.П. Некоторые принципы классификации пресноводных экосистем по уровням токсической загрязненности // Гидробиол. журн., 1985. №6. С. 65–74.
- 256. Горелова Г.В. Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах с применением Excel / Г.В. Горелова, И.А. Кацко// Изд. 4-е. Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. 475 с.

- 257. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии / Д.Г. Звягинцева // Под ред. проф. Д.Г. Звягинцева М.: Изд-во МГУ, 1980. 223 с.
- 258. Литвинов М.А. Определитель микроскопических почвенных грибов. Л.: Наука, 1967. 303 с.
- 259. Tsuneo Watanabe Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species (Second Edition) / CRC PRESS Boca Raton (London New York Washington), 2002, 487 p.
- 260. ГОСТ 17.4.4.02-84 Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа // Постановление Государственного комитета СССР по стандартам от 19 декабря 1984 г. N 4731, 1986.
- 261. Липкинд Т. А. Защита водных объектов от загрязнения углеводородами поверхностного стока с объектов железнодорожного транспорта / дис. канд. тех. наук: 25.00.36 // Липкинд Татьяна Александровна Екатеринбург, 2006. 134 с.
- 262. Назаров А.В. Использование микробно-растительных ассоциаций для очистки почвы от нефтяного загрязнения //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, \mathbb{N}_2 3 (5) С. 1673-1675;
- 263. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение /Э. Мегрран // М: Мир, 1992. 181 с.
- 264. Емельянова Е.К. Биорекультивация загрязненных нефтью объектов в Тюменской области / Е.К. Емельянова, А.Ю. Алексеев, А.В. Макеева, М.В. Тарасова, М.А. Шестопалов, Е.В. Карпова, В.А. Забелин, А.М. Шестопалов, Т.Н. Ильичева // Вестник НГУ. Серия: Биология, клиническая медицина. 2010. Том 8, выпуск 4 159 с.

приложения





Дата 11.04 М.

АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы

Комиссия в составе:

председатель – Киселев Константин Иванович, ООО «Инженерноэкологическое сопровождение», технический директор,

члены комиссии:

Ударцева Галина Викторовна - OOO «Инженерно-экологическое сопровождение», ведущий специалист;

Салмина Ольга Андреевна - ООО «Инженерно-экологическое сопровождение», инженер-эколог,

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы:

Шигапова Айрата Минимарсильевича

(ФИО диссертанта)

«Биоремедиация нефтезагрязненных почв органическими компонентами отходов лесозаготовительной промышленности (на примере дерново-подзолистых почв Уральского федерального округа)»,

(Название диссертационной работы)

представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук, а именно:

- исследования биодеградации нефтяного загрязнения почв при использовании углеродсодержащих структураторов и последующей фитомелиорации;

- математическое представление результатов снижения концентрации нефтепродуктов в почвах во времени при использовании методов биоремедиации;

- технологическая схема применения исследуемого метода по ликвидации нефтяного загрязнения почв при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов;

- рекомендации к технологической схеме и мероприятиям, необходимым для достижения расчетных показателей снижения концентрации нефтепродуктов в почвах.

внедрены в практику деятельности ООО «Инженерно-экологическое сопровождение»

(название учреждения, организации с указанием подразделения и т.п.)

Использование указанной технологической схемы и полученных существенной почв очистки достигнуть результатов позволит снизить значений, значительно минимальных нефтепродуктов ДО материальные затраты и сроки на очистку загрязненных нефтепродуктами почвогрунтов.

Представленные комиссии технологическая схема и рекомендации к ней применимы как для технического, так и для биологического этапов природнонефтепродуктами загрязненных рекультивации почв, климатических условиях Свердловской области. Результаты исследований могут быть использованы в качестве составной части «Проектов ликвидации разработке раздела. нефтепродуктов» при аварийных разливов «Мероприятия по охране окружающей среды».

Председатель комиссии

Члены комиссии:

Члены комиссии:

К.И. Киселев

Г.В. Ударцева

О.А. Салмина



ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Федеральное бюджетное учреждение "Центр лабораторного анализа и технических измерений по Уральскому федеральному округу" (ФБУ "ЦЛАТИ по УФО")

ул. Мира, д. 23, оф. 604, 620049, г. Екатеринбург Телефон: (343) 3744991, 3740001 Факс: (343) 3743831

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы

Выдан Шигапову Айрату Минимарсильевичу — аспиранту кафедры «Техносферная безопасность» $\Phi \Gamma EOV = B\Pi O = 0$ «Уральский государственный университет путей сообщения».

Настоящим удостоверяется, что результаты диссертационной работы Шигапова А.М. по теме: «Биоремедиация нефтезагрязненных почв органическими компонентами отходов лесозаготовительной промышленности (на примере дерново-подзолистых почв Уральского федерального округа)», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук, были вынесены на рассмотрение комиссии Федерального государственного учреждения «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Уральскому федеральному округу» (далее - ФБУ «ЦЛАТИ по УФО»).

Комиссией, в составе:

Комиссарова Мария Ивановна – председатель комиссии, заместитель директора ФБУ «ЦЛАТИ по УФО»;

Александрова Елена Тахиловна — заместитель директора ФБУ «ЦЛАТИ по УФО»; Минеева Наталия Анатольевна — заместитель начальника отдела консультационнометодического сопровождения ФБУ «ЦЛАТИ по УФО»,

рассмотрев результаты диссертационной работы, а именно:

- 1. Исследования биодеградации нефтяного загрязнения почв при использовании комплекса биологических методов очистки, основанных на применении органических структурообразующих субстратов (опил сосновый, торф, мох сфагнум (Sphagnum (L.)) и различных растений, произрастающих в природно-климатических условиях Свердловской области (клевер луговой (Trofolium pretense (L.)), овес посевной (Avena sativa (L.)), горчица обыкновенная (Brassica nigra (L.) Koch.)).
- 2. Оценка фитотоксичности нефтезагрязненных почв при помощи метода биотестирования с применением тест-культур: клевер луговой (Trofolium pretense (L.)), овес посевной (Avena sativa (L.)), горчица обыкновенная (Brassica nigra (L.) Koch.).
- 3. Исследования биодеградации нефтяного загрязнения водных масс при использовании биологических методов очистки, основанных на развитии нефтеокисляющих микроорганизмов на поверхности инертной загрузки полиэтиленовой пленки.
- 4. Оценка эффективности применением сорбирующих боновых заграждений, в которых в качестве сорбента используется опил сосновый, при очистке поверхности открытых водоемов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.
- 5. Технологические схемы очистки почв и водных объектов от нефтяного загрязнения, технологические рекомендации по повышению эффективности очистки почв и водных объектов до безопасного уровня и перечень мероприятий, направленных на предотвращение нефтяного загрязнения компонентов окружающей среды.
- 6. Экономические расчеты себестоимости работ по рекультивации нефтезагрязненных почв и очистке водных объектов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.

РЕШЕНО:

Практический эффект: Применение предлагаемых технологических схем не приводит к разрушению плодородного слоя почв, не создает препятствий восстановлению первоначального микробного сообщества в почве и не оказывает попутного негативного воздействия на компоненты окружающей среды. Установлено, что применение технологических схем позволяет ускорить процесс самоочищения водных объектов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами до уровня предельно допустимых концентраций, а также почв от загрязнения нефтью и нефтепродуктами до безопасного уровня. Очищение водных объектов и почв до указанных уровней в условиях Свердловской области проходит в трехмесячный период теплого времени года при начальном уровне загрязнения нефтью до 10 дм³/м² для почв, и 4 г/м³ для водных масс соответственно. Кроме того, использование разработанных технологических схем позволяет значительно снизить материальные затраты на очистку загрязненных нефтью и нефтепродуктами почв и водных объектов. Представленные результаты, применимы при рекультивации почв и очистки водных объектов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, в природно-климатических условиях Свердловской области.

Практическое применение: Комиссия ФБУ «ЦЛАТИ по УФО» отмечает целесообразность использования предлагаемых технологических схем при очистке почв и водных объектов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, а так же с целью ликвидации аварийных разливов нефти. Результаты работы могут быть использованы при разработке и составлении экологической проектной и иной документации (Проекты ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов; Проекты рекультивации объектов размещения отходов нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего производства; Проекты нормативов образования отходов и лимитов на их размещение; Проекты нормативов допустимых сбросов, и иных документах, регламентирующих мероприятия по охране окружающей среды).

бюджетное учреждения «Центр лабораторного

ий по уральск

Председатель комиссии:

Члены комиссии:

Комиссарова М.И.

Александрова Е.Т.

Минеева Н.А.



Общество с ограниченной ответственностью Производственная экологическая компания

«Промышленная экология»

625000 г. Тюмень ул. Республики д.53 оф. 407 ИНН 7206043096 КПП 720301001 р/с 40702810800031506198 в Филиале ОАО Ханты-Мансийский банк в г. Тюмени БИК 047106878 к/с 30101810100000000878 ОГРН 1107232023051 ОКПО 66616464 ОКВЭД 90.00 ОКФС 16 ОКОПФ 65 Тел/факс (3452)39-02-10, (3466)55-22-60 e-mail: industrialeco.ru@gmail.com ukconstanta@rambler.ru

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО ПЭК «Производственная экология»

В.Г.Яковлев

20/4

ПЭК

АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы

Комиссия в составе:

председатель – Яковлев Владимир Григорьевич, генеральный директор ООО ПЭК «Промышленная экология»

члены комиссии:

Лаврушин Виктор Александрович – главный инженер ООО «Промышленная экология»,

Мухаметчин Вадим Габдулович – начальник отдела разработки нефтяных и газовых месторождений ОАО НижневартовскНИПИнефть,

Родионцев Геннадий Анатольевич - заместитель главного инженера по производству экологических работ.

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы:

Шигапова Айрата Минимарсильевича (ФИО диссертанта)

«Биоремедиация нефтезагрязненных почв органическими компонентами отходов лесозаготовительной промышленности (на примере дерново-подзолистых почв Уральского федерального округа)»,

(Название диссертационной работы)

представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук, внедрены в практику деятельности ООО «Производственная экологическая компания «Промышленная экология» при разработке «Типового проекта (технологического регламента) ликвидации буровых шламовых амбаров и рекультивации нарушенных земель, прилегающих к кустовым площадкам на территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югры» № 114/10-ХМ-ША.

(название учреждения, организации с указанием подразделения и т.п.)



Общество с ограниченной ответственностью Производственная экологическая компания

«Промышленная экология»

625000 г. Тюмень ул. Республики д.53 оф. 407 ИНН 7206043096 КПП 720301001 р/с 40702810800031506198 в Филиале ОАО Ханты-Мансийский банк в г. Тюмени БИК 047106878 к/с 30101810100000000878 ОГРН 1107232023051 ОКПО 66616464 ОКВЭД 90.00 ОКФС 16 ОКОПФ 65 Тел/факс (3452)39-02-10, (3466)55-22-60 e-mail: industrialeco.ru@gmail.com ukconstanta@rambler.ru

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

No 114-1 or "14 " 01 20 14 r.

1. Объект испытаний: Способ микробиологического обезвреживания бурового шлама и рекультивации нефтезагрязненных земель, в составе «Типового проекта (технологического регламента) ликвидации буровых шламовых амбаров и рекультивации нарушенных земель, прилегающих к кустовым площадкам на территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югры» № 114/10-ХМ-ША

(наименование продукции и сведения о НД, по которым она изготовлена)

- 2. Основание для проведения испытаний
- 2.1. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 февраля 1994 г. № 140 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы»;
- 2.2. Приказ Минприроды РФ и Роскомзема от 22 декабря 1995 № 525/67 «Об утверждении Основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы»;
- 2.3. Федеральный закон от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе»;
- 2.4. Типовой проект (технологического регламента) ликвидации буровых шламовых амбаров и рекультивации нарушенных земель, прилегающих к кустовым площадкам на территории Ханты-Мансийского автономного округа Югры № 114/10-XM-ША.

(наименование и реквизиты документов)

3. Дата(ы) проведения испытаний: 2015 год

4. Образцы для испытаний:

Территория Самотлорского нефтяного месторождения. Нижневартовский район, Ханты-Мансийский автономный округ - Югра

(место отбора образцов, дата и номер акта)

- 5. Средства испытаний/привлекаемые организации:
- 5.1. Собственные средства Общества с ограниченной ответственностью «Производственная экологическая компания «Промышленная экология»;
- 5.2. ФБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Уральскому федеральному округу» (свидетельство об аккредитации в сфере федерального государственного экологического контроля от 15.10.2010 №19, аттестат аккредитации испытательной лаборатории № РОСС RU 0001.510721 от 03.08 2011).
 - 6. Результаты испытаний:
- 6.1. Снижение уровня загрязнения до уровня ориентировочно допустимых концентраций достигнут в период, предусмотренный «Типовым проектом (технологического регламента) ликвидации буровых шламовых амбаров и рекультивации нарушенных земель, прилегающих к кустовым площадкам на территории Ханты-Мансийского автономного округа Югры» № 114/10-ХМ-ША.
- 6.2. На основании поручения Росприроднадзора № ВК-08-01-31/1105 от 29.01.2014 Проект прошел государственную экологическую экспертизу в Департаменте Росприроднадзора по Уральскому федеральному округу и получил положительное заключение (Приказ Департамента Росприроднадзора по Уральскому федеральному округу об организации государственной экологической экспертизы № 101 от 27.01.2015).

Генеральный директор ООО «ПЭК «Промышленная экология»

В.Г.Яковлев (подпись, расшифровка)



Общество с ограниченной ответственностью Производственная экологическая компания

«Промышленная экология»

625000 г. Тюмень ул. Республики д.53 оф. 407 ИНН 7206043096 КПП 720301001 p/c 40702810800031506198 в Филиале ОАО Ханты-Мансийский банк в г. Тюмени БИК 047106878 к/с 30101810100000000878

OFPH 1107232023051 ОКПО 66616464 ОКВЭД 90.00 ОКФС 16 ОКОПФ 65 Тел/факс (3452)39-02-10, (3466)55-22-60 e-mail: industrialeco.ru@gmail.com ukconstanta@rambler.ru

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ОООТТЭК «Промышленная

«килопоже

В.Г.Яковлев

2015

РЕШЕНИЕ

о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы

представлены результаты были Комиссии рассмотрение на разработанной применения биормедиации B составе исследований технологической схемы биологического метода очистки нефтезагрязненных почв, которые свидетельствуют о существенном снижении концентрации углеводородов нефти в течение 30-45 дней. В рамках представления результатов кандидатской диссертационной работы были представлены исследования биодеградации нефтяного загрязнения почв при использовании углеродсодержащих структураторов но основе опила соснового, а так же применения фитомелиорации на завершающей стадии рекультивации, с использованием семян Овса посевного.

предлагаемого комплекса B качестве основных достоинств биологических методов очистки почв, отмечено, что не разрушается плодородный слой, не требуется применение специальной техники, не негативного воздействия компоненты оказывается попутного окружающей среды, практически не оказывается отрицательного влияния на функционирование аборигенных почвенных биоценозов и не создается препятствий восстановлению первоначального микробного сообщества в почве. Кроме того, в процессе применения биологических методов происходит повышение биогенности почв, что способствует активизации природных резервов экосистемы, увеличению численности аборигенной микрофлоры и росту растений, что в комплексе способствует очищению грунтов от углеводородов нефти.

Комиссией рассмотрения, представленных результатам ПО технологической схемы, рекомендаций к применению предлагаемой схемы и результатов исследований по её применению, были приняты следующие РЕШЕНИЯ:

- 1. Использование указанных мероприятий позволяет достигнуть существенной очистки почв от нефтепродуктов до минимальных значений, значительно снизить материальные и временные затраты на очистку загрязненных нефтью и нефтепродуктами почвогрунтов;
- 2. Представленная комиссии технологическая схема, в основе которой заложен комплекс биологических методов очистки почв, применима как для технической, так и для биологической рекультивации почв загрязненных нефтепродуктами в природно-климатических условиях Уральского федерального округа.
- 3. Результаты диссертационной работы Шигапова А.М. по теме «Биоремедиация нефтезагрязненных почв органическими компонентами лесозаготовительной промышленности (на примере дерново-подзолистых почв Уральского федерального округа)» могут быть использованы В качестве составной части следующей проектной документации:
 - Проектов ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов;
- Проектов рекультивации объектов размещения отходов нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего производства, оказывающих негативное влияние на компоненты окружающей среды;
- Разделов Проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение «Перечень мероприятий по охране окружающей среды».

Председатель члены комиссии:

Яковлев В. Г.

Лаврушин В. А.

Мухаметшин В. Г.

Родионцев Г.А.

POCCINICKAM DEMEPAUMM



路路路路路路

松

密

盘

盘

密

母

盎

盎

路

母

松

松

路路

密

松

密

松

密

盎

斑

斑

密

密

路路

路路

路路

斑

密

盎

母

松

母

盎

密

母

路路路路

斑

на изобретение № 2581671

СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Патентообладатель(ли): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный университет путей сообщения" (УрГУПС) (RU)

Автор(ы): **см. на обороте**

路路路路路

盘

松

松

盘

松

松

松

松

密

盘

松

岛

松

密

松

母

松

松

口口

盘

母

松

母

母

母

母

母

密

母

路

密

路路

路

Заявка № 2014135129

Приоритет изобретения **27 августа 2014** г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **28 марта 2016** г.

Срок действия патента истекает **27 августа 2034** г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Telesce I

Г.П. Ивлиев



(19) **RU** (11) **2 581 671** (13) **C2**



(51) MIIK **B09C 1/00** (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.04.2016)

(21)(22) Заявка: 2014135129/13, 27.08.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента: **27.08.2014**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.08.2014

(43) Дата публикации заявки: 20.03.2016 Бюл. № 8

(45) Опубликовано: <u>20.04.2016</u> Бюл. № <u>11</u>

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2115727 C1, 20.07.1998. RU 2329200 C2, 20.07.2008. RU 2351410 C2, 10.04.2009.

Адрес для переписки:

620034, г.Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, УрГУПС, ОДиА, Л.Б. Никулиной

(72) Автор(ы):

Гаврилин Игорь Игоревич (RU), Шигапов Айрат Минимарсильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный университет путей сообщения" (УрГУПС) (RU)

(54) СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам восстановления загрязненной почвы. При осуществлении способа очистки почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами вводят в загрязненную почву реагент. В качестве реагента используют сосновый опил фракции 2-10 мм. Реагент вводят в количестве 10-30% от объема загрязненной почвы. Перемешивают реагент и почву не реже одного раза в трое суток. Поддерживают влажность смеси 60-70%. Выполняют перечисленные операции в вегетационный период на протяжении 40-90 суток. При превышении остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной почве уровня предельно допустимой концентрации производят доочистку почвы. Доочистку производят путем посева горчицы обыкновенной и ее удаления и утилизации с корнями и листьями после увядания. Исключается необходимость применения биопрепаратов для очистки. Сокращается время очистки почвы. 1 ил.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



⁽¹⁹⁾ RU ⁽¹¹⁾ 2 581 671 ⁽¹³⁾ C2

(51) МПК **В09С 1/00** (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: нет данных

(21)(22) Заявка: 2014135129/13, 27.08.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента: **27.08.2014**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.08.2014

(43) Дата публикации заявки: 20.03.2016 Бюл. № 8

(45) Опубликовано: <u>20.04.2016</u> Бюл. № <u>11</u>

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2115727 C1, 20.07.1998. RU 2329200 C2, 20.07.2008. RU 2351410 C2, 10.04.2009.

Адрес для переписки:

620034, г.Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, УрГУПС, ОДиА, Л.Б. Никулиной

(72) Автор(ы):

Гаврилин Игорь Игоревич (RU), Шигапов Айрат Минимарсильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный университет путей сообщения" (УрГУПС) (RU)

(54) СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам восстановления загрязненной почвы. При осуществлении способа очистки почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами вводят в загрязненную почву реагент. В качестве реагента используют сосновый опил фракции 2-10 мм. Реагент вводят в количестве 10-30% от объема загрязненной почвы. Перемешивают реагент и почву не реже одного раза в трое суток. Поддерживают влажность смеси 60-70%. Выполняют перечисленные операции в вегетационный период на протяжении 40-90 суток. При превышении остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной почве уровня предельно допустимой концентрации производят доочистку почвы. Доочистку производят путем посева горчицы обыкновенной и ее удаления и утилизации с корнями и листьями после увядания. Исключается необходимость применения биопрепаратов для очистки. Сокращается время очистки почвы. 1 ил.

Изобретение относится к способам восстановления загрязненной почвы, в частности нефтью и нефтепродуктами, с использованием микроорганизмов.

Известен способ очистки почвы (RU 2421291, МПК В09С 1/10, С12N 1/26, Т.Ф. Одегова, А.В. Баландина, Е.М. Бурлакова, К.М. Злотников, А.К. Злотников, А.В. Казаков. Способ рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. - Опубл. 20.06.2011), включающий поэтапное выполнение цикла восстановительных работ в две стадии с фитомелиоративной обработкой. На первой стадии в почвенный покров вносят комплексную суспензию из микромицета Phoma eupyrena и сельскохозяйственного биопрепарата Альбит, полученного на основе гидролизата бактерий Pseudomonas aureofaciens ВКМВ - 1973Д и гидролизата бактерий Bacillus megaterium, а на второй стадии биологической обработки в почвенный покров вносят комплексную суспензию из микромицета Cephaliophora tropica и упомянутого сельскохозяйственного препарата Альбит.

Недостатком данного способа является высокая стоимость используемой

комплексной суспензии из микромицета и биопрепарата Альбит, основой которого являются специально выведенные микроорганизмы, а применение которого требует создания определенных условий, обеспечивающих их наибольшую эффективность (температура, рН, источники фосфора и азота).

Также известен способ очистки почв от загрязнений нефтью и нефтепродуктами (RU 2191643, МПК В09С 1/10, C12N 1/20, C12N 1/20, C12R 1/01, В.М. Саксон, С.А. Кузнецов, И.В. Бойкова, И.И. Новикова. Способ очистки почвы от загрязнений нефтью и нефтепродуктами. - Опубл. 27.10.2002), предусматривающий введение в загрязненную среду суспензии биопрепарата, содержащего нефтеокисляющие бактерии, с предварительной подготовкой и активацией биопрепарата путем барботирования его водной суспензии воздухом в течение 1,5-2,5 ч. В качестве биопрепарата используют консорциум нефтеокисляющих микроорганизмов Pseudomonas putida ПИ Ко-1, Pseudomonas fluorescens ПИ-896, Micrococcus sp. ПИ Ку-1, Burkholderia caryophylli Jap-3, Serratia odorifera Jap-1.

Недостатком данного способа является высокая стоимость биопрепарата, основой которого являются специально выведенные микроорганизмы, применение которого требует создания определенных условий, обеспечивающих их наибольшую эффективность (температура, рН, источники фосфора и азота), и необходимость его предварительной подготовки.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому способу является способ очистки почв (RU 2137559, МПК В09С 1/10, В09С 1/08, Т.П. Алексеева, Н.Н. Терещенко, Т.И. Бурмистрова, В.Д. Перфильева, Ю.В. Савиных, Л.Д. Стахина. Способ очистки почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. - Опубл. 20.09.1999), заключающийся во введение в загрязненную среду культуры микроорганизмов и минеральных добавок, содержащих азот и фосфор. При этом в качестве источника микроорганизмов используют торф, который предварительно активируют введением минеральных добавок, содержащих азот и фосфор, с последующей инкубацией в мезофильном режиме в течение 3-7 суток.

Недостатком данного способа является то, что в качестве источника микроорганизмов используют торф, что невозможно применить во всех районах без дополнительных затрат на его доставку, кроме того, требуются дополнительные материальные затраты и значительное время на инкубацию торфа для обеспечения необходимого уровня численности углеводородокисляющих микроорганизмов.

Целью изобретения является снижение затрат и времени на очистку почвы от нефти и нефтепродуктов за счет исключения применения дорогостоящих биопрепаратов и времени на их подготовку.

Указанная цель достигается использованием опила соснового, являющегося отходом лесозаготовительного производства, и доочистки почвы с помощью быстрорастущего растения - горчицы обыкновенной (Brássica nígra (L) Koch).

Сущностью изобретения является то, что в качестве реагента используют опил сосновый фракции 2-10 мм, который в количестве 10-30% от объема загрязненной почвы наносят на поверхностью предварительно взрыхленной на глубину загрязнения почвы, перемешивают опил сосновый с загрязненной почвой с периодичностью не реже одного раза в трое суток, поддерживают в смеси опила с почвой влажность 60-70%, причем названный комплекс технологических операций выполняют в вегетационный период на протяжении 40-90 суток, по истечении которых определяют остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в обработанной почве, сравнивают результат с уровнем предельно допустимой концентрации нефти и нефтепродуктов в почве, при превышении остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной почве уровня предельно допустимой концентрации производят доочистку почвы путем посева быстрорастущего растения - горчицы обыкновенной в количестве 30 г/м², которая интенсивно поглощает нефть и нефтепродукты и накапливает их в корнях и листьях, после увядания удаляют растения с корнями и листьями с поверхности почвы и утилизируют их, повторно определяют остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в обработанной почве.

На фиг. 1 представлена схема осуществления предлагаемого способа очистки почв от нефти и нефтепродуктов, включающая в себя анализ природно-климатических условий местности и типологию загрязненной почвы 1, определение глубины проникновения и концентрации нефти и нефтепродуктов в загрязненной почве 2, определение необходимого количества опила соснового - 10-30% от объема загрязненной почвы 3, нанесение на поверхность загрязненной почвы опила соснового фракцией 2-10 мм, объемом 10-30% от объема загрязненной почвы 4, перемешивание опила соснового с загрязненной почвой 5, рыхление смеси

загрязненной почвы с опилом сосновым на глубину загрязнения в течение 40-90 суток 6, поддержание в смеси опила с почвой влажности 60-70% в течение 40-90 суток 7, определение остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной почве в конце вегетационного периода 8, сравнение остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной почве с уровнем предельно допустимой концентрации 9, 10 выявление соответствия уровню предельно допустимой концентрации, при необходимости осуществляется доочистка почвы 12 путем посева быстрорастущего растения, например горчицы обыкновенной, жизненный цикл которой составляет 15-20 суток 13, удаление с поверхности почвы растений с корнями и листьями и их утилизация 14, повторное определение остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной почве 15.

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом.

При загрязнении почв нефтью и нефтепродуктами, являющимися одними из наиболее токсичных и распространенных веществ, оказывающих негативное влияние на состояние окружающей среды, необходимо проведение мероприятий по утилизации загрязнения и очистке загрязненных почв.

Перед началом проведения мероприятий по очистке почвы анализируют природноклиматические условия местности загрязнения и типологию загрязненной почвы, определяют глубину проникновения и концентрацию нефти и нефтепродуктов в загрязненной почве.

После проведения названных мероприятий на поверхность загрязненной почвы наносят и перемешивают с ней опил сосновый фракции 2-10 мм, являющийся отходом деревообрабатывающей промышленности и широко распространенный на территории Российской Федерации, в количестве 10-30% от объема загрязненной почвы. Опил сосновый при внесении его в загрязненную почву, с одной стороны, служит органическим сорбентом и предотвращает дальнейшую миграцию нефти и нефтепродуктов, уменьшая степень их вымывания из почв до 5 раз по отношению к чистой почве, а с другой, является источником интенсификации жизнедеятельности аборигенных нефтеусваивающих микроорганизмов, активность которых при внесении опила соснового и создании определенных условий резко возрастает, поскольку опил сосновый является для микроорганизмов питательной средой и увеличивает их биологическую массу в загрязненной почве, ускоряя тем самым скорость деструкции нефтяного загрязнения.

Полученную смесь загрязненной почвы с опилом сосновым рыхлят на глубину загрязнения периодичностью не реже одного раза в трое суток и поддерживают в ней влажность 60-70%, с целью создания микроорганизмам благоприятных условий жизнедеятельности. Комплекс данных технологических операций выполняют в вегетационный период на протяжении 40-90 суток.

Применение предлагаемого способа очистки почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, позволяет уменьшить концентрацию нефти и нефтепродуктов в загрязненных почвах до 60% и обеспечивает восстановление загрязненных почв с последующей возможностью их дальнейшего хозяйственного использования.

В случае если за вегетационный период не достигнуто уменьшение концентрации нефти и нефтепродуктов в почве до уровня предельно допустимой концентрации, на всей площади загрязнения производят посев быстрорастущего растения - горчицы обыкновенной (Brássica nígra (L) Koch) в количестве 30 г/м². Рост и развитие горчицы обыкновенной (Brássica nígra (L) Koch) происходит 15-20 суток и обеспечивает накапливание нефти и нефтепродуктов в корнях и листьях растения. После окончания роста горчицы обыкновенной ее с корнями и листьями удаляют с поверхности почвы и утилизируют. Применение метода фиторемедиации в качестве доочистки позволяет добиться сокращения концентрации нефти и нефтепродуктов в почве не менее чем на 75% от первоначальной.

Таким образом, предлагаемый способ очистки почв от загрязнения нефтью и нефтепродуктами позволяет добиться эффективной и экологически безопасной очистки почв с различной степенью загрязненности нефтью и нефтепродуктами без ее выемки и транспортировки, без применения дополнительного спецоборудования, при минимальных трудозатратах и времени на подготовку очищаемого грунта. Для очистки почв предлагаемым способом не требуется применение дорогостоящих биопрепаратов, поскольку опил сосновый содержит в себе элементы, необходимые для жизнедеятельности и развития микроорганизмов, обеспечивающих высокую скорость деструкции нефти и нефтепродуктов. Кроме того, опил сосновый является дешевым, экологически чистым сырьем, обеспечивающим сорбцию нефти и нефтепродуктов на своей поверхности, улучшающим структуру почвы и усиливающим почвенный газообмен, и широко распространен на территории

Формула изобретения

Способ очистки почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами, включающий введение в загрязненную почву реагента, отличающийся тем, что в качестве реагента используют опил сосновый фракции 2-10 мм, который в количестве 10-30% от объема загрязненной почвы наносят на поверхность предварительно взрыхленной на глубину загрязнения почвы, перемешивают опил сосновый с загрязненной почвой с периодичностью не реже одного раза в трое суток, поддерживают в смеси опила с почвой влажность 60-70%, причем названный комплекс технологических операций выполняют в вегетационный период на протяжении 40-90 суток, по истечении которых определяют остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в обработанной почве, сравнивают результат с уровнем предельно допустимой концентрации нефти и нефтепродуктов в почве, при превышении остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной почве уровня предельно допустимой концентрации производят доочистку почвы путем посева быстрорастущего растения - горчицы обыкновенной в количестве 30 г/м², которая интенсивно поглощает нефть и нефтепродукты и накапливает их в корнях и листьях, после увядания удаляют растения с корнями и листьями с поверхности почвы и утилизируют их, повторно определяют остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в обработанной почве.

Способ очистки почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами



Фиг. 1

POCCHÜCKAN DEMEPAUMN



路路路路路路

密

密

密

密

密

路

密

密

密

岛

密

路路

密

密

密

路

密

母

路路

密

路

斑

密

密

密

路路

路路

密

密

密

密

密

路路

密

松

密

密

密

松

на изобретение № 2583684

СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ОТКРЫТЫХ ВОДОЕМОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Патентообладатель(ли): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный университет путей сообщения" (УрГУПС) (RU)

Автор(ы): см. на обороте

路路路路路路

松

松

松

母

松

密

密

岛

密

岛

母

密

密

密

密

密

密

密

密

密

路路

松

路

松

密

五

松

母

母

路

路

密

密

密

路

密

密

密

密

Заявка № 2015112553

Приоритет изобретения 06 апреля 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 13 апреля 2016 г.

Срок действия патента истекает 06 апреля 2035 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Tellese 1

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



⁽¹⁹⁾ RU ⁽¹¹⁾ 2 583 684 ⁽¹³⁾ C1

(51) MIIK

E02B 15/06 (2006.01) E02B 15/10 (2006.01) C02F 3/34 (2006.01) B01D 15/00 (2006.01) E01H 12/00 (2006.01) B09C 1/10 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.05.2016)

(21)(22) Заявка: 2015112553/13, 06.04.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 06.04.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.04.2015

(45) Опубликовано: 10.05.2016 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2401359 C1, 10.10.2010. RU 2426698 C2, 20.08.2011. SU 998645 A1, 23.02.1983. RU 101706 U1, 27.01.2011. US 3850807 A, 26.11.1974. US 3607741 A, 21.09.1971.

Адрес для переписки:

620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, УрГУПС, ОДиА, Л.Б. Никулиной (72) Автор(ы):

Гаврилин Игорь Игоревич (RU), Шигапов Айрат Минимарсильевич (RU), Бондаренко Валентина Васильевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный университет путей сообщения" (УрГУПС) (RU)

(54) СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ОТКРЫТЫХ ВОДОЕМОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

(57) Реферат:

Способ очистки поверхности открытых водоемов от загрязнения нефтью и включает применение сорбентов нефтеокисляющих нефтепродуктами И микроорганизмов, в качестве сорбента используют опил сосновый фракцией 2-10 мм, помещенный в сорбирующие боновые заграждения, которые размещают по выбранным рубежам локализации нефти и нефтепродуктов, смывают с береговой кромки в водную массу нефть и нефтепродукты водой под давлением, очищают почву береговой линии сорбентом - опилом сосновым, производят нефтесборной системой сбор с поверхности открытого водоема нефтеводяной смеси, помещают эту смесь в цистерны или быстроразворачиваемые емкости, осуществляют сбор сорбирующих боновых заграждений c поверхности открытого изготавливают из насыщенного нефтью и нефтепродуктами сорбента брикеты, определяют остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в обработанной водной массе, сравнивают последнюю с уровнем предельно допустимой концентрации их в водных объектах соответствующего значения, при превышении остаточной концентрацией уровня предельно допустимой производят доочистку водных масс с помощью микроорганизмов, способных к деструкции углеводородов нефти и нефтепродуктов, для чего в водную массу погружают инертную загрузку полиэтиленовую пленку на период до четырех месяцев, поддерживают в течение всего периода температуру водной массы на уровне не менее 10°C, определяют с периодичностью один раз в неделю остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в водной массе, при достижении уровня предельно допустимой концентрации нефти и нефтепродуктов из водной массы удаляют инертную загрузку. Технический результат - упрощение очистки. 1 ил.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



⁽¹⁹⁾ RU ⁽¹¹⁾ 2 583 684 ⁽¹³⁾ C1

(51) MIIK

E02B 15/06 (2006.01) E02B 15/10 (2006.01) C02F 3/34 (2006.01) B01D 15/00 (2006.01) E01H 12/00 (2006.01) B09C 1/10 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.05.2016)

(21)(22) Заявка: 2015112553/13, 06.04.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента: **06.04.2015**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.04.2015

(45) Опубликовано: 10.05.2016 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2401359 C1, 10.10.2010. RU 2426698 C2, 20.08.2011. SU 998645 A1, 23.02.1983. RU 101706 U1, 27.01.2011. US 3850807 A, 26.11.1974. US 3607741 A, 21.09.1971.

Адрес для переписки:

620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, УрГУПС, ОДиА, Л.Б. Никулиной

(72) Автор(ы):

Гаврилин Игорь Игоревич (RU), Шигапов Айрат Минимарсильевич (RU), Бондаренко Валентина Васильевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный университет путей сообщения" (УрГУПС) (RU)

(54) СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ОТКРЫТЫХ ВОДОЕМОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

(57) Реферат:

Способ очистки поверхности открытых водоемов от загрязнения нефтью и включает применение сорбентов нефтеокисляющих нефтепродуктами И микроорганизмов, в качестве сорбента используют опил сосновый фракцией 2-10 мм, помещенный в сорбирующие боновые заграждения, которые размещают по выбранным рубежам локализации нефти и нефтепродуктов, смывают с береговой кромки в водную массу нефть и нефтепродукты водой под давлением, очищают почву береговой линии сорбентом - опилом сосновым, производят нефтесборной системой сбор с поверхности открытого водоема нефтеводяной смеси, помещают эту смесь в цистерны или быстроразворачиваемые емкости, осуществляют сбор сорбирующих боновых заграждений c поверхности открытого изготавливают из насыщенного нефтью и нефтепродуктами сорбента брикеты, определяют остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в обработанной водной массе, сравнивают последнюю с уровнем предельно допустимой концентрации их в водных объектах соответствующего значения, при превышении остаточной концентрацией уровня предельно допустимой производят доочистку водных масс с помощью микроорганизмов, способных к деструкции углеводородов нефти и нефтепродуктов, для чего в водную массу погружают инертную загрузку полиэтиленовую пленку на период до четырех месяцев, поддерживают в течение всего периода температуру водной массы на уровне не менее 10°C, определяют с периодичностью один раз в неделю остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в водной массе, при достижении уровня предельно допустимой концентрации нефти и нефтепродуктов из водной массы удаляют инертную загрузку. Технический результат - упрощение очистки. 1 ил.

Изобретение относится к способам очистки поверхности открытых водоемов и

побережий, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

Известен способ очистки водной поверхности от нефти и нефтепродуктов (RU 2241032, МПК C12N 1/20, C02F 3/16, C02F 3/34 C12N 1/20, C12R 1:08, C12R 1:06, Логинов О.Н., Силищев Н.Н., Нуртдинова Л.А., Яковлев В.Н. Способ очистки водных поверхностей от нефтяного загрязнения. - Опубл. 27.11.2004), включающий введение бактериальной культуры, в качестве которой используют консорциум природных штаммов аэробных нефтеокисляющих микроорганизмов, при аэрации водного объекта.

Недостатком данного способа является высокая стоимость используемого консорциума природных штаммов аэробных нефтеокисляющих микроорганизмов, а применение способа требует создания определенных условий.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому способу является способ очистки воды от нефтяного загрязнения (RU 2516412, МПК B01J 20/10, B01J 20/283, C02F 3/34, C02F 1/28, B09C 1/10, C12R 1/125, C12R 1/32, C12R 1/38, C12R 1/40. Батарагин В.М., Завальский Л.Ю., Ильин А.А. Препарат для очистки воды и почвы от нефтяных загрязнений и способ его получения. - Опубл. 20.05.2014), включающий применение препарата, содержащего деструкторы нефти, сорбент, криопротектор - глицерин, микроудобрения - азотнокислый натрий 0,5% и фосфорнокислый калий 0,5%. В качестве деструкторов нефти используют ассоциацию нефтеокисляющих микроорганизмов: Bacillus subtilis BKM B-81, Pseudomonas spp. BKM B-892, Pseudomonas putida BKM B-1301, Rhodococcus sp. BKM Ac-950, Mycobacterium flavescens BKM Ac-1415 в количестве 75-85% от общего числа клеток, а также почвенные бактерии Agrobacteium radiobacter BKM B-1219 в количестве 15-25% от общего числа клеток. Сорбент в препарате представляет собой мелкодисперсный дегидратированный цеолит с размером гранул 0,1-0,5 мм, опудренный наночастицами Аэросила А-300. При этом соотношение компонентов в препарате (мас.%) следующее: цеолит - 94±1, Аэросил A-300 - 3±0.5, глицерин - 1 ± 0.2 , азотнокислый натрий - 0.5 ± 0.2 , фосфорнокислый калий - 0.5 ± 0.2 , ассоциация нефтеокисляющих микроорганизмов с Agrobacteium radiobacter в эффективном количестве $2-3*10^8$ кл/г - 1 ± 0.5 .

Недостатком способа является сложность технологического процесса и трудоемкость операции приготовления препарата, предусматривающие несколько стадий, что делает его использование дорогостоящими и трудоемким. Кроме того, требуются значительные временные затраты и дополнительные материальные расходы на выращивание отдельных ассоциаций нефтеокисляющих и почвенных микроорганизмов.

Целью изобретения является снижение материальных затрат и временных расходов на очистку поверхности открытых водоемов от нефти и нефтепродуктов.

Указанная цель достигается применением сорбирующих боновых заграждений, в которых в качестве сорбента используют опил сосновый, и доочисткой водной массы путем развития нефтеокисляющих микроорганизмов на поверхности инертной загрузки - полиэтиленовой пленки.

Сущностью изобретения является то, что в качестве сорбента используют опил сосновый фракцией 2-10 мм, помещенный в сорбирующие боновые заграждения, которые размещают по выбранным рубежам локализации нефти и нефтепродуктов, смывают с береговой кромки в водную массу нефть и нефтепродукты водой под давлением, очищают почву береговой линии сорбентом - опилом сосновым, производят нефтесборной системой сбор с поверхности открытого водоема нефтеволяной смеси, помещают эту смесь в пистерны или быстроразворачиваемые емкости, осуществляют сбор сорбирующих боновых заграждений с поверхности открытого водоема, изготавливают из насыщенного нефтью и нефтепродуктами сорбента брикеты, определяют остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в обработанной водной массе, сравнивают последнюю с уровнем предельно допустимой концентрации их в водных объектах соответствующего значения, при превышении остаточной концентрацией уровня предельно допустимой производят доочистку водных масс с помощью микроорганизмов, способных к деструкции углеводородов нефти и нефтепродуктов, для чего в водную массу погружают инертную загрузку - полиэтиленовую пленку на период до четырех месяцев, поддерживают в течение всего периода температуру водной массы на уровне не менее 10°C, определяют с периодичностью один раз в неделю остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в водной массе, при достижении уровня предельно допустимой концентрации нефти и нефтепродуктов из водной массы удаляют инертную загрузку.

На фигуре 1 представлена схема осуществления предлагаемого способа очистки

поверхности открытого водоема от нефти и нефтепродуктов, включающая в себя анализ природно-климатических условий местности и значения загрязненного водного объекта 1, определение транспортной инфраструктуры (подъездных путей), времени доставки персонала и имеющегося в наличии оборудования к месту разлива 2, определение объема нефти и нефтепродуктов на поверхности загрязненного водного объекта и схемы размещения рубежей локализации нефти и нефтепродуктов 3, расчет необходимого количества сорбирующих боновых заграждений и сорбирующего материала 4, размещение сорбирующих боновых заграждений на поверхности загрязненного водного объекта 5, смывание в водную массу нефти и нефтепродуктов с береговой кромки, доочистка береговой линии с помощью сорбирующих материалов 6, сбор нефтесборной системой с поверхности водного объекта нефтеводяной смеси 7, размещение и временное хранение загрязненной водяной смеси в цистернах или быстроразворачиваемых емкостях 8, сбор сорбирующих боновых заграждений с поверхности открытых водных объектов 9, изготовление брикетов из сорбирующего материала, насыщенного нефтью и нефтепродуктами 10, определение остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной водной массе 11, сравнение остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной водной массе с уровнем предельно допустимой концентрации 12, соответствие уровню предельно допустимой концентрации 13, превышение уровня предельно допустимой концентрации 14, доочистка водных масс на период до четырех месяцев: погружение инертной загрузки в водную массу, поддерживание температуры водной массы не менее 10°С 15, еженедельное определение остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной водной массе 16, соответствие уровню предельно допустимой концентрации 17, удаление и утилизация инертной загрузки 18.

Предлагаемый способ очистки поверхности открытых водоемов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами осуществляется следующим образом.

При загрязнении поверхности открытых водоемов нефтью и нефтепродуктами, являющимися одними из наиболее токсичных и распространенных веществ, оказывающих негативное влияние на состояние окружающей среды, необходимо проведение мероприятий по очистке загрязненной водной массы и утилизации загрязнения.

Перед началом проведения мероприятий по очистке водных масс анализируют природно-климатические условия местности и значение загрязненного водного объекта, определяют транспортную инфраструктуру местности, время доставки персонала и имеющегося в наличии оборудования к месту разлива, рассчитывают объем нефти и нефтепродуктов на поверхности водного объекта, необходимое количество сорбирующих материалов и сорбирующих боновых заграждений, определяют скорость миграции нефти и нефтепродуктов, на основании чего определяют схему размещения сорбирующих боновых заграждений.

После проведения названных мероприятий на поверхности открытых водоемов размещают сорбирующие боновые заграждения. Для наполнения бонов, с точки зрения экологической чистоты и дешевизны сырья, наиболее приемлемым является сорбент на основе органического природного вещества - опила соснового. Опил сосновый как сорбент имеет достаточно высокие показатели нефтеемкости и экологичен на стадии утилизации - не требуется захоронение использованного сорбента, его сжигают в виде топлива. Кроме того, применение в качестве сорбента опила соснового является экономически выгодным, поскольку он широко распространен на территории Российской Федерации в виде отходов лесообрабатывающей промышленности, а цена на него значительно ниже по отношению к другим сорбентам.

После размещения сорбирующих боновых заграждений на поверхности открытых водоемов производят смывание нефти с береговой кромки с помощью брандспойтов водой от мотопомпы или мобильного комплекса и обработку почв с помощью сорбирующих материалов. Осуществляют сбор нефти и нефтепродуктов нефтесборной системой с поверхности открытого водоема, а также льда и снега (в зимний период времени), загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Загрязненную нефтью и нефтепродуктами нефтеводяную смесь размещают и временно хранят в цистернах или быстроразворачиваемых емкостях с целью дальнейшей их переработки и использования.

После осуществления основных мероприятий по локализации и утилизации нефтяного загрязнения с поверхности открытого водоема осуществляют сбор сорбирующих боновых заграждений. Для утилизации использованного сорбирующего материала можно использовать технологию изготовления брикетов из

древесного опила, насыщенного нефтепродуктами, с целью дальнейшего их использования в качестве топлива.

Определяют остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в обработанной водной массе, сравнивают результат с уровнем предельно допустимой концентрации нефти и нефтепродуктов для водных объектов соответствующего значения. В случае превышения уровня предельно допустимой концентрации производят доочистку водных масс путем развития микроорганизмов, способных к деструкции углеводородов нефти на поверхности инертной загрузки - полиэтиленовой пленки. Для развития нефтеокисляющих микроорганизмов температуру водной массы поддерживают на уровне не менее 10°С и погружают в нее инертную загрузку на период до 4 месяцев. На поверхности инертной загрузки интенсивно развиваются нефтеокисляющие микроорганизмы и бактерии. На протяжении времени доочистки, с периодичностью 1 раз в неделю, определяют остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в водной массе. При достижении уровня предельно допустимой концентрации инертную загрузку удаляют из водной массы и утилизируют путем сжигания

Применение предлагаемых сорбирующих боновых заграждений позволяет в короткое время осуществить локализацию и утилизацию нефтяного загрязнения с поверхности открытого водоема.

Доочистка водных масс путем развития нефтеокисляющих микроорганизмов, способных к деструкции углеводородов нефти, обеспечивает возможность дальнейшего хозяйственного использования водного объекта. Кроме того, предлагаемый способ очистки поверхности открытых водоемов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами является абсолютно экологически чистым и безопасным для биосферы в целом.

Использование инертной загрузки возможно непосредственно как в самом водном объекте, после сбора и удаления с поверхности воды основной массы нефти и нефтепродуктов, так и в искусственно созданных сооружениях (типа отстойников), принимающих водные массы с заболоченных территорий.

Таким образом, предлагаемый способ очистки поверхности открытых водоемов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами позволяет добиться эффективной и экологически безопасной очистки водных объектов с различной степенью загрязненности нефтью и нефтепродуктами без длительных временных затрат, без применения дополнительного спецоборудования и без существенных материальных расходов, так как используемые опил сосновый и пленка полиэтиленовая являются дешевым сырьем, широко распространенным на территории Российской Федерации.

Формула изобретения

Способ очистки поверхности открытых водоемов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами, включающий применение сорбентов и нефтеокисляющих микроорганизмов, отличающийся тем, что в качестве сорбента используют опил сосновый фракцией 2-10 мм, помещенный в сорбирующие боновые заграждения, которые размещают по выбранным рубежам локализации нефти и нефтепродуктов, смывают с береговой кромки в водную массу нефть и нефтепродукты водой под давлением, очищают почву береговой линии сорбентом - опилом сосновым, производят нефтесборной системой сбор с поверхности открытого водоема нефтеводяной смеси, помещают эту смесь в цистерны или быстроразворачиваемые емкости, осуществляют сбор сорбирующих боновых заграждений с поверхности открытого водоема, изготавливают из насыщенного нефтью и нефтепродуктами сорбента брикеты, определяют остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в обработанной водной массе, сравнивают последнюю с уровнем предельно допустимой концентрации их в водных объектах соответствующего значения, при превышении остаточной концентрацией уровня предельно допустимой производят доочистку водных масс с помощью микроорганизмов, способных к деструкции углеводородов нефти и нефтепродуктов, для чего в водную массу погружают инертную загрузку - полиэтиленовую пленку на период до четырех месяцев, поддерживают в течение всего периода температуру водной массы на уровне не менее 10°С, определяют с периодичностью один раз в неделю остаточную концентрацию нефти и нефтепродуктов в водной массе, при достижении уровня предельно допустимой концентрации нефти и нефтепродуктов из водной массы удаляют инертную загрузку.

нефтепродуктами 1 Анализ природно-климатических условий местности и значения загрязненного водного объекта 2 Определение транспортной инфраструктуры (подъездных путей), времени доставки персонала и имеющегося в наличии оборудования к месту разлива 3 Определение объема нефти и нефтепродуктов на поверхности загрязненного водного объекта и схемы размещения рубежей локализации нефти и нефтепродуктов 4 Расчет необходимого количества сорбирующих боновых заграждений и сорбирующего материала 5 Размещение сорбирующих боновых заграждений на поверхности загрязненного водного объекта 6 Смывание в водную массу нефти и нефтепродуктов с береговой кромки, доочистка береговой линии с помощью сорбирующих материалов 7 Сбор нефтесборной системой с поверхности водного объекта нефтеводяной смеси 8 Размещение и временное хранение загрязненной водяной смеси в цистернах или быстроразворачиваемых емкостях 9 Сбор сорбирующих боновых заграждений с поверхности открытого водоема 10 Изготовление брикетов из сорбирующего материала, насыщенного нефтью и нефтепродуктами 11 Определение остаточной концентрации нефти и нефтепролуктов в обработанной водной массе 12 Сравнение остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной водной массе с уровнем предельно допустимой концентрации 14 Превышение уровня предельно допустимой концентрации 13 Соответствие уровню предельно допустимой 15 Доочистка водных масс на период до четырех месяцев: концентрации погружение инертной загрузки в водную массу, поддерживание температуры водной массы не менее 10 °C 16 Еженедельное определение остаточной концентрации нефти и нефтепродуктов в обработанной водной массе 17 Соответствие уровню предельно допустимой концентрации 18 Удаление и утилизация инертной загрузки

Способ очистки поверхности открытых водоемов от загрязнения нефтью и

Фиг. 1