

## Реферат

Выпускная дипломная работа включает 115 страниц, 10 таблиц, 2 рисунков, в библиографическом списке 80 литературных источника.

Ключевые слова: нефть, почва, нефтепродукты, пробная площадь, живой напочвенный покров, методы очистки, многолетние травы, торф, препарат «МД-сухой», микробы-деструкторы, месторождения, реакция почвы, объемный вес, рекультивация.

Объектом исследования являются лицензионные участки ОАО «Томскнефть ВНК» расположенные на землях лесного фонда Парабельского лесничества.

Актуальность выбранной темы обусловлена наличием нефтепродуктов и острой необходимостью возврата их в хозяйственный оборот после проведения рекультивации. Цель работы - определить наиболее эффективные методы рекультивации земель нефтезагрязнённых нефтепродуктами.

Магистерская диссертация посвящена эффективности применения различных методов биологической рекультивации нефтезагрязнённых территорий с учетом значительного количества критериев. Исследования проведены в одинаковых лесорастительных условиях, что позволяет сделать выводы о репрезентативности полученных данных.

## Оглавление

Введение.....	4
1 Теоретические и законодательные основы очистки нефтезагрязнения.....	6
1.1 Влияние нефти и нефтепродуктов на окружающую природную среду.....	6
1.2 Современные методы очистки нефтезагрязненной почвы.....	18
1.3 Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных почв.....	21
1.4 Эффективность биологического метода очистки почв.....	28
1.5 Современные методы рекультивации почв загрязненных нефтяными углеводородами. (Зарубежный опыт) .....	32
2 Анализ метода биологической очистки на нефтезагрязненных территориях ОАО «Томскнефть» ВНК .....	36
2.1 Характеристика ОАО «Томскнефть» ВНК .....	36
2.2 Исследование влияния нефтяного загрязнения на ферментативную и микробиологическую активность почвы при ее самовосстановлении .....	37
2.3 Сравнительная характеристика рекультивации земель в биологическом методе .....	43
3 Сравнительный экономический анализ биологических методов рекультивации .....	54
4 Социальная ответственность на примере ОАО «Томскнефть» ВНК .....	63
4.1 Внутренняя социальная политика предприятий.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2 Внешняя социальная политика предприятий	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3 Структура программ КСО ОАО «Томскнефть» ВНК.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Заключение .....	64
Список публикаций.....	67
Список используемых источников.....	68
Приложение А .....	69
Приложение Б.....	97

## **Введение**

Одной из распространенных последствий производственной деятельности является загрязнение почвенного покрова территорий углеводородами и продуктами их переработки. Вопрос борьбы с углеводородным загрязнением становится все более актуальным, особенно в России, где долгие годы решение экологических проблем откладывалось на будущее. Для нефтегазового комплекса рассматриваемые проблемы выражаются: в росте общей площади нарушенных территорий при хронически низких темпах их восстановления; большой загрязненности территорий в районах действия нефтегазового комплекса; высокой степени техногенных нагрузок на окружающую среду от нефтедобывающих предприятий и трубопроводного транспорта; недостаточной развитости природоохранной инфраструктуры; систем предотвращения и снижения негативных воздействий на природную среду; средств объективного контроля полноты и качества выполнения проектных решений; соблюдения экологических норм на всех этапах эксплуатации и реабилитации природных комплексов [1].

Добыча и транспортировка углеводородного сырья является одним из главным фактором загрязнения природной среды округа нефтью, пластовыми водами, буровыми растворами и прочими промышленными отходами. Экологическая ситуация сложившаяся в настоящий момент в нефтегазодобывающих районах округа требует регулирования техногенного воздействия на окружающую среду, учитывающего не только экономические потребности, но и состояние природных ресурсов. Решение проблем сохранения слабоустойчивой к антропогенному воздействию окружающей среды возможно только на основе внедрения в практику эффективного хозяйственного механизма рационального природопользования [2].

В настоящее время ликвидация последствий нефтеразливов производится с применением специальных средств: нефтесборочное оборудование, сорбирующие материалы, биопрепараты [3].

Основу таких систем должно, безусловно, составлять федеральное и региональное природоохранное законодательство. Осмысление происходящего и необходимость выработки новых ориентиров, основанных на концепции экологически устойчивого развития, диктует необходимость постепенного внедрения в жизнь полномасштабной экологизации промышленного производства базирующейся на рациональном использовании природных ресурсов и изначально предотвращающей процесс загрязнения окружающей природной среды [4].

Целью работы является исследование теоретических и практических методов биологической очистки нефтезагрязненных земель, а также проведение сравнительного экономического анализ их внедрения.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- изучить теоретические и законодательные основы очистки нефтезагрязнения;
- рассмотреть современные методы очистки нефтезагрязненных территорий;
- провести сравнительный экономический анализ методов биологической очистки загрязненных нефтепродуктами почв.

Объект исследования – нефтезагрязненные объекты районов Крайнего Севера.

Предмет исследования – анализ внедрения различных методов биологической очистки нефтезагрязненных земель.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и литературы, приложения.

# **1 Теоретические и законодательные основы очистки нефтезагрязнения**

## **1.1 Влияние нефти и нефтепродуктов на окружающую природную среду**

Нефть ценнейшее сырье, без использования которого невозможна современная цивилизация. Однако процессы добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти и нефтепродуктов очень часто становятся источниками загрязнения окружающей среды, которое может приобретать катастрофические масштабы [5].

Условно принято считать нефтепродуктами (НП) главную и наиболее характерную часть нефти и продуктов ее переработки – неполярные и малополярные углеводороды, не сорбирующиеся на оксиде алюминия. В России ПДК (предельно допустимая концентрация) углеводородов нефти в воздухе рабочей зоны промышленных предприятий равна 10 мг/м<sup>3</sup>, в воде 0,3 мг/л (для многосернистой нефти – 0,1 мг/л). В почве и атмосферном воздухе населенных мест содержания НП не нормированы, но существуют ПДК для некоторых ароматических углеводородов и бенз(а)пирена в почве, а также ПДК для углеводородов различных классов (и их производных) в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны [6].

Для контроля за содержанием НП в воздухе, воде и почве в России, США и странах Европы разработано множество стандартных методик. Они основаны на хроматографических (газовая и жидкостная хроматография) или спектральных методиках (ИК – и флуоресцентная спектроскопия), причем газовая хроматография позволяет не только определять суммарное содержание НП (как другие методы), но и идентифицировать и определять количественно индивидуальные углеводороды, входящие в состав нефтепродуктов. Последнее обстоятельство дает возможность более реально оценить опасность нефтяного загрязнения, обнаружить его источник (определить тип и марку НП) и принять меры по ликвидации последствий загрязнения [8].

Статьями 77, 78 Федерального закона N 7-ФЗ предусмотрены обязанность полного возмещения вреда и порядок компенсации вреда окружающей среде [9]. Вместе с рассматриваемым нормативным актом в настоящее время применяется также Методика, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 8 мая 2007 г. N 273 "Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства" (далее - Методика 2), предусматривающая возмещение вреда за самовольное снятие, уничтожение или порчу почв, относящихся к категории "лесных". Границы действия указанных методик четко не определены, что приводит к одновременному предъявлению претензий о возмещении вреда почвам со стороны федеральных и региональных контрольно-надзорных органов по одному и тому же объекту и одному и тому же факту причинения вреда. Следует также отметить, что существуют прецеденты, когда одним органом контроля и надзора предъявляются две претензии о возмещении вреда по одному объекту, рассчитанному с применением разных методик [9,10].

Сложившаяся судебная практика, по оценке субъектов предпринимательской и инвестиционной деятельности, свидетельствует о том, что фактически механизм возмещения вреда окружающей среде в каждом конкретном случае зависит от трактовки данных норм судом. При этом в некоторых случаях ответчик, восстановивший природный объект, обязан возместить причиненный вред по таксам и методикам, а в других - ответчик, только приступивший к восстановлению природного объекта, освобождается от уплаты компенсации по методикам, и судебное разбирательство прекращается. В отдельных случаях по одному и тому же событию разлива нефти и загрязнения почвы нефтедобывающие предприятия возмещают причиненный вред четыре раза: почвам - по Приказу N 238, лесам - по Методике 2, а также проводят рекультивацию на собственные средства согласно Федеральному закону N 7-ФЗ и Земельному кодексу Российской Федерации в качестве возмещения вреда в натуре [11].

Механизм возмещения вреда окружающей среде может быть изменен в

части последовательного и точного изложения процедур возмещения вреда. В случае причинения вреда окружающей среде приоритетной формой его возмещения должно быть проведение рекультивации организацией - причинителем вреда. Если проведение восстановительных работ невозможно, то причинитель вреда должен компенсировать его в соответствии с таксами и методиками [12].

При капитальном ремонте нефтепроводов рекультивация для сельскохозяйственных, лесохозяйственных и других целей, требующих восстановления плодородия почв, осуществляется последовательно в два этапа: технический и, при необходимости, биологический.

Технический этап предусматривает планировку, формирование откосов, снятие и нанесение плодородного слоя почвы, устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для дальнейшего использования рекультивированных земель по целевому назначению или для проведения мероприятий по восстановлению плодородия почв (биологический этап) [13].

Нормы снятия плодородного слоя почвы, потенциально плодородных слоев и пород (лесс, лессовидные и покровные суглинки и др.) устанавливаются при проектировании в зависимости от уровня плодородия нарушаемых почв с учетом заявок и соответствующих гарантий со стороны потребителей на использование потенциально плодородных слоев и пород. Снятый верхний плодородный слой почвы используется для рекультивации нарушенных земель или улучшения малопродуктивных угодий.

Сроки проведения технического этапа рекультивации определяются органами, предоставившими землю и давшими разрешение на проведение работ, связанных с нарушением почвенного покрова, на основе соответствующих проектных материалов и календарных планов.

Биологический этап включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почвы.

Биологический этап выполняется после завершения технического этапа и заключается в подготовке почвы, внесении удобрений, подборе трав и травосмесей, посеве, уходе за посевами.

Биологический этап направлен на закрепление поверхностного слоя почвы корневой системой растений, создание сомкнутого травостоя и предотвращение развития водной и ветровой эрозии почв на нарушенных землях.

В целях конкретизации приемов рекультивации нарушенность почвенно-растительного покрова сгруппирована в пять степеней:

1-я - растительный и почвенный покровы уничтожены полностью;

2-я - растительный покров уничтожен полностью, а почвенный слой сохранен на 50% площади;

3-я - растительность уничтожена на 50 - 80% площади, почвенный покров сохранен;

4-я - растительность уничтожена на 20 - 50% площади, почвенный покров сохранен;

5-я - растительный покров уничтожен на площади менее 20%, почвенный покров сохранен [13,14,15].

На рекультивируемых участках трасс обычно присутствуют одновременно 3 - 4 типа нарушенности и это обстоятельство необходимо учитывать при выборе способов выполнения почвовосстановительных работ.

Виды трав посева и их возможное сочетание должны соответствовать рекомендуемым зональной системой земледелия субъектов Российской Федерации. Травы местного происхождения более приспособлены к местным почвенно-климатическим условиям, поэтому более устойчивы к неблагоприятным воздействиям. [11,12,13]

Высеваемые травы должны обладать способностью быстро создавать сомкнутый травостой и прочную дернину, устойчивую к смыву и выпасу скота, быстро отрастать после скашивания. Семена трав, предназначенные для посева, должны соответствовать требованиям стандарта и по посевным качествам быть

не ниже II класса.

Семена бобовых трав следует по возможности скарифицировать. Перед посевом семена бобовых желательно подвергнуть инокуляции, обработке бактериальными удобрениями (нитрагин).

Слежавшиеся минеральные удобрения перед внесением в почву необходимо измельчить и просеять через сито. В случае припосевного внесения удобрений смешивание их с семенами производится непосредственно перед посевом. Сульфат аммония, аммиачную селитру нельзя смешивать, рассеивать и заделывать в почву одновременно с известью. Суперфосфат и калийные удобрения целесообразно вносить вместе с известью .

Перед проведением биорекультивации нарушенных земель на кислых почвах предварительно проводят мелиоративные мероприятия, в том числе известкование почв. Дозы извести устанавливаются по справочным и нормативным документам, действующим в конкретной почвенно-климатической зоне. В зависимости от дозы извести определяют способ ее заделки в почву. При внесении извести необходимо равномерно распределить ее по полю, лучше перемешать со всем пахотным слоем почвы. Это может быть достигнуто при заделке извести под культивацию. Для известкования почв рекомендуется применять молотый известняк (известковая мука), известковый туф (ключевая известь), торфотуф.

На сильно загрязненных нефтью участках для ускорения процесса биодegradации нефти могут вноситься биологические препараты, имеющие разрешение государственных служб к применению. На техническом этапе происходит выветривание нефти, испарение и частичное разрушение легких фракций, фотоокисление нефтяных компонентов на поверхности почвы, восстановление микробиологических сообществ, развитие нефтеокисляющих микроорганизмов, частичное восстановление сообщества почвенных животных. Часть компонентов превращается в твердые продукты, что улучшает водно-воздушный режим почвы. Аэрация и увлажнение почвы в значительной мере способствуют интенсификации этих процессов, снижению концентрации нефти

и более равномерному ее рассеиванию [11,12,13].

Биологический этап включает 2 стадии - пробный посев трав и фитомелиоративный с внесением минеральных удобрений и посевом устойчивых к загрязнению многолетних трав.

Работы по рекультивации земель должны проводиться в соответствии с требованиями "Правил капитального ремонта подземных трубопроводов" [14,15,16], РД 39-110-91 "Инструкция по ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах" [17,18], "Правил безопасности при эксплуатации магистральных нефтепроводов" [19], "Правил пожарной безопасности при эксплуатации магистральных нефтепродуктопроводов" [20].

Во время проведения работ необходимо выполнять типовые инструкции по безопасной эксплуатации применяемого оборудования, технических средств и материалов.

Загрязненный нефтью участок земли оконтуривается информационными знаками, запрещающими выпас скота, разведение костров и т.п.

К работе на машинах и агрегатах допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности, санитарным правилам обращения с удобрениями и другими материалами.

Работа с минеральными удобрениями должна проводиться в спецодежде, респираторах и резиновых перчатках.

Категорически запрещается употреблять в пищевых и кормовых целях растительную продукцию, формирующуюся на загрязненной почве, до окончания периода рекультивации.

Сельскохозяйственная техника транспортируется в нерабочем положении; после завершения работ очищается от грязи, остатков семян, удобрения, промывается водой и хранится под навесом.

Минеральные удобрения хранятся в складах химических реактивов и реагентов отдельно по видам согласно правилам хранения.

Семена высеваемых культур хранятся отдельно от удобрений, реактивов и ядохимикатов [21].

Многие регионы России уже давно столкнулись с необходимостью решения одной из самых насущных проблем, связанных с загрязнением природной среды нефтью и сопутствующими загрязнителями в результате нефтедобычи. Результатом негативного воздействия является не просто деградация почвенного покрова на участках разлива нефти, а воздействие ее компонентов на сопредельные среды и, как следствие, обнаружение продуктов трансформации в биосфере [22].

При загрязнении нефтью в первую очередь существенно изменяются именно морфологические признаки почвы. Такие почвы отличаются по нескольким признакам: большая плотность, цвет темнее по сравнению с незагрязненными образцами, по характерным масляным пленкам, отливающимися несколькими цветами, которые располагаются по граням структурных отдельностей в иллювиальных горизонтах, а также образование столбчатой структуры в нижней части профиля почв [23].

Вслед за изменением морфологических признаков почвы происходит и изменение физических свойств. Сюда можно отнести увеличение количества водопрочных агрегатов, структурных отдельностей размером больше 10 мм, а также агрегирование почвенных частиц, что приводит к росту глыбистых частиц и снижению агрономически ценных структурных отдельностей. Ухудшение физических свойств почв означает вытеснение воздуха нефтью, нарушение поступления воды, питательных веществ, а это, в свою очередь, ведет к неизбежному замедлению темпов развития растений и их элиминации [24].

Изменения в гумусном состоянии почв должны учитываться в случае, когда необходимо проанализировать и оценить результат контаминации почв нефтью и НП. В этом случае можно отметить уменьшение относительного содержания гуминовых кислот и фульвокислот, увеличение содержания негидролизуемого остатка [25]. Поскольку основным элементом, входящим в состав нефти, является углерод, массовое содержание которого колеблется в

пределах 83–87 %, то содержание органического вещества в расчете на общий углерод и гумус возрастает за счет углерода нефти.

Одновременно с ростом содержания привнесенного углерода происходит увеличение отношения C:N, при котором доля общего азота незначительна. В нефтезагрязненной почве подобное соотношение C:N зависит в первую очередь от типа почвы и объема привнесенного углерода и может варьироваться в пределах от 50 до 420. Итогом подобного дисбаланса становится ухудшение азотного режима почв и нарушению корневого питания растений [26]. Вместе с этими процессами ухудшение азотного режима ведет к снижению количества подвижных форм калия и фосфора.

Не стоит воспринимать влияние нефти на совокупность почвенных микроорганизмов исключительно как негативное, поскольку происходят одновременно процессы и стимуляции и ингибирования. В таком случае одни виды микроорганизмов удваивают показатели роста, а другие виды снижают активность или вовсе погибают [27]. Некоторые комплексы почвенных микроорганизмов после воздействия нефтью показали увеличение численности и активности сразу после кратковременного ингибирования. Примером такого процесса могут выступать углеводородокисляющие микроорганизмы (УОМ), количество которых резко возрастает относительно незагрязненных почв. Развиваются «специализированные» группы, участвующие на разных этапах в утилизации углеводов (УВ) нефти [28].

Определенные элементы нефти стимулируют рост актиномицетов и сульфатредуцирующих почвенных бактерий. К наиболее чувствительными к действию нефти среди микроорганизмов цикла азота можно отнести нитрифицирующие бактерии. В то же время происходит и обратный процесс, при котором возможно увеличение числа и активизация микроорганизмов, принимающих участие в азотфиксации, аммонификации и денитрификации. Следует отметить, что при дозах контаминации свыше 1 % от веса почвы происходит угнетение целлюлозолитических микроорганизмов. И это лишь примеры всех тех сведений, которые рассматриваются в специализированной

литературе по данной проблеме. Взаимосвязь между загрязнением нефтью и изменениями в составе почвенной сапротрофной микробиоты показана неоднозначно и противоречиво в различных источниках.

Загрязнение нефтью негативно воздействует на совокупность почвенных актиномицетов, снижая их численность и обедняя видовой состав. Более того, в такой почве число фитотоксичных и фитопатогенных видов микроскопических грибов значительно возрастает. А это, в свою очередь, усиливает деградацию почв [29].

Показано, что загрязнение нефтью приводит к существенному (на два порядка) снижению численности гетеротрофной части микробного комплекса, отмеченного на начальных этапах воздействия нефти. Через три месяца происходит восстановление численности гетеротрофов [30].

Самыми распространёнными загрязняющими веществами в Мировом океане в настоящее время остаются нефть и НП. К основным источникам такого рода загрязнения относятся регламентные работы при обычных транспортных перевозках нефти, аварии при транспортировке и добыче нефти, а также промышленные и бытовые.

Постоянные области загрязнения морских путей создаются за счет аварийных ситуаций, слива за борт танкерами промывочных и балластных вод, однако наибольшей угрозой остается потеря нефти при транспортировке из районов добычи [31].

В независимости от источника загрязнения и интенсивности его, нефтяные разливы неизменно приводят к резкому ухудшению состояния окружающей среды, следствием чего является или падение качества природных ресурсов экосистемы морской акватории, или уменьшение их количества, или и то и другое одновременно. В целях определения степени чувствительности ресурсов к нефтяному загрязнению, необходимо выделять разные их виды и функциональное назначение, поэтому принято говорить о следующих видах: территориальный ресурс акватории, водные ресурсы, биологические ресурсы,

рекреационные ресурсы, минерально-сырьевые и топливно-энергетические ресурсы дна [32].

Под территориальным ресурсом акватории понимают пространство для хозяйственной деятельности человека, которое используют в транспортных целях. В случае аварийного разлива нефти на морской акватории нарушается функционирование морских перевозок, поскольку в таком случае загрязнённая часть акватории не может использоваться в навигационных целях, пока не закончатся работы по очистке [33].

Водные ресурсы моря служат источником биологической продукции, энергии, химических веществ, являются средствами поддержания газового состояния атмосферы, участвуют в круговороте тепла, влаги, в образовании системы течений, а также в формировании погоды и климата [34]. Кроме того, морская вода является ценным химическим сырьевым ресурсом, поскольку содержит в растворенном состоянии более 60 ценных химических элементов, таких как натрий, барий, бор, мель, йод, уран и др. [35].

С помощью кислорода, бактерий, микроорганизмов, гидродинамических процессов вода обладает способностью к самоочищению. Ассимиляционный потенциал экосистемы моря это лимитированная способность нейтрализовать и обезвреживать в определенных пределах вредные выбросы, поступающие в морскую среду в результате хозяйственной деятельности человека [36]. Благодаря турбулентному перемешиванию снижается концентрация загрязнителя в воде, после чего начинается процесс минерализации органических веществ с помощью бактерий, грибов и водорослей [37].

Морская среда может выдерживать определенную степень загрязнения – поглощать их, ассимилировать без ущерба для экологической системы. Устойчивость морских экосистем по отношению к выбросам загрязняющих веществ, поступающих в морскую среду в результате антропогенной деятельности, является ценным свойством этих систем. Сроки жизни большинства токсических соединений ограничены. Благодаря происходящим в гидросфере физико-химическим и биологическим процессам они распадаются

и включаются в естественный в биогеохимический цикл. Эти процессы определяют наличие ассимиляционного потенциала морской среды – особого вида жестко лимитированных природных ресурсов [38]. При превышении ассимиляционных ограничений морской среды возникают негативные эколого-экономические последствия, нарушается равновесие экосистемы, утрачивается способность к самоочищению. Чем выше ассимиляционный потенциал природной среды, тем меньше требуются превентивных природоохранных затрат на предотвращение загрязнений, что придает ассимиляционному потенциалу конкретной акватории реальную экономическую ценность.

Таким образом, химические ресурсы воды и ассимиляционный потенциал акватории подвержены негативному воздействию нефтяного загрязнения и относятся к разряду чрезвычайно чувствительных к нефтяным разливам.

К биологическим ресурсам моря относят микроорганизмы, растения и животных. Эти живые ресурсы данной экосистемы выполняют множество функций в регулировании биосферы: служат источником продовольствия и органического сырья для изготовления многообразной кормовой и технической продукции, исходным сырьем для медицинских препаратов, а также выступают в качестве естественного фильтра окружающей среды. Водные биоресурсы являются воспроизводящими живыми ресурсами, ограниченными по объему и зависящими от состояния окружающей природной среды [39].

Мировой океан ежегодно производит от 400 до 600 млрд. т органического вещества, в состав которого входят представители всех звеньев пищевой цепи – зоопланктона, рыб, млекопитающих [40]. Все морские животные прямо или косвенно зависят от фитопланктона, лежащего в основе пищевой цепи, а фитопланктон существует лишь в фотическом слое. Загрязнение нефтью и НП морской среды приводит к разрыву пищевых цепей, к разрушению природного баланса, в итоге что промысел биоресурсов имеет возможность существовать нарушен. Разъясняется наверное тем, будто

нефтяная пленочка мешает вторжению в море света, кой нужен для жизнедеятельности микроорганизмов, в итоге что происходит убавление начального пищевого звена в океане и понижение интенсивности кислородного обеспечения атмосферы. Смерть морских организмов усиливает массу разлагающейся материи, на будто напряженно используется содержащийся в воде воздух, будто еще более обостряет дефицитность кислородного равновесия. А дефицит кислорода, в свою очередь, и нехватка пищи отражается на жизнедеятельности всех морских организмов [41]. Нефть и НП оказывают механическое воздействие на живые организмы моря – препятствуют доступу кислорода из атмосферы и, обволакивая жабры рыб, нарушают нормальное дыхание [42].

На последнем месте по степени чувствительности к нефтяному загрязнению располагаются минерально-сырьевые и топливно-энергоресурсы низа, которые видятся основным образом в облике локализованных залежей и текстур на плоскости низа и включают: – водянистые, газообразные и растворимые нужные ископаемые (нефть, газ, сера, сурь, поташ) которые разрешено доставать с поддержкою бурения скважин; – твердые рудные отложения перед поверхностью низа (неподвижный уголь, сурь, сера, стальная руда и разряд остальных металлов), которые разрешено получать шахтно-рудничной добычей и т.д. [43].

Минеральные ресурсы отличаются сообразно месту нахождения континентального шельфа и относятся к группы естественных ресурсов, независимых от чистоты аква среды, потому никак не считаются восприимчивыми к засорению нефтью.

Таковым образом, мариане нефтью воздействует на целый ансамбль морфологических, телесных, физико-хим и био параметров земли, характеризующих ее плодородные и экологические функции, и просит рекультивационных событий. Еще морская среда считается очень уязвимой с точки зрения нефтяного засорения. Восприимчивыми к нефтяному засорению считаются последующие виды ресурсов: био, ассимиляторский потенциал

акватории и хим ресурсы воды. Приведенные виды ресурсов несут нехорошие конфигурации в случае аварийного засорения нефтью акватории моря либо прибрежной зоны, которые сочиняют базу естественного вреда, нанесенного находящейся вокруг естественной среде [44].

## **1.2 Современные методы очистки нефтезагрязненной почвы**

Существующие механические, термические и физико-химические методы очистки почв от нефтяных загрязнений дорогостоящи и эффективны только при определенном уровне загрязнения, часто связаны с дополнительным внесением загрязнителя и не обеспечивают полноты очистки [45].

Широкое использование получили физические методы, основанные на использовании электрического тока. Это технологии электрохимической и электрокинетической очистки загрязненных почв.

Технологии, основанные на электрохимических методах используются для очистки почвы от хлорированных углеводородов, фенолов и нефтепродуктов и обеззараживания грунта и почвы. При пропускании электрического тока через грунты происходит электролиз воды в поровом пространстве, электрофлотация, электрокоагуляция и электрохимическое окисление. Эффективность окисления фенола - 70-92%. Эффективность обеззараживания - 95-99%. Расход электроэнергии и стоимость очистки составляют соответственно 32-160 кВт·ч/куб.м почвы и 86-260 \$/куб.м почвы [45].

Очистка почв методом промывки осуществляется с использованием различных растворов. Загрязненные нефтью почвы промывают растворами ПАВ, в качестве которых применяют ОП-10 или оксиэтилированные жирные кислоты (ОЖК). При использовании 0,02% раствора ОП-10 соотношение грунт: раствор равно 1:16, степень очистки - 99.2%. При очистке дерновокарбонатных почв от нефтепродуктов раствором ОП-10 концентрацией 0.02% при

соотношении грунт: раствор 1:30 степень извлечения составляет 93.5%. После очистки грунт или почва возвращаются и используются для рекультивации земель. Проблемой является большое количество полученной в процессе очистки воды, загрязненной нефтепродуктами и СПАВ, которую можно очистить на стационарных очистных сооружениях [46].

Для промывки используются также растворы, с высоким окислительным потенциалом (активный кислород, щелочная среда, активный хлор) с последующим сбором, очисткой дренажных стоков в электрохимическом комплексе. Для обезвреживания грунтов требуется от 12 до 48 месяцев. Нефтепродукты при этом частично вытесняются и извлекаются на очистных сооружениях [47].

В реальное время более многообещающим способом для чистки нефтезагрязненных оснований, как в финансовом, например и в экологическом проекте считается биотехнологический расклад, базирующийся на применении всевозможных групп микробов, отличающихся увеличенной возможностью к биодegradации компонент нефти и нефтепродуктов [39]. Дееспособность утилизировать трудноразлагаемые препараты антропогенного происхождения (ксенобиотики) была выявлена у множества организмов. Это свойство гарантируется наличием у микробов своеобразных ферментных систем, осуществляющих катаболизм этих соединений. Потому что мельчайшие организмы имеют относительно возвышенный потенциал разрушения ксенобиотиков, показывают дееспособность к резкой метаболической перестройке и обмену генетическим материалом, им придается большее значение при разработке стезей биоремедиации грязных объектов.

Под термином «биоремедиация» принято понимать применение технологий и устройств, предназначенных для биологической очистки почв, т.е. для удаления из почвы уже находящихся в ней загрязнителей [48]. Биоремедиация включает в себя два основных подхода:

1 биостимуляция – активизация деградирующей способности аборигенной микрофлоры внесением биогенных элементов, кислорода, различных субстратов;

2 биодополнение – интродукция природных или генноинженерных штаммов-деструкторов чужеродных соединений.

Биостимуляция *insiti* (биостимуляция в месте загрязнения). Этот подход основан на стимулировании роста природных микроорганизмов, обитающих в загрязненной почве и потенциально способных утилизировать загрязнитель, но не способных делать это эффективно из-за недостатка основных биогенных элементов (соединений азота, фосфора, калия и др.) или неблагоприятных физико-химических условий. В этом случае в ходе лабораторных испытаний с использованием образцов загрязненной почвы устанавливают, какие именно компоненты и в каких количествах следует внести в загрязненный объект, чтобы стимулировать рост микроорганизмов, способных утилизировать загрязнитель [39].

Биостимуляция *invitro*. Отличие этого подхода в том, что биостимуляция образцов естественной микрофлоры загрязненной почвы проводится сначала в лабораторных или промышленных условиях (в биореакторах или ферментерах). При этом обеспечивается преимущественный и избирательный рост тех микроорганизмов, которые способны наиболее эффективно утилизировать данный загрязнитель. «Активизированную» микрофлору вносят в загрязненный объект одновременно с необходимыми добавками, повышающими эффективность утилизации загрязнителя [39].

Биорекультивация нефтезагрязненных почв – это многостадийный биотехнологический процесс, включающий физико-химические методы детоксикации загрязнителя, применение органических и минеральных добавок, использование биопрепаратов [49].

Таким образом, интродукция микроорганизмов приводит к положительным результатам только при создании соответствующих условий для развития внесенной популяции, для чего необходимо знать

физиологические особенности интродуцента, а также учитывать складывающиеся микробные взаимодействия.

### **1.3 Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных почв**

Выработка методологии борьбы с загрязнением находящейся вокруг среды нефтью и нефтепродуктами в высшей степени сложное дело. Реакция основ на загрязнение нефтью, их аффекация к данным загрязнителям выделяются в различных почвенных зонах, еще в границах сопряженных ландшафтов.

Предельно допустимые концентрации нефтяных загрязнений в почвах зависят от вида нефтепродуктов (НП) и составляет для почвы 0,1 мг/кг. Однако ПДК суммарного содержания нефтепродуктов в почве не стандартизовано; установлены ПДК для некоторых видов нефтепродуктов: бензол – 0,3 мг/кг, толуол – 0,3 мг/кг, ксилол – 0,3 мг/кг [50].

Наименьшая степень содержания нефтепродуктов в основах и грунтах, повыше которого начинается смещение в худшую сторону свойства природной среды, рассматривается как верхний неопасный степень сосредоточении (ВБУК) [51]. ВБУК нефтепродуктов в основах находится в зависимости от сочетания множества моментов, этих как тип, состав и качества основ и грунтов, климатические обстоятельства, состав нефтепродуктов, образ растительности, образ землепользования и др. Эти общепризнанных мерок обязаны отличаться в зависимости от погодных критерий и типов почвообразования.

Верхний неопасный степень сосредоточении НП в основах возможно принять за приблизительный степень допустимой сосредоточении (ОДК) в основах. Приблизительным допустимым уровнем загрязнения земли НП предлагается считать нижний дозволенный степень загрязнения, при котором в

данных природных критериях грунт в направлении 1-го года возобновит собственную продуктивность, а отрицательные результаты для почвенного биоценоза имеют все шансы быть самопроизвольно ликвидированы. Эта оценка ОДК как общесанитарного показателя имеет возможность быть дана для верхнего гумусо-аккумулятивного горизонта основ (примерно до глубины 20-30 см) [52].

Вполне очевидно, что ОДК нефти и НП в почве не может быть единым для всех типов почв и природных зон. Он зависит от факторов, определяющих влияние вещества на свойства почв и растений, от потенциала самоочищения почв, от данного вида загрязнения. Главные из таких факторов – химический состав загрязняющего вещества, свойства и состав почв, физико-географические (главным образом, климатические) условия данной территории [53].

При количественных оценках уровня нефтяных загрязнений наибольшее распространение получили методы инфракрасной спектрофотометрии, ультрафиолетовой люминесценции, газовой и газожидкостной хроматографии.

ИК-спектроскопия. Все органические вещества имеют в инфракрасном диапазоне свои индивидуальные спектры поглощения. Положение полос поглощения в ИК-спектрах веществ характеризуется длиной волны  $\lambda$ , нм (мкм) [54]. Для ИК-анализа углеводородов используют диапазон от 0,7 до 25 мкм, который обычно подразделяют на три области: ближнюю – 0,7-2,5 мкм, область основных частот – 2,6-6 мкм, дальнюю – 6-25 мкм.

Ближняя ИК-область для аналитических определений в технологических и экологических целях в нашей стране в отличие от многих развитых стран практически не осваивается.

Наиболее широко используется область основных частот. Нормативные документы по анализу суммарного загрязнения окружающей среды нефтепродуктами с ИК-спектроскопическим окончанием регламентируют проведение измерений в интервале длин волн 3,3-3,5 мкм. Стандартная смесь,

содержащая 37,5% изооктана, 37,5% цетана, 25% бензола, предназначена для калибровки приборов в этой области [55].

Дальняя ИК-область используется в основном для идентификации источника загрязнения, а также для определения типов нефтей по показателю ароматизированности и для структурно-группового анализа [55].

Пробоподготовка для ИК-детектирования не вызывает сложностей. Анализ требует малого количества вещества любой молекулярной массы в любом агрегатном состоянии. После анализа вещество остается неизменным [56]. Принципиально новым шагом явилось создание лабораторных ИК-спектрометров на основе Фурье-преобразования. Большинство отечественных нефтепродуктов проводят измерение концентраций нефтяных загрязнений на одной длине волны. Следует выделить прибор ИКАН-1, в котором предусмотрена возможность установки любой длины волны в диапазоне от 1,85 до 3,5 мкм с индикацией ее значения на цифровом табло. Это дает принципиально новую возможность проводить анализ многокомпонентных смесей на нескольких длинах волн.

Существующие люминесцентные методы оценки нефтяного загрязнения характеризуются высокой экспрессностью и чувствительностью. Они позволяют определять микроэлементы, а также суммарное содержание загрязняющих органических веществ и индивидуальных органических соединений.

Приборы для люминесцентного анализа могут быть разделены на две группы: флуориметры и спектрофлуориметры. В флуориметрах используют светофильтры, а в спектрофлуориметрах – дифракционные решётки.

В нашей стране наибольшее распространение получил люминесцентно-фотометрический анализатор «Флюорат-0,2». В этом приборе источником возбуждения люминесценции служит газоразрядная лампа (для измерения нефтепродуктов - ксеноновая). Несмотря на высокую чувствительность люминесцентного метода, при использовании приборов типа «Флюорат-0,2» для измерения суммарного содержания НП возникает проблема калибровки

прибора по стандартному раствору, что необходимо для получения достоверных данных. Однако, до настоящего времени такой стандартный раствор для люминесцентных методов отсутствует. Стандартный раствор изооктан – цетан – бензол, используемый для ИК-спектрометрии, изготавливается на четырёххлористом углероде, который поглощает в рабочей области флуориметра, поэтому калибровку проводят по какому-либо известному НП, например маслу Т-22 [56]. В результате при измерениях «тяжёлых» НП (мазут и прочие) прибор может дать погрешность до 40-50%, а при определении «лёгких» НП (бензин и прочее) результаты измерений концентрации могут быть занижены в несколько раз. Следует отметить, что в европейских странах ультрафиолетовые методы анализа применяются мало [57].

Более многообещающими для прогноза нефтепродуктов с одновременной идентификацией и расшифровкой хим состава считаются способы газовой, газожидкостной или же высокоэффективной жидкостной хроматографии. Более распространён газохроматографический способ, тем более в сочетании с ИК-спектрометрией, позволяющий предопределять личные составляющие в консистенции нефтепродуктов, собственно что готовит данный способ анализа неперменным при установлении источника загрязнения основ, идентификации препаратов нефтяного происхождения в процессе биодegradации, при исследовании процессов разрушения нефтепродуктов.

Однако при выполнении массовых анализов его использование ограничено низкой производительностью и высокой стоимостью аналитических работ.

В базе всех предложенных способов лежит извлечение нефти и нефтепродуктов из проб органическими растворителями. Грунт считается довольно сложным объектом анализа, потому что её органическая доля достаточно сложна и многообразна по составу. В всякий основе находится от 1% до 15% органических препаратов в зависимости от на подобии земли. Дёрн оформляет 85-90% от совместного числа органического препараты земли. Не

считая сего, в основе находятся и необычные препараты: жиры, углеводы (целлюлоза, пектины, пентозаны, маннаны и т.д.), протеины, белки, аминокислоты, амиды, лигнины, дубильные препараты, терпены, смолы и т.п. Этим образом, при выборе растворителя нужно принимать во внимание трудный хим состав, как определяемого препараты – нефтепродукта, например и исследуемого объекта – земли [58].

Многие авторы отдают предпочтение гексану. Химические свойства гексана благоприятны для количественного извлечения нефтепродуктов из почвы. Этот растворитель используют для разработки ускоренных вариантов метода оценки степени загрязнения почв нефтью. Данная методика определения нефти и НП в почве основана на их экстракции из почвы при конденсации кипящего гексана в аппарате Сокстек.

Содержание нефтепродуктов в экстрактах определяют гравиметрическим методом после отгонки растворителя. В модельных опытах была изучена полнота экстракции нефти в зависимости от времени взаимодействия нефти и почвы. Установлено, что даже в первый день после добавления гексан извлекает всего 60-75% внесённого количества. Со временем степень извлечения имеет тенденцию к снижению [58].

По результатам хроматографического исследования анализа гексанового экстракта было показано, что гексан не извлекает гуминовые кислоты и другие неспецифические вещества почв. В тоже время гексан растворяет все группы углеводородов, за исключением асфальтенов и высокомолекулярных смол, содержание которых в нефтепродуктах обычно не превышает 2% [58].

К подлинному времени сотворено большое количество способов и устройств для экологического прогноза нефтей и нефтепродуктов. Впрочем вопрос о разработке более подходящих способов их определения и идентификации невозможно считать замкнутым, потому что у всякого способа есть собственные выдающиеся качества и дефекты. К что же, само понятие «нефтепродукт» очень нечетко, тем более с учётом непостоянства и контраста

состава нефтей и нефтепродуктов. Нужен прогноз нефтепродуктов с одновременной идентификацией и расшифровкой его химического состава.

Биодиагностика антропогенных перемен относится к экспрессным способам анализа и, не считая такого, выделяет всеохватывающую оценку экологического состояния земли. Есть большое количество био характеристик, с поддержкой коих оценивается положение основ. Более актуальными считаются интегральные характеристики био энергичности: токсичность, «дыхание», численность свободных аминокислот и белков. Напряженность дыхания земли считается самая вариабельной величиной и находится в зависимости от большущего числа моментов (температурного режима, влаги, состояния фитоценоза и др.). Для оценки экологического воздействия загрязнений нужно проводить сопоставление данных, приобретенных на различных участках в очень максимально ближайших критериях. Информативными считаются и иные характеристики, к примеру, ферментативная энергичность.

Попадание нефти и нефтепродуктов в основу приводит к изменению энергичности ведущих почвенных ферментов, собственно что воздействует на замен азота, фосфора, углерода и серы [59]. Устойчивые конфигурации в энергичности кое-каких почвенных ферментов имеют все шансы применяться в качестве исследовательских характеристик загрязнения основ нефтью. Комфортна для данной цели группа ферментов, объединяемых под совокупным заглавием почвенные уреазы. Для начала, они меньше подвержены влиянию иных экологических моментов и, во-2-х, выслеживается отчетливая подневольность их энергичности от степени загрязнения основ [60].

Использование микробов для оценки интегральной токсичности земли и создание на их базе всеохватывающей системы чувствительных, надежных и эконом биотестов считается многообещающей областью изучений. Почти все физические группы почвенных микробов показывают аффектация по отношению к нефтяным углеводородам.

Общая количество микробов, как правило, довольно внятно отображает микробиологическую энергичность земли, скорость разложения органических препаратов и круговорота минеральных составляющих. На основании предоставленного показателя возможно не лишь только осуждать о степени загрязненности земли нефтью, но и о ее вероятной возможности к восстановлению, а еще о процессах разложения нефти в натуральных природных критериях и при рекультивации грязных оснований [60].

Нефтяное загрязнение имеет возможность еще содействовать скоплению в основе микроскопических грибов, вызывающих болезни растений и фитотоксины [61]. Последнее событие играет существенную роль при разработке событий по фитомелиорации нефтезагрязненных территорий.

Конкретное влияние нефти на растительный покров в том, собственно что замедляется подъем растений, нарушаются функции фотосинтеза и дыхания, отмечаются всевозможные морфологические нарушения, крепко мучаются корневая система, листья, стволы и репродуктивные органы. Оперативную информацию о фитотоксичности грязной земли возможно получить, применяя в качестве тест-объектов семечки и проростки растений. Для удобства постановки исследований на токсичность семечки выбирают по объемам и скорости их прорастания. Нередко пользуют семечки редиса, кресс-салата, кукурузы, зерновых. В качестве тест-функции выступают характеристики всхожести семян, дружности и времени возникновения всходов, скорости удлинения проростков, конечный из коих является более чувствительным.

В природных экосистемах почвенные беспозвоночные широко используются для мониторинга на уровне комплекса видов [62].

Комплект тест-объектов из семян растений, микробов, почвенных беспозвоночных и ферментов возможно применить как в полном размере, например и отчасти, в зависимости от мотивированного предназначения изучений и степени нефтяного загрязнения земли. В случае если пробы с

почвенными ногохвостками и энергичность ферментов выделяют неплохую количественную характеристику токсичности земли при невысокой и средней степени ее загрязнения, то микробиологические исследования благоприятны для описания состояния сильнозагрязненных высокотоксичных оснований [63].

#### **1.4 Эффективность биологического метода очистки почв**

В зарубежной и российской практике восстановление нефтезагрязненных почв технические технологии рекультивации классифицированы по категориям *ex situ* и *in situ* [64].

Технологии *ex situ* используются для обработки загрязненной почвы, предварительно удаленной с поверхности выделенного участка земли. Изоляция и обработка загрязненных материалов вне участка позволяют применять особо сложные приемы обработки, которые могут быть более эффективными и быстродействующими, а также более безопасными для грунтовых вод, животного и растительного мира и местных жителей. Технология *ex situ* предусматривает обработку привезенных с участка разлива грунтов на специально оборудованных площадках. Вывозка загрязненного грунта позволит быстро ликвидировать загрязнение. После снятия слоя грунта на торфяниках вносятся минеральные удобрения, а на минеральных грунтах вносят дополнительно органические удобрения. Грунт, очищенный от нефти, для возврата на восстановленные участки должен иметь остаточное содержание нефти ниже установленного ОДК нефти. Технологии *in situ* имеют преимущество вследствие непосредственного применения их на месте загрязнения. Выбор и применение технологий *in situ* могут быть сделаны только на основании полученных данных о качестве обрабатываемой поверхности почвы. Кроме того, может потребоваться специализированная очистка загрязненной зоны. При неблагоприятных окружающих условиях

могут также возникнуть сложности по отношению к устойчивым загрязняющим веществам [64].

Технологии *in situ* используют биологические, механические и физико-химические методы [64]. Наиболее перспективными считаются биологические методы.

Лучшие итоги отмечаются при всеохватывающем способе рекультивации грязных оснований с внедрением агротехнологий с внесением минеральных удобрений и высевом трав мелиорантов. Это разработка ориентирована на активизацию аборигенной нефтеокисляющей почвенной микрофлоры и не настоятельно просит значимых вещественных расходов. Для фито рекультивации нефтезагрязненных территорий применяются более дешевые семечки однолетних и многолетних трав, обладающих развитой корневой системой, увеличенной стабильностью к нефтяному загрязнению земли, приспособленные к районным условиям. Био рекультивация - период рекультивации территорий, подключающий события по восстановлению их плодородия, осуществляемый впоследствии технической рекультивации [65].

Принято отличать в био рубеже восстановления территорий 2 направленности. 1-ое - это активизация разложения нефти в основе (восстановление почвы), 2-ое - восстановление растительного покрова. Выбор направленности находится в зависимости от начального состояния земли впоследствии технической рекультивации. Когда последующее проведение технической уборки уже не выделяет подабающего эффекта и имеет возможность замерзнуть предпосылкой ликвидации легкоуязвимых оснований, за это время активизация микробиологического разложения нефти в основе (биоремедиация) остается единственно вероятной мерой для ее доочистки [66].

Под термином биоремедиация принято воспринимать использование технологий и приборов, специализированных для био очистки оснований и водоемов, т. е. для удаления из земли и воды уже пребывавших в них загрязнителей. Самоочищение и самовосстановление почвенных экосистем, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, - это стадийный биогеохимический процесс модификации

загрязняющих препаратов, сопряженный со стадийным ходом восстановления биоценоза. Для различных природных зон продолжительность отдельных стадий данных процессов различна, собственно что связано в ведущем с почвенно-климатическими критериями условиями. Устройство самовосстановления экосистемы впоследствии нефтяного загрязнения довольно сложен. С поддержкой агротехнических способов возможно ускорить процесс самоочищения нефтезагрязненных оснований методом сотворения подходящих критерий для проявления вероятной энергичности микробов, входящих в состав натурального микробиоценоза [67].

Единственным реальным в настоящее время способом борьбы с последствиями разлива нефти и нефтепродуктов является комплекс работ, включающий механическое или физико-химическое удаление разлитых нефтепродуктов с последующей очисткой остающейся в почве нефти биологическими методами при помощи биодеструкции нефтеокисляющими микроорганизмами [68].

В также время, имеющие место быть в реальное время в РФ вещества оказываются мало действенными в всевозможных экстремальных почвенно-погодных критериях всевозможных ареалов РФ, в связи с чем для ликвидации масштабных результатов разливов нефти в реальное время нужен деятельный разведка и выделение аборигенных штаммов и разработка свежих веществ. Разработаны и деятельно внедряются большущее численность платных микробиологических веществ зарубежного и российского изготовления, этих как «Дестройл», «Путидойл», «Деворойл» и др [69].

Эффективен био способ чистки оснований, который заключается в направленной активизации почвенной микрофлоры, внесении микробных веществ, разлагающих нефть, а еще фиторемедиации — понижении загрязнения земли, основанного на стимуляции натурального почвенного общества нефтеокисляющих микробов в итоге их тесноватого взаимодействия с толерантными к нефти растениями [70,71].

Фиторемедиация разрешает деятельно рекультивировать гигантские земли с сравнительно невысокой, по сопоставлению с другими технологиями, ценой дел при хилом нехорошем воздействии на находящуюся вокруг среду. Время восстановления территорий сокращается в 3-4 раза [72,73].

Биопрепараты инициируют здешний почвенный биоценоз и делают подходящие обстоятельства для перехода нефтяных углеводородов в трудноокисляемое положение. Образуются органические соединения гумусоподобного нрава, позитивно действующие на почвенное плодородие. Сотворен весь ряд биопрепаратов, на базе деятельно разлагающих нефть микробов микробов семейств *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Azoto-bacter*, *Alkaligenes*, нитевидных актиномицетов *Streptomyces*, грибов *Aspergillus* и *Penicillium* и др [73].

Разложение нефти в основе обосновано не лишь только конкретным воздействием живых микробов, входящих в состав биопрепаратов, но и возможностью последних воздействовать на аборигенное микробное объединение земли, повышая его дееспособность утилизировать нефть. К этим веществам относится Альбит, имеющий натуральный естественный микробный полимер полибета-гидроксималяную кислоту из почвенных микробов *Bacillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens*, комплект макро- и микроэлементов, хвойный вытяжка и иные составляющие. Он инициирует здешний почвенный биоценоз и делает подходящие обстоятельства для перехода нефтяных углеводородов в трудноокисляемое положение. Образуются органические соединения гумусоподобного нрава, позитивно действующие на плодородие основ. Биопрепарат Альбит способен важно снижать нефтяное загрязнение основ. Скорость разложения нефти в основе под воздействием Альбита возрастает в среднем в 1,67-3,15 раза. В производственных опытах продемонстрировано, собственно что Альбит вместе с высевом нефтетолерантных травок за раз вегетационный сезон понижает нефтяное загрязнение земли в 1,5-10,0 раза[74,75].

## **1.5 Современные методы рекультивации почв загрязненных нефтяными углеводородами. (Зарубежный опыт)**

Утечка нефти и нефтепродуктов из трубопроводов всякий раз давало опасность экологической защищенности природных ресурсов, самочувствию и жизни людей. Ясно, собственно что на современном уровне становления нефтедобывающей индустрии не видится вероятным ликвидировать ее влияние на находящуюся вокруг природную среду, в связи с данным появляется надобность разработки свежих и улучшение имеющих место быть технологий восстановления нефтезагрязненных и нарушенных территорий [76].

Ниже приводится описание нескольких новых технологий, разработанных в зарубежных лабораториях.

В USA наиболее всераспространенным способом чистки грязных основ и грунтовых вод считается биовентиляция. Суть его заключается том, собственно что в грязную зону сквозь вертикальные или же горизонтальные скважины нагнетается воздух в числе, достаточном для обеспечения кислородом почвенных микробов, разлагающих органические соединения до  $CO_2$  и воды. Под воздействием струи воздуха водянистые загрязнения совместно с потоком воздуха транспортируются сквозь основу. К моменту заслуги ими плоскости гигантская доля загрязнений успевает разложиться под воздействием микробов. Что наиболее важно понижается загрязненность отходящих газов и уменьшаются издержки на его чистку [77].

Химическая разработка японской компании «ОБАЯСИ» гарантирует высшую уровень чистки от ядовитых органических препаратов до 25 названий. Для чистки участка площадью 15 кв. м потребуется обработка неизменным током напряжением 50 В с совокупным затратой электричества 5 кВт. Для удаления 90% кадмия, цианидов, свинца, хрома, ртути и мышьяка потребуется 3 месяца [78].

Электрокинетические технологии используются для очистки глинистых и суглинистых оснований и грунтов при абсолютной или же неполной водонасыщенности от токсичных металлов, цианидов, хлорорганики, нефти и нефтепродуктов. Ведущую роль тут играют процессы электроосмоса и электрофореза. Плюсом электрокинетической технологии считается высочайший уровень контроля и управления ходом очистки. Начальные концентрации экотоксикантов имеют все шансы быть снижены с 10-50 мг/кг до 1-10 мг/кг, собственно что абсолютно укладывается в имеющиеся места быть общепризнанных мерок [78].

Характеристики электрокинетического процесса: усилие на электродах 4-200 В, интенсивность поля 20-200 В/м, плотность тока 0.5-5.0 А/кв.м, расстояние между электродами 2-10 м, глубина их заложения - 2-5,0 м. Эффективность очистки - 80-99%. Достичь высочайшей очистки без использования химреагентов или же смесей ПАВ нельзя. Использование особых хим агентов понижает издержки электричества и времени на очистку. Цена очистки грунтов оформляет от 120 до 170 долл. USA за 1 м<sup>3</sup> [79].

Экстракция земли паром при повышенных температурах. Аналогично экстракции земли паром по технологии *ex situ*, использование предоставленной технологии настоятельно просит вспомогательного источника тепла. Вспомогательный нагрев наращивает летучесть препаратов, собственно что содействует больше абсолютному их удалению. В качестве источников тепла имеют все шансы играть жаркий воздух или же закачиваемый пар, электро/радиочастотный нагреватель. Идет по стопам брать на себя во забота вероятное взаимодействие ядовитых препаратов со средой. В зависимости от применяемого оснащения имеют все шансы достигаться всевозможные температуры нагревания субстрата. Предоставленная разработка имеет возможность быть применена по отношению к пестицидам, летучим органическим соединениям или же горючему. Выдающиеся качества: Ввиду такого, собственно, что загрязняющие препараты присутствуют под вакуумом, возможность попадания их в находящуюся вокруг природную среду понижается. Дефекты: Разработка имеет возможность оказаться неэффективной

ввиду присутствия гетерогенного субстрата. Излишнее увлажнение земли имеет возможность мешать удалению токсикантов. Разработка трудится лишь только в вадозной зоне (зона аэрации)[80].

Фотолиз применяется в последних случаях для деформации широкого ряда ядовитых органических препаратов, содержащихся в основе и/или воде методом фото- каталитического окисления или же теплового разложения. В рассматриваемом процессе применяется вакуумная экстракция для удаления загрязняющих препаратов из земли. Впоследствии конденсации загрязнения перемешиваются с полупроводниковым стимулом (например, диоксидом титана) и помещаются в реактор, оказавшийся под воздействием солнечного света или же УФ-облучения. Свет инициирует воспитание химически интенсивных частиц - гидроксильных радикалов, которые считаются сильными окислителями и разлагают загрязняющие препараты на наименее ядовитые. Кое-какие научно-исследовательские центры USA придумали методику проведения фотолиза органических загрязняющих препаратов, содержащихся как в твёрдых, например и в водянистых отходах. Внедрение предоставленной способа разрешает удалять эти препараты, как пестициды, взрывчатые препараты, красители, летучие органические соединения, растворители, кое-какие томные металлы, фураны, диоксины, ПХБ и др. с высочайшей степенью производительности. Выдающиеся качества: Предписанная разработка всецело разлагает ядовитые соединения в воде/почве. Разработка эффективна для удаления всевозможных классов загрязняющих препаратов до их малого содержания. Дефекты: Есть малочисленные крупномасштабные области использования и неадекватная информация о цене применения технологии. Био и телесное загрязнение взвешенными жесткими частичками или же осадками ограничивает эффективность предоставленной технологии [79].

Канадский способ рекультивации грунта, который не капризен к температуре, не требует транспортировки грунта и полигонов отходов, не требует инвестиций в специальную технику и постоянного технического

персонала. Способ очень гибкий, позволяет модифицировать, используя различные материалы, микробиологические препараты, удобрения.

На грунтовую подушку шириной 3 метра укладываются змейкой перфорированные пластмассовые трубы, которые вслед за тем засыпаются слоем гравия, щебня или же керамзита, или же материала на подобии «дорнит». На данную пористую подушку сэндвичем укладываются чередующиеся слои нефтезагрязненного грунта и удобрений. В качестве последнего применяется навоз, торф, опил, трава и минеральные удобрения, возможно добавлять микробиологические вещества. Гряда скрывается полиэтиленовой пленкой, в трубы сервируется воздух от компрессора соответственной мощности. Компрессор имеет возможность трудиться или же на горючем, или же на электроэнергии – в случае если есть включение. Воздух распыляется в пористой подушке и содействует резвому окислению. Трубы возможно применить неоднократно. Пленка предутверждает охлаждение; в случае если давать подогретый воздух и дополнительно утеплить гряду торфом или же «дорнитом», то метод станет эффективен и зимой. Нефть окисляется буквально всецело за 2 недели, остаток нетоксичен и на нем великолепно вырастают растения [80].

## **2 Анализ метода биологической очистки на нефтезагрязненных территориях ОАО «Томскнефть» ВНК**

### **2.1 Характеристика ОАО «Томскнефть» ВНК**

В настоящее время ОАО «Томскнефть» является акционером под эгидой «Газпромнефти», «Роснефти». Основной вид деятельности общества: Добыча нефти и газа на территории Томской и Тюменской областей.

На территории Томской области ОАО «Томскнефть» ВНК является основной компанией, которой занимается добычей нефти и газа. Данная компания является одним из крупнейших налогоплательщиков, чья доля составляет около 30 % от всех налогов в областной бюджет. ОАО «Томскнефть» ВНК также является одним из ведущих компаний Томской области по добыче нефти, и её доля составляет 65%.

В состав территории деятельности предприятия входит более 42 тысяч кв. км и свыше 26 тысяч кв. км лицензионных участков. Основной отличительной чертой географии работ является то, что месторождения разбросаны, а также труднодоступны из-за нахождения в труднодоступных Васюганских болотах и на неосвоенных землях. Данная компания имеет 24 лицензии на добычу нефти и газа на месторождениях Томской области, 7 лицензий на право пользования недрами в ХМАО, 7 лицензий на геологическое изучение с дальнейшей добычей углеводородного сырья. Кроме того, ОАО «Томскнефть» ВНК является агентом на разработку двух лицензионных участков ОАО «НК «Роснефть». Остаточные извлекаемые запасы предприятия составляют более 300 млн тонн.

Акционерами ОАО «Томскнефть» ВНК являются ОАО «НК «Роснефть» и ОАО «Газпром нефть», которым принадлежат по 50% акций Общества. Органами управления Общества являются:

- Общее собрание акционеров – высший орган управления Общества;
- Совет директоров – осуществление общего руководства деятельности Общества;

-Единоличный исполнительный орган – Генеральный директор – осуществляет руководство текущей деятельностью.

## **2.2 Исследование влияния нефтяного загрязнения на ферментативную и микробиологическую активность почвы при ее самовосстановлении**

Нефть и нефтепродукты считаются одними из ведущих загрязнителей находящейся вокруг среды и, в первую очередь, земли. Попадая в основу, нефтепродукты усугубляют совместную экологическую быт, значимо изменяя агрофизические и агрохимические качества основ. Они оказывают ядовитое воздействие на растения, при больших концентрациях крах живых организмов земли. В связи с данным, разработка методик чистки нефтезагрязненных основ – 1 из наиглавнейших задач при заключении трудности антропогенного влияния на находящуюся вокруг среду.

Разложение нефти и нефтепродуктов в основе в натуральных критериях – процесс биохимический. Напряженность деградации нефти располагается в прямой зависимости от био (ферментативной) энергичности активности земли, совместного числа почвенной микрофлоры и ее физической энергичности. В реальное время есть большое количество технологий рекультивации, основанных на углеводородокисляющей энергичности микробов. В базе их лежит стимуляция углеводородокисляющей аборигенной микрофлоры внесением поверхностно-активных препаратов (ПАВ). Эти меры ориентированы на совершенствование невесомого, аква и минерального режима земли.

**Биодеградация нефти в почве.** Самоочищение и самовосстановление почвенных экосистем, грязных нефтью и нефтепродуктами, это стадийный биогеохимический процесс модификации загрязняющих препаратов, сопряженный со стадийным ходом восстановления биоценоза. Для различных

природных зон продолжительность отдельных стадий данных процессов различна, собственно что связано в ведущем с почвенно климатическими критериями. Сосредоточение и хим состав загрязняющих препаратов, напряженность механических повреждений станут воздействовать на то, приспособится ли экосистема к свежим условиям и начнет восстанавливать собственные активные звенья или же она перейдет от метастабильного состояния к абсолютной деградации. Нефтяное органическое вещество при поступлении в основу подвергается разным влияниям, в что количестве и разложению. Различают 3 облика разложения нефти: био, хим, телесное. Солнечная радиация, температурный режим и влажность активно влияют на нефть и нефтепродукты в основе. Продолжительность всего процесса модификации нефти в всевозможных почвенно–климатических зонах различна: от нескольких месяцев до нескольких 10-ов лет. Скорость биodeградации нефти находится в зависимости от интенсивности солнечного света, сосредоточении биогенных составляющих, температуры, давления, сосредоточении воздуха, генетических регуляторных устройств, присутствия беспозвоночных животных. Механические и физиологические способы, но и ускоряют разложение нефти и нефтепродуктов, не имеют все шансы гарантировать их совершенного удаления из земли, а процесс натурального разложения загрязнений в основах очень длителен.

В согласовании с шагами биodeградации случается постепенная регенерация биоценозов. В состав нефти входят сотни элементах компонент, которые имеют различные свойства и токсичность. В, следствие этого в процессе биodeградации нефть считается субстратом цельного ряда микробов. Складывается трудная особая экосистема.

Основным и очень важным свойством, присущим микроорганизмам, является способность усваивать углеводороды в качестве единственного источника углеродного питания. На возможность окисления нефтяных углеводородов микроорганизмами указывал еще в 20-30-х годах выдающийся советский микробиолог Таусон.

Окисление углеводов выполняется в ведущем аэробными микробами с ролью ферментов оксидоредуктаз, при данном изначальное окисление настоятельно просит присутствия атмосферного воздуха в качестве акцепторов электронов. Например, как нефть, пропитывая структурные комочки, затрудняет доступ воздуха в их и, спасибо насыщенному развитию аэробных углеводородокисляющих микробов, в основе в одно и тоже время формируются аэробные и анаэробные зоны. Ведущими классами углеводов, входящими в состав нефти, считаются парафиновые, циклопарафиновые и ароматичные углеводороды. В итоге работы микробов случается перемена высококачественного и количественного состава нефти. Время существования всевозможных органических препаратов в основе имеет возможность исчисляться от нескольких часов (многоатомные фенолы) до нескольких лет и в том числе и веков. Доза препараты не содержит решающего смысла и не считается моментом, определяющим скорость разрушения. Доминирующими причинами считаются качества самих препаратов, их строение, конструкция.

В конечном счете, окисление углеводов завершается простым гетеротрофным обменом препаратов, довольно совокупным для всех микробов и основным к биосинтезу белков, углеводов, липидов и иных компонент клеток. Биотрансформацию углеводов обуславливают 2 фактора: присутствие трудных ферментов – оксигеназ – и присутствие клеточных приспособлений, обеспечивающих фиксацию гидрофобного субстрата углеводородной природы.

Процессы натурального формирования регенерационных биогеоценозов на грязных землях идут медлительно, при этом темпы развития всевозможных ярусов экосистемы различны. Для ускорения данных процессов, вполне вероятно, нужно внедрение ПАВ. Стимуляция микробиологической энергичности основ, грязных нефтью под воздействием ПАВ, по-видимому, связана с диспергированием нефти. Почвенные бактерии, ключевым образом, проживают в аква фазе и срабатывают лишь только в зоне контакта воды и

углеводородов ПАВ, вызывая диспергирование углеводородов нефти, обеспечивают самую большую площадь плоскости соприкосновения на единицу массы и, в соответствии с этим, больше высшую энергичность микробов деструкторов нефти. Не считая такого, обработка нефтезагрязненных основ ПАВами содействует понижению гидрофобности основ. Впрочем, внедрение ПАВ в любом отдельном случае надлежит быть строго обусловлено с тем, дабы ни сами ПАВ, ни продукты их разложения не стали добавочным источником загрязнения биосферы и не оказывали ядовитого воздействия на почвенный биоценоз.

**Микробиологическое окисление индивидуальных углеводородов нефти.** Био процессы, возможно рассматривать как ряд трудных хим реакций, совокупных для животного, и растительного мира, но ни 1 из данных реакций не считается так специфичной для живого препараты, дабы не быть в принципе знакомой в органической химии. Более свойственны для актуальной материи реакций гидратации и дегидратации, этерификации и гидролиза, конденсации, окисления и восстановления. В живом организме похожие реакции ускоряются био катализаторами – ферментами. Воздействие ферментов идентично деянию хим катализаторов: они не вызывают реакции, и не принимают участиеучаствуют в ней, но важно активизируют ее протекание. Ферменты предполагают собой высокоспецифичные катализаторы.

Все био системы, в что количестве мельчайшие организмы, получают энергию за счет окислительных процессов. Био (или, собственно что одно и то же, биохимическое) окисление случается почаще всего в итоге дегидрогенизации больше или же наименее восстановленного продукта. Энергия, вырабатываемая био системами, сберегается и применяется в облике высокомолекулярных связей. Эти связи скапливаются в организме и используются по мере необходимости как информаторы энергии. Внедрение микробами углеводородов возможно предположить как процесс, в котором восстановленные соединения окисляются в ходе нормальных хим реакций при участии катализаторов ферментов. В особых обзорах приводятся данные о том,

собственно что буквально все углеводороды в той, или же другой степени имеют все шансы подвергаться микробиологическому окислению.

Навык исследования закономерностей усвоения микробами углеводородов демонстрирует, собственно что мельчайшие организмы владеют конкретной избирательной возможностью к окислению субстрата; их ферментные системы приспосабливаются к конкретным группам углеводородов. Так, мельчайшие организмы более проворно и действенно развиваются на жестких и парафинах и некоторое количество медлительнее на водянистых и газообразных и парафинах. Изоалканы больше стойки к микробам, чем алканы обычного строения, в конце концов, менее уязвимыми оказываются соединения ароматического ряда.

**Ферментативная активность нефтезагрязненных почв.** Ведомо, собственно что с окислительно-восстановительными процессами, происходящими при участии всевозможных ферментов, связан распад нефтяных углеводородов в основе. Важными и обширно всераспространенными у почвенных микробов деструкторами нефти считаются ферменты дегидрогеназы, характеризующие совместную метаболическую энергичность почвенной микрофлоры, и каталазы, осуществляющие распад всевозможных перекисей, и в конкретных критериях играющие значительную роль в кислородном балансе земли. Степень их энергичности в основе считается конкретным аспектом состояния земли в отношении самоочищающейся возможности от нефтяных ингредиентов: дегидрогеназа воспринимает конкретную роль в разложении углеводородов, а высокоактивный воздух, возникающий при участии каталазы, гарантирует легкодоступным кислородом мельчайшие организмы, участвующие в процессах разложения углеводородов. Не считая такого, перемена энергичности каталазы в нефтезагрязненной основе связывается с переменной количества микробов, тем более углеводородоокисляющих.

Окислительно-восстановительные ферменты при воздействии на основу всевозможных концентраций углеводов разнообразно показывают собственную энергичность. Так, и парафины и циклопарафины наращивают дегидрогеназную энергичность во все сроки исследования. Введено, собственно что дегидрогеназа – раз из ферментов, участвующих в биодegradации нефтяных углеводов. Нарращивание дегидрогеназной энергичности при воздействии рассматриваемых ксенобиотиков говорит о увеличении жизнедеятельности микрофлоры и интенсивности процессов биоразложения. Впрочем энергичность фермента дегидрогеназы, отлично иллюстрирующая напряженность окислительно-восстановительных процессов, происходящих в основах, важно ингибируется под действием ароматических углеводов, собственно что говорит о токсичности данной фракции. Подобным образом показывают себя отдельные углеводороды по отношению к другому окислительно-восстановительному ферменту – каталазе. Сокращение каталазной энергичности при воздействии ароматических углеводов обосновано, бесспорно, сокращением количества аэробной микрофлоры и наличием бензольного ядра в их молекулах.

Этим образом, перемена энергичности окислительно-восстановительных ферментов дегидрогеназы и каталазы находится в зависимости как от интенсивности и продолжительности загрязнения, например и от хим состава препараты и качеств самой земли. Возвращение в начальное положение энергичности дегидрогеназы и каталазы, имеет возможность охарактеризовывать вероятную дееспособность земли к окислению и degradation нефтепродуктов.

Ведущими оксидоредуктазами, катализирующими процесс гумусообразования, считаются полифенолоксидаза и пероксидаза. Введено, собственно что почвенные фенолоксидазы играют весомую роль в процессах гумификации, оказывают защитное воздействие, разлагая всевозможные ксенобиотики. Оба фермента принимают участие в окислении ароматических соединений оксibenзолов до хинонов и последующей их конденсации в

молекуле гумусовых препаратов. В то же время ведомо, собственно что воздействие пероксидазы нацелено на окисление гумусовых препаратов (и иных фенольных соединений) как единственных источников энергии и в следствие этого является, собственно что она воздействует на минерализацию гумусовых препаратов.

Полифенолоксидазы принимают участие в превращении органических соединений ароматического ряда в составляющие дерна. Они катализируют окисление оксибензолов (моно-, ди-, три-) до хинонов в пребывании воздуха воздуха. Хиноны в надлежащих критериях при конденсации с аминокислотами и пептидами образуют первичные молекулы гуминовой кислоты.

Невысокие сосредоточения сначала иницируют энергичность данных ферментов, наверное, за счет фенольных соединений, содержащихся в нефти. Наверное, пероксидаза врубается в процесс детоксикации, а полифенолоксидаза – в процесс модификации товаров деградации нефти в составляющие дерна. Впрочем средние и высочайшие дозы нефти оказывают ингибирующее воздействие. Бесспорно, при больших концентрациях ингибирующее воздействие связано с наличием в нефти иных, больше ядовитых компонент.

### **2.3 Сравнительная характеристика рекультивации земель в биологическом методе**

Рассмотрим два метода рекультивации земель на нефтезагрязненных территориях, а именно для районов Крайнего Севера:

1)микробиологический, с использованием биопрепарата «МД-сухой, жидкий»;

2)комплексный метод, с использованием выделенных из аборигенной микрофлоры культуры микробов – деструкторов и трав мелиорантов.

В качестве объектов исследования рассмотрим два примерно одинаковой давности загрязненных участков, рекультивированных различными методами биологической очистки.

При исследовании участков составлялись паспорта, проводился отбор проб почв на содержание нефтепродуктов.

Для более достоверной оценки эффективности рекультивации в качестве исследуемых объектов использовали по два участка рекультивированных одним методом в разных лесорастительных условиях.

Первый участок расположен на Западно-Останинское месторождении на территории Парабельского лесничества Томской области. Общая загрязнённая площадь составляла 0,26 га. Растительность представлена. Тип почвы болотно-подзолистая, род низинная. Используемый метод рекультивации: комплексный метод с использованием выделенных из аборигенной микрофлоры культуры микробов – деструкторов и трав мелиорантов.

Второй участок имеет место на Лугинецком месторождении, расположенного также на территории Парабельского района. Общая загрязнённая площадь составила 1,2 га. Тип почвы: торфяные - болотные, род верховой. Используемый метод рекультивации: микробиологический, с использованием биопрепарата «МД-сухой, жидкий».

Нами представлены паспорта на данные участки загрязнённых земель. Рассматривая почвенные условия на опытных участках, нами отмечается их однотипность. Почвы диагностируются как болотно-подзолистые и формируются под воздействием болотного и подзолистого почвообразовательного процесса.

После аварийного разлива нефтепродуктов растительность на исследуемых участках погибла полностью. Площадь, местоположение и количество нефтепродуктов в почве представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень обследованных рекультивированных участков нефтезагрязненных земель.

№	Местоположение	Площадь, га	Количество нефтепродуктов, г/кг
1	Западно-Останинское м/р. ГКН 2122 м., ВНК 2256 м. (Парабельский район Томской области) (60,408564° С.Ш., 72,769149° В.Д.)	0,26	70,23
2	Лугенецкое м/р. ГКН 2222 м., ВНК 2244 м. (Парабельский район Томской области) (58° 09.42С.Ш., 78° 52.22В.Д.)	1,2	71,25

Рекультивация участка 1 проводилась комплексным методом с использованием выделенных из аборигенной микрофлоры культуры микробов-деструкторов и трав мелиорантов. Технология рекультивации включала: рыхление почвы путем фрезерования на глубину 20-30 см с одновременным внесением минеральных удобрений от 300 – 900 кг на 1 га и аборигенной культуры микробов-деструкторов от 120 – 200 кг на 1 га с последующим посевом трав-мелиорантов от 20 – 40 кг на га.

Таблица 2 – Паспорт участка №1, параметры оценки эффективности рекультивации

Содержание нефтепродуктов в почве (г/кг)	1,86 ± 0,74
Проективное покрытие живым надпочвенным покровом (%)	90
Наличие визуальных признаков нефтяного загрязнения в профиле почвы (есть/нет)	нет
Густота произрастания растений (шт/м <sup>2</sup> ) Наличие лишенных растительности пятен диаметром более 50 см (есть/нет)	82 нет
Дополнительная информация	
Местоположение	Западно-Останинское м/р. ГКН 2122 м., ВНК 2256 м. (Парабельский район Томской области) (60,408564° С.Ш., 72,769149° В.Д.)

Площадь (га)	0,2632
Степень загрязнения	-
Инвентаризация отходов (металлический лом, старые буровые штанги и т.д.)	Промышленные отходы (бревна, трос, полиэтилен, металлические трубы).
Наличие нефти	-
Состояние растительного покрова	Удовлетворительное
Интенсивность разрушения или деградации исходных природных комплексов	Слабая
Интенсивность восстановления разрушенных и (или) деградированных природных комплексов	Активное
Ландшафт: (болото низинное, верховое, лес, пойменный луг, луг, промплощадка)	Заболоченный березово-сосновый кустарничково-зеленомошный лес
Тип почвы	болотно - подзолистые
Характер растительности (редкий или частый подрост березы, осины; сухостойный лес; отдельные группы деревьев по краям, в центре; сухостой или травостой; редкий или частый кустарник; кедрач, редкий лес; единичные деревья (ель, сосна, береза, ива, осина); высота	По всей площади рекультивированного участка– активное формирование надпочвенного растительного покрова (полностью зарос травяной растительностью – преимущественно осоками, злаковыми). По краю – частая береза, осина (8-10м).
Приближенность к водным объектам (наименование объекта, расстояние, направление)	На удалении от водных объектов (в 2,5 км к северо-востоку - р.Чижакпа).

Рекультивация участка 2 проводилась биологическим методом с использованием биопрепарата «МД- сухой, жидкий» разработан ООО «ЭКОЙЛ». Технология рекультивации включала: вспашку, рыхление нефтезагрязненного слоя почвы на глубину 10-15 см, обработку участка биологическим препаратом из расчета 3—15 кг на 1 га путем нанесения рабочего раствора в дозе 0,5—1 л на м<sup>2</sup> с использованием имеющейся техники. Описание данного препарата приводиться в таблице 4.

Таблица 3 – Паспорт участка №2, параметры оценки эффективности рекультивации

Содержание нефтепродуктов в почве (г/кг) Проективное покрытие живым надпочвенным покровом (%)	15,21 ± 6,12 9
Наличие визуальных признаков нефтяного загрязнения в профиле почвы (есть/нет)	есть
Густота произрастания растений (шт/м2)	13
Наличие лишенных растительности пятен диаметром более 50 см (есть/нет)	есть
Дополнительная информация	
Местоположение	Лугенецкое м/р. ГКН 2222 м., ВНК 2244 м. (Парабельский район Томской области) (58° 09.42С.Ш., 78° 52.22В.Д.)
Площадь	0,5 га
Степень загрязнения	Средняя степень
Инвентаризация отходов (металлический лом, старые буровые штанги и т.д.)	Неликвидные порубочные остатки.
Состояние растительного покрова	Неудовлетворительное
Интенсивность разрушения или деградации исходных природных комплексов	Слабая
Интенсивность восстановления разрушенных и (или) деградированных природных комплексов	Средняя
Ландшафт: (болото низинное, верховое, лес, пойменный луг, луг, промплощадка)	Елово-березовый с пихтой и кедром мелкотравно-бруснично-зеленомошный лес
Тип почвы	торфяные болотные верховые
Характер растительности (редкий или частый подрост березы, осины; сухостойный лес; отдельные группы деревьев по краям, в центре; сухостой или	По нефтезагрязненной территории – преимущественно осока, пушица. На техногенных грунтах – подрост березы, кустарник (до 5 м), разнотравье

Продолжение таблицы 3

травостой редкий или частый кустарник; кедрач, редкий лес; единичные деревья (ель, сосна, береза, ива, осина); высота; Состояние древостоя (живой, мертвый, усыхающий)	(доминируют пионерные виды). По краю разлива – береза (до 10м), кустарник.
Приближенность к водным объектам (наименование объекта, расстояние, направление)	1,9 км к западу от р. Екыльчак
Приближенность к населенным пунктам	В 30 км к северу от г. Кедровый
Примечания	Толщина пленки нефтепродуктов до 0,003м Глубина проникновения загрязнителя по профилю почвенного покрова до 0,1 м.

Таблица 4 – Характеристика биопрепарата «МД-сухой»

<b>Регион применения технологии</b>	Все регионы России. Температурный диапазон активности препарата: 2-45°C, pH диапазон активности препарата: 4-10.
<b>Для каких типов почв (грунтов) может применяться</b>	Грунты и воды, загрязненные нефтью и нефтепродуктами.
<b>Место осуществления очистки почв (Ex situ, In situ)</b>	In situ
<b>На какой уровень загрязнения ориентирована технология</b>	При низкой концентрации загрязнения (до 50 г/кг) препарат вносится без дополнительных мероприятий. При загрязнении от 50 до 150 г/кг сначала вносится структуратор для снижения концентрации. При загрязнении выше 150 г/кг (до 500 г/кг) производится откачка свободных нефтепродуктов, нефтешлам отправляется на специальную площадку для рекультивации, в него вносится структуратор, затем применяется биопрепарат «МД-сухой».
<b>Возможность снижения степени загрязнения грунта до уровня</b>	Эффективность биопрепарата: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мазут — 95 %;</li> <li>• Технические масла — 97 %;</li> <li>• Бензин — 98 %.</li> </ul>
<b>Время, затрачиваемое на полное восстановление</b>	8-12 месяцев
<b>Техническое обслуживание</b>	Не требуется
<b>Исходные сведения,</b>	Площадь и глубина загрязнения; исходная концентрация

Продолжение таблицы 4

<b>необходимые для планирования и осуществления полного восстановления</b>	нефтепродуктов в почве; вид нефтепродукта; состав грунта.
<b>Расход на единицу площади/объема</b>	Норма расхода препарата: 20-100 кг/га.
<b>Стоимость очистки почв (грунтов)</b>	4200 руб./кг (без учета транспортных расходов)
<b>Безопасность технологии</b>	Препарат не токсичен, не обладает канцерогенным и кумулятивным действием, не пожароопасен, относится к III – IV классу опасности.

Биопрепарат МД-сухой, преимущества:

- возможность применения в широком диапазоне температур и pH;
- позволяет снизить в максимально короткие сроки уровень загрязнения путем подбора специфической ассоциации штаммов-деструкторов, оптимальной для данного типа загрязнения.

Недостатки:

- при высоком уровне загрязнения необходимы дополнительные мероприятия;
- значительное увеличение цены при объемных работах.

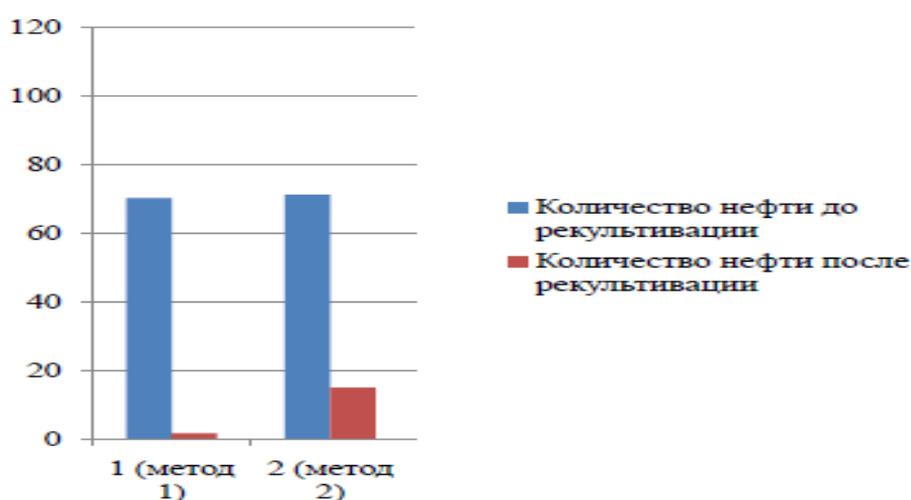


Рисунок 1 – Содержание нефтепродуктов в почвах опытных участков (ОУ) до и после рекультивации, г/кг (\*ОУ - опытные участки)

Из предоставленных данных видно, что количество нефти до рекультивации превышало допустимые величины в 3,5 – 4,5 раза и варьировала по опытным участкам от 65 до 98 г/кг. В дальнейшем после проведения рекультивации их количество снизилось до 1,86 г/кг (ОУ 1) – 21,6 г/кг (ОУ 2), где достигло практически порога допустимой концентрации.

Таким образом, лучшим методом очистки можно признать первый вариант (ОУ-1), который включает комплексную рекультивацию. В данном варианте использовались микроорганизмы – деструкторы, а также проводился посев многолетних трав. Содержание нефти до 1,86 г/кг.

При сравнительном анализе проективного покрытия исследуемых участков выявлено значительное увеличение показателя на опытном участке 1 рекультивированным комплексным методом в сравнении с методом 2 (с применением биопрепарата) на которых восстановление растительных формаций проходило очень медленно. На ОУ- 1 проективное покрытие достигает 90%.

В таблице 5 рассмотрены видовой состав и фитомасса живого напочвенного покрова после проведения рекультивации нами отмечается значительная разница. Так лучшим вариантом можно считать ОУ-1 с проведенной нами рекультивацией комплексным методом. В данном варианте общая фитомасса составляет 290,2 г/м<sup>2</sup>. В формировании главного напочвенного покрова участвуют многолетние травы, которые были внесены при проведении биологического этапа рекультивации. К ним относятся овсяница обыкновенная 84,9г/м<sup>2</sup> ( 29,4 %), кострец 7,1 г/м<sup>2</sup> (2,4 %), а также ежа сборная 10,2 г/м<sup>2</sup> ( 3,5 %). На аборигенные виды приходится 64,7 %, а их фитомасса составляет 188г/м<sup>2</sup>. В остальных вариантах видовой состав значительно уменьшается от 4 до 7-9 (ОУ-2). Данный факт подтверждает низкую эффективность метода 2.

На ОУ-2 видовой состав растений состоит из 9 видов, а общая фитомасса составляет 75,7 г/м<sup>2</sup>, ниже чем на ОУ-1 в 3,8 раза. В видовом составе главного напочвенного покрова приходится на Плеуроциум Шребера до 27% при фитомассе 25,1 г/м<sup>2</sup>. Высока доля участия в нем осоки

большехвостой 12,9 г/м<sup>2</sup> или 15,4%, а также хвоща лесного 9,5 г/м<sup>2</sup> (11%) и линнеи северной до 13,2 г/м<sup>2</sup> (17%). Наименьшее участие отмечено у багульника болотного до 2,3% и фитомассой в 1,7 г/м<sup>2</sup>. Близким по видовому составу (7 видов) и фитомассе 81,2 г/м<sup>2</sup> является живой напочвенный покров на ОУ-2. Здесь был использован тот же метод рекультивации, основанный на применении препарата «МД-сухой, жидкий».

Таблица 5 – видовой состав и фитомасса живого напочвенного покрова

№ пп	Виды растений	Номер опытного участка	
		1	2
1	Багульник болотный ( <i>Lédum palústre</i> )	4,1/1,4	1,7/2,3
2	Брусника ( <i>Vaccínium vítis-idaéa</i> )	-	9,1/12,4
3	Кипрей болотный ( <i>Epilobium palustre</i> )	4,7/1,6	5,5/9,1
4	Линнея северная ( <i>Linnaea borealis</i> )	-	13,2/7
5	Черника ( <i>Vaccínium myrtíllus</i> )	0,4/0,1	-
6	Осока большехвостая ( <i>Carex macroua</i> )	15,0/5,1	12,9/15
7	Седмичник европейский ( <i>Trientalis europaéa</i> )	0,4/0,1	-
8	Хвощ лесной ( <i>Equisétum sylváticum</i> )	9,4/3,2	9,5/11
9	Майник двулистный ( <i>Maiánthemum bifólium</i> )	-	1,7/2,3
10	Кукушкин лён ( <i>Polýtrichum commúne</i> )	10,9/3,7	-
11	Плеуроциум Шребера ( <i>Pleurozium Schreberi</i> )	9,1/23,9	25,1/27
12	Сфагнум торфяной ( <i>Sphágnum</i> )	-	2,7/4,2

Объективная оценка восстановления экосистем не возможна без мониторинга за основными критериями почвенного плодородия. Именно почва является не только следствием жизни на Земле, но и обязательным условием для существования биоты.

Основными показателями плодородия являются структура, механический состав, реакция почвы, рН, содержание гумуса, а также обеспеченность основными питательными веществами.

На всех двух участках, почвы диагностируются как болотно-подзолистые. Она формируется под влиянием подзолистого почвообразовательного процесса на который накладывается болотный. Необъемлемыми признаками постоянного или длительного избыточного увлажнения является накопление органических остатков в виде торфа и оглеения минеральной части. Наличие в верхней части профиля торфа определяет высокая степень накопления поступающей нефти в данном генетическом горизонте. В результате возрастает объемный вес почвы и ее плотность. Следовательно, наряду с химическим и ухудшаются физические, физико-механические, водные и воздушные свойства.

Анализ приведенных данных позволяет сказать, что наибольшее снижение концентрации нефтепродуктов наблюдается на участке 1 (96,5 %) рекультивированных методом 1. На участке 2 наблюдается снижение концентрации нефтепродуктов на 83% (метод 2).

На участке 1 рекультивированным комплексным методом (метод 1) показатели соответствуют всем предъявляемым требованиям. На участке 2 рекультивированных микробиологическим методом с использованием биопрепарата «МД-сухой, жидкий» (метод 2), наблюдается соответствие по нормативу содержания нефтепродуктов в почве, по остальным параметрам участка не соответствуют требованиям.

Таким образом, в результате исследований сделаны следующие выводы:

1. Лучшим методом очистки является первый вариант (ОУ-1), он включает комплексную рекультивацию. В нем использовались

микроорганизмы – деструкторы и проводился посев многолетних трав. Содержание нефти снижается до 1,86 г/кг.

2. Также эффективным признается и вариант 2, который отвечает требованиям ПДК (до 20 г/м<sup>2</sup>), там содержание нефти составляет 15,2 г/кг.

Лучшим может быть признан вариант с использованием комплексного метода. Здесь наблюдается снижение показателя с 1,38 до 1,1 г/см<sup>3</sup>. При этом почва уже оценивается как рыхлая.

Отмечено снижение Н гидролитической кислотности, лучший вариант на ОУ-1 где она упала с 3,48 до 2,94 мг.экв./100г. Данный процесс оценивается положительно. В худшем варианте показатель Н (гидролитическая кислотность) снизился незначительно с 3,29 до 3,18 мг.экв./100г. (по 3 методу).

Таким образом, в результате комплексной оценки, нами рекомендуется метод 1 с использованием выделенных из аборигенной микрофлоры культуры микробов-деструкторов и трав мелиорантов. Данный метод несмотря на его затратность позволяет интенсифицировать как процессы разложения нефти в почвах, так и малый биологический круговорот в целом.

### **3 Сравнительный экономический анализ биологических методов рекультивации**

Земли, в зависимости от степени загрязненности нефтепродуктами, условно можно разделить на три группы:

1. Слабо загрязненные (с содержанием углеводородов до 50 г/кг почвы).
2. Средне загрязненные (с содержанием углеводородов от 50 до 150 г/кг почвы).
3. Сильно загрязненные (с содержанием углеводородов от 150 до 500 г/кг почвы).

В ликвидации слабых загрязнений целесообразно применить технологии, включающие очистку почв с использованием бактериологических штаммов вместе с аэрацией, удобрением и поливом почвы. Однако, применение таких технологий, резко зависят от климатических и экологических условий. Следовательно, разработанный бактериальный препарат должен быть адаптирован к конкретным условиям внешней среды.

Средние загрязнения почвы нефтепродуктами целесообразно проводить методом рекультивации, предусматривающим сбор с поверхности участка разлитой нефти сорбентами, рыхление загрязненного слоя грунта с одновременным внесением в него бактериологических штаммов, минеральных удобрений и посев семян районированных трав.

При сильных загрязнениях грунтов нефтью рекультивация, как правило, проводится в два этапа. На первом этапе осуществляют оконтуривание загрязненных ареалов дренажными канавами и приемными шурфами, сброс в них нефтесодержащей жидкости, перекачку ее в накопительные емкости, осушение поверхности загрязненных участков, разделение и очистку компонентов собранной жидкости, повторное использование воды и жидких углеводородов. Реализация данного этапа существенно осложнена необходимостью разделения загрязненных жидкостей (эмульсий) на нефть

(нефтепродукты) и воду. В ходе проведения второго этапа рекультивационных работ, производят срезку с частично обезвоженных участков загрязненных грунтов, транспортировку и очистку их от жидких углеводородов моющими жидкостями в смесителях. Обезвреженные грунты возвращают на поверхность рекультивируемых участков, а моющие жидкости после очистки повторно используют для отмывки новых партий загрязненного грунта. Возможен вариант без выемки грунта: устанавливают перфорированные трубы в грунт и под давлением в них закачивают горячую воду или специальное биоразлагаемое моющее вещество. После собирают жидкость с нефтью и разделяют ее. На конечной стадии проводят сбор оставшихся нефтепродуктов сорбентами, добавляют в грунт бактериологические штаммы, посев семян многолетних эндомичных трав (овсяницы луговой, тимофеевки луговой, и др.) при одновременном внесении в почву торфа и минерального удобрения.[

Следует отметить, что несмотря на перспективность применения данных препаратов недропользователи зачастую относятся к подобным технологиям скептически из-за их относительно высокой стоимости, узкого диапазона применения. Действительно, рекультивация почв с применением микробных препаратов-нефтедеструкторов является весьма сложным и неоднозначным по результативности процессом, эффективность которого зависит от большого количества факторов (климат, состав почвы, аэрация и т.д.). Объективные сложности, сопутствующие применению микробных препаратов-биодеструкторов обусловлены, в первую очередь, условиями роста и жизнедеятельности микроорганизмов, входящих в их состав. Эффективность планируемых работ с биопрепаратами зависит от следующих факторов:

1. Количество вылившихся нефтепродуктов, площадь, глубина и степень загрязнения почв и вод;
2. Возраст загрязнения и, соответственно, текущий состав нефтепродуктов;
3. Продолжительность вегетационного периода (с круглосуточно положительными значениями температуры воздуха и

поверхности почвы);

4. Тип, влагосодержание, кислотность и другие физико-химические параметры загрязнённой почвы или нефтешлама, их целевое назначение, а также особенности местного микробиоценоза, растительности;
5. Возможность принудительной аэрации загрязнённого объекта.

В тоже время, ни один из перечисленных методов рекультивации не является полностью оптимальным и самодостаточным. Таким образом, для ликвидации нефтяных загрязнений и восстановления нефтезагрязненных территорий необходимо сочетание различных методов воздействия на загрязнитель (механические, физико-химические и биологические).

Следует отметить, что только комплексный подход позволяет с максимальным эффектом обезвреживать загрязненную нефтепродуктами землю.

В структуре затрат сравниваем два метода рекультивации и определяем наименее затратный. Первый метод комплексный с использованием выделенных из аборигенной микрофлоры культуры микробов-деструкторов и трав мелиорантов. Этот метод был использован на Западно-Останкинском месторождении (участок №1). Вторым методом, биологический с использованием препарата «МД-сухой» был применен на Лугинецком месторождении (Участок № 2).

Рассмотрим на двух участках этапы проведения рекультивации нефтезагрязненных земель, расположенных на болотно – подзолистых и торфяных болотных почвах. Технология проведения рекультивации земель состоит из подготовительного, технического и биологического этапа. Перечень мероприятий входящих в подготовительный этап:

- обследование участка;
- отбор проб почвы;
- установка аншлагов на действующих коммуникациях, определение мест заезда на участок болотоходной техники;
- фотографирование участка до рекультивации.

На техническом этапе рекультивации происходит Доставка рабочего персонала, материалов и техники к месту проведения работ (вахтовый автобус, самосвал.).

В биологический этап входит:

- Подготовка и внесение рабочего раствора биодеструктора методом дождевания (мотопомпа);
- Фрезерование фрезой болотной;
- Ручная доработка необработанных техникой мест;
- Ручной посев семян многолетних трав;
- Контроль качества проведения биологического этапа рекультивации;
- Сдача участка;
- Фотографирование участка после рекультивации;
- Подготовка пакета документов для сдачи участка.

Более подробно рассмотреть технологию рекультивации земель можно в Приложении Б.

В таблице 7 представлена структура затрат по двум методам, нужно рассчитать их сметную стоимость. И в конечном итоге получится результат, в котором можно будет увидеть какой метод наименее затратный. Сравнение затрат происходит по нормативам приходящих на 1 га.

Таблица 7 – Сравнение затрат на проведение рекультивации по выбранным методам на, руб./га

Проводимые работы	Комплексный	Биологический с использованием МД-сухой
	Затраты, руб.	
<i>Обследование участка</i>		
Отбор точечных проб для анализа на загрязненность по химическим показателям: почво-грунтов на содержание нефтепродуктов	2500,00	2500,00
Итого:	2500,00	2500,00

Продолжение таблицы 7

<i>Технический этап рекультивации</i>		
Очистка площадей от кустарника и мелкоколосья вручную при средней поросли	7448,40	7448,40
Сжигание с перетряхиванием валов из кустарников, мелкоколосья и корней корчевателями-собираателями на тракторе мощностью 59 (80) кВт (л.с.), кустарник и мелкоколосье средние	6352,84	6352,84
Итого:	-	8 734,82

*Биологический этап рекультивации*

Приготовление рабочего раствора биодеструктора	594,36	594,36
--	--------	--------

Продолжение таблицы 7

Внесение рабочего раствора методом дождевания (мотопомпа)	170,49	170,49
Обработка почвы вручную	15642,00	15642,00
Внесение удобрений вручную	197 496,00	-
Азофоска марки 1:1:1 насыпью	432,36	432,36
Раскислитель почвы	-	5 652,64
Рыхление почвы	3 713,76	3 713,76
Обработка препаратом «МД-сухой»	-	318 275,00
Посев многолетних трав вручную вручную	9 775,20	9 775,20
Посадка черенков ивы	11 934,00	11 934,00
Аммиачная селитра	1945,00	1945,00
Итого прямые затраты по смете в текущих ценах	242 135,53	368 567,17
Прочие затраты 3%	7 264,00	11 057,01
Накладные расходы 25%	60 533,88	92 141,79
НДС 18 %	43 584,39	66 342,09
Итого по всем работам:	353 517,80	538 108,06

Анализируя данную таблицу по сравнению затрат на проведении рекультивации по выбранным методам, отличительной чертой в первую очередь является применение биопрепарата «МД-сухой».

Рассмотрим структуру затрат для каждого метода в отдельности. В комплексный метод входят такие работы как:

- Отбор точечных проб для анализа на загрязненность по химическим показателям: почво-грунтов на содержание нефтепродуктов составили 0,7 % от общей суммы затрат, которые непосредственно входят в подготовительный этап.
- В техническом этапе очистка площадей от кустарника и мелколесья составило 2,1 % от общей суммы затрат. Сжигание с перетряхиванием валов из кустарников составило 1,8 %.
- На биологическом этапе комплексного метода были применены такие работы как: Приготовление рабочего раствора биодеструктора, что составило 0,2% по отношению ко всем работам. Внесение рабочего раствора методом дождевания – 0,04. Обработка почвы вручную – 4,4%. Внесение удобрений вручную – 55,6%, что составляет основную часть работ по структуре затрат комплексным методом, так как основным данного метода является использование выделенных из аборигенной микрофлоры культуры микробов – деструкторов и трав – мелиорантов. Азофоска марки 1:1:1 насыпью – 0,12%. Рыхление почвы – 1,05%. Посев многолетних трав вручную вручную – 2,7%. Посадка черенков ивы – 3,37. Аммиачная селитра – 0,5%. Прочие затраты – 3% в них входит топливо на техническое обслуживание оборудования. Накладные расходы – 25% в них входит эксплуатация оборудования и приобретение и транспортировка.

Проанализировав каждый показатель структуры в отдельность, следует сделать следующий вывод, о том, что основным показателем и процессом является применение удобрений выделенных из аборигенной микрофлоры

культуры микробов – деструкторов и трав – мелиорантов и составил от общей стоимости затрат 55,6 %. Итого по сумма по затратам составила 353 517 руб.

Далее рассмотрим биологический метод с использованием препарата «МД-сухой», в который входят такие работы как:

- Подготовительный этап. Отбор точечных проб для анализа на загрязненность по химическим показателям: почво-грунтов на содержание нефтепродуктов составили 0,5 % от общей суммы затрат.
- На техническом этапе очистка площадей от кустарника и мелколесья составило 1,4 % от общей суммы затрат. Сжигание с перетряхиванием валов из кустарников составило 1,2 %.
- На биологическом этапе комплексного метода были применены такие работы как: Приготовление рабочего раствора биодеструктора, что составило 0,1% по отношению ко всем работам. Внесение рабочего раствора методом дождевания – 0,04. Обработка почвы вручную – 4,4%. Раскислитель почвы – 1,05%, который необходим для питания почвенных микроорганизмов при использовании биопрепарата. Азофоска марки 1:1:1 насыпью – 0,12%. Рыхление почвы – 1,05%. Обработка препаратом «МД-сухой» – 59%, что является основной составляющей в структуре затрат в биологическом методе. Посев многолетних трав вручную – 1,8%. Посадка черенков ивы – 3,37. Аммиачная селитра – 0,5%. Прочие затраты – 3% в них входит топливо на техническое обслуживание оборудования. Накладные расходы – 25% в них входит эксплуатация оборудования и приобретение и транспортировка биопрепарата.

Основным показателем в структуре затрат второго метода, является применение биопрепарата и раскислитель почвы. Без раскислителя почв который необходим для питания почвенных микроорганизмов, невозможно использования биопрепарата. Итого сумма по затратам составила 538 108 руб.

Используется биопрепарат при низкой концентрации загрязнения (до 50 г/кг) препарат вносится без дополнительных мероприятий. При загрязнении от 50 до 150 г/кг сначала вносится структуратор для снижения концентрации. При загрязнении выше 150 г/кг (до 500 г/кг) производится откачка свободных нефтепродуктов, нефтешлам отправляется на специальную площадку для рекультивации, в него вносится структуратор, затем применяется биопрепарат «МД-сухой». Можно так же сказать, что уборка загрязненного грунта и соответственно засыпка нового незараженного слоя почвы в полном объеме, то есть по всей зараженной площади не требуется.

Применение данного препарата на территории ОАО «Томскнефть» ВНК получило широкое распространение, но целесообразность применения остается спорной ввиду сложности его приготовления и недостаточной эффективности на переувлажненных почвах.

К факторам, ограничивающим широкое применение промышленных нефтеокисляющих препаратов, следует отнести их дороговизну и непродолжительность действия. Уже через несколько недель может наблюдаться подавление внесенных в почву микроорганизмов аборигенными микробными сообществами, развивающимися на фоне удобрений, вносимых с микробными препаратами. В этой связи более простым, дешевым и достаточно надежным оказывается использование накопительных культур аборигенных микробных сообществ, которые спонтанно развиваются на нефтезагрязненных участках данного региона. Они адаптированы к местным климатическим и почвенным условиям, к особенностям местных нефтей как питательных субстратов, легко перезимовывают.

Комплексная агротехническая рекультивация с использованием аборигенной культуры микробов - деструкторов и трав – мелиорантов. Данный метод основан на стимулировании процесса деградации нефти с помощью аборигенной культуры микробов-деструкторов и устойчивых к загрязнителю растений-мелиорантов.

Использование трав-мелиорантов так же способствует к улучшению структуры почвы, увеличивает ее воздухопроницаемость. Они поглощают мутагенные, канцерогенные и другие биологически опасные продукты распада нефти, препятствуют вымыванию из рекультивируемого слоя почвы элементов минерального питания. Корневые выделения и продукты разложения трав способствуют развитию многовидовой почвенной биоты, образующей высокоактивный саморегулирующийся «конвейер» деструкторов, обеспечивающих окончательное очищение и восстановление плодородия почв.

Таким образом, использование совместно аборигенной культуры микробов-деструкторов и трав-мелиорантов приводит к симбиотическому эффекту, стимулирующему наиболее быстрое разложение нефтепродуктов. Достоинства технологии заключаются в следующем:

- технология позволяет снизить содержание нефти и нефтепродуктов в воде и почве в 10 – 60 раз за сезон;
- применение микробов-деструкторов, выделенных из естественного микробиоценоза, исключает непредсказуемые экологические последствия, возможные при использовании посторонних видов микроорганизмов (деваройла, путидойла и др.);
- применение трав – мелиорантов, приводит к быстрому восстановлению растительного покрова и стимулирует почвенную биоту;
- низкая себестоимость культуры микробов-деструкторов.

На основе данных показателей в структуре затрат, по восстановлению земель, можно сделать вывод, что затраты на выполнение комплексного метода меньше, чем на метод рекультивации с использованием препарата «МД-сухой». Экономия составила 184 590 руб./га. Результаты исследования показали, что комплексный метод с использованием выделенных из аборигенной микрофлоры культуры микробов – деструкторов и трав – мелиорантов экономически более выгоден в условиях слабо и средне загрязненных участках с содержанием углеводов от 0 до 150 г/кг почвы.

## **4 Социальная ответственность на примере ОАО «Томскнефть» ВНК**

## **Заключение**

Основной из главных экологических проблем производственной территории ОАО «Томскнефть» ВНК, является высокая аварийность на объектах нефтегазового промысла (в среднем 1-3 прорывов нефтепроводов в день), сопровождающая выбросами в окружающую среду нефти и нефтепродуктов. Значительная часть продукции добывается на старых месторождениях, находящихся на поздней стадии разработки, недостаточно приспособленной к современным требованиям охраны окружающей среды техникой и технологией. Одна из основных причин высокой аварийности – состояние трубопроводов и оборудования, которое устарело, физически изношено, отработавшего определённый срок имеет низкую степень надежности, но продолжает находиться в эксплуатации. Наиболее всего от аварийных разливов нефти страдает земная поверхность: леса, болота, водоемы.

По нарастанию экологической опасности промышленные объекты можно разделить на линейные объекты, площадные объекты.

Наиболее всего от аварийных разливов нефти страдает земная поверхность: растительный и почвенный покров. Загрязнение лесных фитоценозов нефтью вызывает снижение численности и видового разнообразия мелких млекопитающих.

После рекультивации нефтезагрязненных участков комплексным методом биологической очистки почвы произошло значительное снижение концентрации нефтепродуктов на 97% и восстановление фитоценоза на 87,5%,

при этом густота растительного покрова составляла 74,5 шт/м<sup>2</sup>. Наличие нефтяных пятен диаметром более 50 см не наблюдалось.

На участках рекультивированных микробиологическим методом биологической очистки произошли снижение концентрации нефтепродуктов на 83%, фитоценоз восстановился не полностью. Проектное покрытие живым растительным покровом составило 9,5%, густота растительного покрова находилась в пределах 10 шт/м<sup>2</sup>. В центральной части наблюдались нефтязагрязненные пятна диаметром более 50 см.

В зависимости от различных факторов таких как: аварийности, масштаб загрязнения нефтью территорий, климатические условия. Рассмотренные методы могут использоваться как в комплексе, так и отдельно друг от друга.

По сравнению затрат на проведении рекультивации по выбранным методам, отличительной чертой в первую очередь является применение биопрепарата «МД-сухой». Стоимость данного препарата колеблется от 3000-4200 руб. за 1 кг (без учета НДС), в общей сложности на 1 га приходится примерно 20 кг из чего и складывается сумма затрат на приобретение и транспортировку. Так же является, раскислитель почвы расходов, которые приходится 5 652,64 руб., который необходим для питания почвенных микроорганизмов при использовании биопрепарата.

Затраты на внесение удобрений вручную составило 197 496,00 руб., в среднем на 1 га приходится от 10-15 чел., из чего и исчисляется средние затраты на работу.

В прочие затраты рассматриваемых методов входит непосредственно топливо на техническое обслуживание оборудования. Из данной таблицы видно, что разница составила в 3 793 руб., что говорит нам о минимизации затрат в комплексном методе, в связи исключением таких показателей, как внесение раскислителя и обработка биопрепаратом.

Разница в накладных расходах составила 22 757, 70 руб., в них входит эксплуатация оборудования и приобретение и транспортировка биопрепарата.

Основные преимущества биотехнологического восстановления нефтезагрязненных земель заключаются в следующем:

- микроорганизмы-деструкторы, выделенные из естественного микробиоценоза, исключают непредсказуемые экологические последствия, возможные при использовании посторонних видов микроорганизмов;
- низкая себестоимость культуры микробов-деструкторов;
- возможно применение для ликвидации замазученности нефтью и нефтепродуктами (бензин, керосин, дизтопливо и др.) во всех регионах Земного шара.

Таким образом, анализируя исследованный материал можно сделать вывод, что наиболее эффективным и экономичным методом в биологической очистки является комплексный метод рекультивации, с использованием выделенных из аборигенной микрофлоры культуры микробов-деструкторов и трав мелиорантов, что позволяет рекомендовать его как основного метода при рекультивации нефтезагрязненных земель на территории ОАО «Томскнефть» ВНК.

## Список публикаций

1. Епифанова И.А. «Анализ системы экологического менеджмента в ОАО «Томскнефть» ВНК», Первая Всероссийская научно-практической конференции с международным участием «Инновационные ресурсосберегающие технологии и технологии защиты окружающей среды».
2. Епифанова И.А. Организационно-экономические проблемы в освоении ландшафтов Арктики, Первая Всероссийская научно-практической конференции с международным участием «Сохранение биоразнообразия».
3. Епифанова И.А. Организационно-экономические проблемы в освоении ландшафтов Арктики, Первая Всероссийская научно-практической конференции с международным участием «Сохранение биоразнообразия».
4. Епифанова И.А. Очистка сточных вод микробиологическим методом на НПЗ ООО «Томскнефтепереработка» / А. И. Левашова // Высокие технологии в современной науке и технике. - Томск, 2013. - Т. 2. - С. 56-59.
5. Епифанова И.А., Печенов Е.Е., Очистка нефтеразлилов биологическим методом / А. И. Левашова // Технология и моделирование процессов подготовки и переработки природных энергоносителей. - Томск, 2014. - Т. 2. - С. 78-79.
6. Епифанова И.А., Оптимизация затрат биологической стадии очистки нефтезагрязненных земель / М.Р. Цыбульникова // Экономика минерального и углеводородного сырья. – Томск, 2015- С. 647-648.

## **Список используемых источников**

## Приложение А

### 1. Theoretical and legislative framework oil-polluted

#### 1.1 Impact of oil and oil products on the environment

Oil is the most valuable raw material, which is impossible without the use of modern civilization. However, the processes of production, transportation, storage and processing of crude oil and petroleum products are often the sources of environmental pollution, which can acquire catastrophic proportions [5]. Conditionally assumed oil (NP) main and most characteristic of the oil and its derivatives - non-polar and slightly polar hydrocarbons are not adsorbed on alumina. In Russia, the MPC (maximum permissible concentration) of petroleum hydrocarbons in the working area of the industrial enterprises is 10 mg / m<sup>3</sup> in water 0.3 mg / l (for mnogosernistoy oil - 0.1 mg / l). In the soil and air of populated places of the NP are not normalized, but there MPC for some aromatic hydrocarbons and benzo (a) pyrene in the soil, as well as the MAC for hydrocarbons of various classes (and their derivatives) in the ambient air and workplace air [6] . To monitor the content of NP in air, water and soil in Russia, the USA and Europe developed a number of standard techniques. They are based on chromatographic (gas and liquid chromatography) or spectral techniques (IR - and fluorescence spectroscopy) and gas chromatography makes it possible not only to determine the total content of the NP (as are other methods), but also to identify and quantify individual hydrocarbons included in the oil . The latter circumstance makes it possible to more realistically assess the risk of oil pollution, discover its source (define type and brand NP) and take to eliminate the consequences of pollution measures [8]. Articles 77 and 78 of the Federal Law N 7-FZ provides the obligation of full compensation for damage and the procedure for compensation of environmental harm to the environment [9]. Along with the considered piece of legislation is currently used as the method, approved by the Government of the Russian Federation dated May 8, 2007 N 273 "On the Calculation of the damages caused to forests due to forest offenses" (hereinafter -

Methodology 2), providing for redress for unauthorized removal, destruction or deterioration of soils classified as "forest". The boundaries of the mentioned methods are not clearly defined, which leads to the simultaneous presentation of a claim for damages soils from the federal and regional regulatory bodies on one and the same object and the same fact of the injury. It should also be noted that there are precedents, when one control and supervisory authority imposed two claims for damages for the same object, calculated using different methods [9,10].

The current judicial practice, according to subjects of entrepreneurial and investment activity shows that in fact the mechanism of compensation for environmental damage in a particular case depends on the interpretation of these rules by the court. At the same time, in some cases the defendant, to restore the natural object, is obliged to compensate the damage caused by a taxi and techniques, and in others - the defendant, only begin to restore the natural object is exempt from compensation by the techniques and the trial is terminated. In some cases, one and the same event of oil spills and soil contamination by oil producing companies compensate damage caused four times: soils - on the Order N 238, forests - by Method 2, and conduct reclamation at their own expense in accordance with the Federal Law N 7-FZ and land Code of the Russian Federation as compensation for the harm in kind [11].

The mechanism of compensation for environmental damage can be changed in terms of consistent and accurate presentation of redress procedures. In the case of harm to the environment a priority form of its compensation should be carrying out reclamation of the organization - tortfeasor. If reconstruction work is not possible, the tortfeasor shall compensate him in accordance with the rates and methods [12].

When overhaul oil reclamation for agriculture, forestry and other purposes, requiring the recovery of soil fertility, carried out consecutively in two phases: technical and, if necessary, a biological.

Technical stage involves planning, formation of slopes, removal and deposition of topsoil, the device of hydraulic and drainage structures, as well as other works,

creating the necessary conditions for further use of the reclaimed land for the intended purpose, or for measures to restore soil fertility (the biological stage) [13] .

Standards removal of topsoil, potentially fertile layers and rocks (loess, loess and loam coating, etc..) Are set for the design, depending on the level of fertility of disturbed soil, taking into account application and related guarantees from the consumer for the use of potentially fertile layers and rocks. Remove the top layer of fertile soil is used for land reclamation or improvement of unproductive land. Dates of the technical phase of reclamation determined by the authority which granted the land and who gave permission for construction works related to the violation of the soil cover, on the basis of the relevant project materials, and schedules.

Biological stage includes a set of agronomic and phyto measures aimed at improving agro, agro-chemical, biochemical and other properties of the soil. The biological stage is done after the technical stage of completion and is soil preparation, fertilization, selection of grasses and grass mixtures, sowing, care for the crops.

The biological stage is aimed at consolidating the surface soil of the root system of plants, creating closeness grass and avoidance of water and wind erosion on disturbed areas.

In order to concretize receptions reclamation of disturbed land cover is grouped into five classes: 1st - vegetation and soil cover is completely destroyed; 2nd - vegetation completely destroyed and topsoil saved 50% of the area; 3rd - the vegetation destroyed by 50 - 80% of the area, the soil cover is maintained; 4th - vegetation destroyed by 20 - 50% of the area, the soil cover is maintained; 5th - vegetation destroyed in an area of less than 20%, the soil cover is maintained [13,14,15].

On rekultiviruemyh trails sections are usually present at the same time 3 - 4 types of disturbance, and this fact must be considered when choosing the ways of doing pochvovosstanovitelnyh work.

Types of grass seeding and their possible combination must comply with recommended zonal system of agriculture of the Russian Federation. Herbs of local

origin are more adapted to local soil and climatic conditions, so it is more resistant to the adverse effects. [11, 12, 13].

Seeded grasses must be able to quickly build a solid and steep-sided sward turf resistant to erosion and livestock grazing, grow quickly after cutting. Grass seeds intended for sowing must comply with requirements of the standard and seed quality to be not lower than class II.

Seeds of legumes should scarify possible. Before sowing the seeds of legumes is desirable to inoculate, treatment bacterial fertilizers (nitragin).

Compacted mineral fertilizers before being incorporated into the soil is necessary to crush and sift through a sieve. In the case of pre-sowing fertilizer application mixing them with the seeds is performed immediately before sowing. Ammonium sulfate, ammonium nitrate should not be confused, scattered and buried in the soil at the same time with lime. Superphosphate and potash fertilizers are advisable to make together with lime.

previously carried out reclamation activities, including liming soil Before the bioremediation of disturbed lands on acid soils. Doses of lime are set by reference and regulations in force in the particular soil and climatic zone. Depending on the dose of lime method of determining soil incorporation. When making lime necessary to evenly distribute it across the field, it is better to mix with all the arable soil layer. This can be achieved when terminating lime under cultivation. For liming is recommended to use ground limestone (limestone flour), tufa (Key lime), torfotuf.

For heavily soiled areas with oil to accelerate the biodegradation of oil is subject to biological agents who are authorized to use government services. At the technical stage, the weathering of the oil, evaporation and partial destruction of the light fractions, photo-oxidation of oil components on the surface of the soil, restoring microbial communities, the development of oil-oxidizing microorganisms, partial restoration of the community of soil animals. Part Component converted into solid products that improve soil water-air mode. Aeration and soil moisture greatly contribute to the intensification of these processes, reduction of oil concentration and a more uniform dispersion of its [11, 12, 13].

Biological stage includes two stages - a trial planting of herbs and phytoreclamation with application of mineral fertilizers and planting resistant to contamination of perennial grasses.

Works on land reclamation should be carried out in accordance with the "Rules of major repairs of underground pipelines" [14,15,16], RD 39-110-91 "Instructions for liquidation of accidents and damage to the main oil pipelines" [17,18], "Regulation safety in the operation of main oil pipelines "[19]" Rules of fire safety in the operation of main oil pipelines "[20].

During the work it is necessary to perform standard instructions for the safe operation of the equipment used, technical equipment and materials.

Oil pollution of land is outlined informational signs prohibiting grazing, fires and breeding etc.

To work on the machines and units allowed persons who have been oriented on safety, sanitary rules dealing with fertilizers and other materials. Working with the mineral fertilizers should be carried out in overalls, respirators and rubber gloves.

It is strictly forbidden to use in food and feed to the plant products, are formed on the contaminated soil before the end of the period of remediation.

Agricultural machinery is transported to the idle position; after completion of the work is cleaned of dirt, residues of seeds, fertilizers, washed with water and kept under cover. Mineral fertilizers are stored in the warehouses of chemicals and reagents separately by type in accordance with the rules of storage.

Seeds sown crops stored separately from fertilizers, chemicals and pesticides [21]. Many Russian regions have long been faced with the need to address one of the most pressing problems related to environmental pollution by oil and associated pollutants from oil production. The result of the negative impact is not only the degradation of soil cover in the areas of oil spill and its impact on neighboring components of the environment and, as a consequence, the detection of transformation products in the biosphere. [22] (Burmistrov T. et al., 2003).

When oil pollution in the first place it is significantly changed morphological characteristics of the soil. These soils are distinguished on several grounds: the high density, the color is darker compared to the non-contaminated samples, the characteristic of the oil film, cast in several colors, which are located along the edges of the structural units in the illuvial horizons, as well as the formation of the columnar structure in the bottom of the soil profile [23].

Following the change in the morphological characters of the soil takes place and change in physical properties. This could include increasing the number of water-stable aggregates, structural units larger than 10 mm, as well as the aggregation of soil particles, which leads to the growth of blocky particles and reduce agronomically valuable structural units. The deterioration of the physical properties of the soil means the displacement of the air by oil, the violation of water flow, nutrients, and this, in turn, leads to the inevitable slowdown of development of plants and their elimination [24].

Changes in the humus state of soils must be considered in the case when it is necessary to analyze and evaluate the result of contamination of soil by oil and NP. In this case it is possible to note a decrease in the relative content of humic and fulvic acids, uvelichina nonhydrolyzable residue content [25]. As the basic element forming part of the oil is carbon, the weight content of which ranges from 83-87%, the content of organic matter based on the total carbon and humus increases due to the carbon oil.

Along with the growth of carbon for introduced an increase ratio C: N, in which the proportion of the total nitrogen is negligible. In the oil-polluted soil like C: N ratio depends primarily on the type of soil and the amount of carbon for introduced and can range from 50 to 420. The result of this imbalance becomes aggravation of soil nitrogen regime and disruption of plant root nutrition [26]. With these processes nitrogen deterioration mode reduces the quantity of mobile forms of potassium and phosphorus. Do not take the impact of oil on the set of soil microorganisms exclusively as negative because the processes occur simultaneously and stimulation and inhibition. In this case, some types of microorganisms dual growth rates, and reduce the activity of other types or even die [27]. Some complexes of soil

microorganisms after exposure to oil showed an increase in the number and activity immediately after a brief inhibition. An example of such a process can act hydrocarbon-oxidizing microorganisms (LCS), the number of which increases dramatically with respect to non-contaminated soils. Develop "specialized" groups involved in the different stages in the recovery of hydrocarbons (HC) of oil. [28]

Certain elements of the oil stimulates the growth of actinomycetes and sulfate-reducing soil bacteria. Among the most sensitive to the action of the oil from nitrogen cycle microorganisms include nitrifying bacteria. At the same time there is a reverse process, in which is possible to increase the number and activation of microorganisms participating in nitrogen fixation, ammonification and denitrification. It should be noted that the contamination at doses in excess of 1% by weight of the soil occurs inhibition of cellulolytic microorganisms. And this is just the examples of all the information that is discussed in the specialized literature on the subject. The relationship between the oil pollution and changes in the composition of the soil microbiota sapotrofnoy shows the ambiguous and contradictory in various sources.

Oil pollution has a negative impact on collection of soil actinomycetes, reducing their abundance and species composition of impoverishing. Moreover, the number and phytotoxic phytopathogenic species of microscopic fungi increases significantly in such soil. And this, in turn, enhances soil degradation [29].

It is shown that oil pollution leads to a significant (two orders of magnitude) reduction of the number of heterotrophic microbial complex, marked the initial stages of the impact of oil. Three months later, there is the number of heterotrophic recovery [30].

The most rasprostranènnymi pollutants in the oceans now are oil and NP. The main sources of such contamination include maintenance work during normal transportation of oil, accidents during transportation and oil production, as well as industrial and domestic.

Constant control of pollution of sea routes are created by emergency situations, drain overboard tankers flushing and ballast water, but the greatest threat is the loss of oil during transport from the production areas. [31]

Regardless of the source of pollution and its intensity, oil spills invariably lead to a sharp deterioration of the environment, resulting in a drop in quality or natural resources of sea area ecosystem, or a decrease in their number, or both simultaneously. In order to determine the degree of sensitivity of the resource to oil pollution, it is necessary to allocate different their types and functionality, so to speak of the following forms: territorial resource waters, water resources, biological resources, recreational resources, mineral raw materials and fuel and energy resources of the bottom [32 ].

Under the territorial waters of a resource to understand the space of human activities, which is used for transport purposes. In the case of oil spills disrupted the operation of maritime transport in the sea area, as in this case zagryaznènnaya of the waters can not be used for navigational purposes until the end of the work to clean up [33].

Water resources of the sea are a source of biological products, energy, chemicals, maintenance of gas facilities are state of the atmosphere, are involved in the cycle of heat, moisture, trends in education systems, as well as in the formation of weather and climate [34]. In addition, sea water is a valuable chemical raw materials, since it contains more than 60 of the chemical elements in solution, such as sodium, barium, boron, stranded, iodine, uranium, and others. [35].

With oxygen, bacteria, microorganisms, hydrodynamic processes water has the ability to self-cleaning. The carrying capacity of the marine ecosystem is limited ability to neutralize and disarm within certain limits emissions entering the marine environment resulting from human activities. [36] Due to the turbulent mixing is reduced contaminant concentration in the water, after which begins the process of mineralization of organic substances by means of bacteria, fungi and algae [37].

The marine environment can withstand a certain degree of pollution - to absorb them, assimilate, without prejudice to the ecological system. Sustainability of marine ecosystems in relation to the emissions of pollutants released into the marine environment resulting from human activities, is a valuable feature of these systems. Terms of life of the majority of toxic compounds are limited. Due to what is

happening in the hydrosphere physico-chemical and biological processes, they disintegrate and are included in a natural in the biogeochemical cycle. These processes determine the presence of the carrying capacity of the marine environment - a special kind of rigidly limited natural resources [38]. If you exceed the limits of assimilation of the marine environment there are negative environmental and economic consequences, the balance is disturbed ecosystems, lost the ability to cleanse itself. The higher the carrying capacity of the environment, the less need preventive environmental costs of pollution prevention, which makes the assimilation potential of a particular water area of the real economic value.

Thus, the chemical water resources and the carrying capacity of the waters subject to the adverse effects of oil pollution, and are classified as extremely sensitive to oil spills. The biological resources of the sea include microorganisms, plants and animals. These living resources of the ecosystems perform many functions in the regulation of the biosphere: serve as a source of food and organic raw materials for the manufacture of diverse fodder and technical production, the raw material for medicines, and also act as a natural filter of environmental protection. Water bioresources are reproducing living resources, limited in scope and depend on the state of the environment [39].

Oceans annually produces from 400 to 600 billion tons of organic matter, which is composed of representatives of all parts of the food chain -. Zooplankton, fish, mammals [40]. All marine animals are directly or indirectly dependent on phytoplankton, which is the basis of the food chain, phytoplankton and exists only in the photic zone. oil and NP Marine Pollution leads to rupture of the food chain, to the destruction of the ecological balance, resulting in biological resources fishing can be broken. This is explained by the fact that the oil film prevents the penetration of light into the sea, which is necessary for the microorganisms, resulting in a decrease in the initial link in the ocean food and reducing the intensity of atmospheric oxygen supply. The death of marine organisms increases the mass of decaying matter what intensively consumed oxygen contained in water, which further exacerbates the scarcity of oxygen balance. A lack of oxygen, in turn, and the lack of food affects the

livelihoods of marine organisms [41]. Oil and NP have a mechanical effect on the living organisms of the sea - prevent the access of oxygen from the atmosphere and, enveloping the gills of fish, disrupt normal breathing [42].

At the last place in the degree of sensitivity to oil pollution are located mineral raw materials and fuel and energy resources of the bottom, which are found mainly in the form of localized deposits and structures on the bottom surface and includes: - liquid, gaseous and soluble minerals (oil, gas, sulfur, salt, potash) which can be extracted by drilling wells; - Solid ore deposits under the bottom surface (coal, salt, sulfur, iron ore and some other metals), which can be extracted shaft- mine production, etc. [43].

Soil vapor extraction at elevated temperatures. Like soil vapor extraction by ex situ technology, application of this technology requires an additional heat source. Additional heat increases the volatility of substances that promotes more complete their removal. As a heat source can serve hot air or steam injected, Electrical / radio frequency heater. It is necessary to take into account the possible interactions of toxic substances to the environment. In various substrate heating temperature may be achieved, depending on the equipment used. This technology can be used in relation to pesticides, volatile organic compounds, or fuel. Advantages: Since the contaminants under vacuum, the probability of their contact with the environment is reduced. Disadvantages: The technology may not be effective in view of the heterogeneous substrate. Excessive soil moisture can prevent the removal of toxins. The technology works only in the vadose zone (the unsaturated zone). Soil vapor extraction at elevated temperatures. Like soil vapor extraction by ex situ technology, application of this technology requires an additional heat source. Additional heat increases the volatility of substances that promotes more complete their removal. As a heat source can serve hot air or steam injected, Electrical / radio frequency heater. It is necessary to take into account the possible interactions of toxic substances to the environment. In various substrate heating temperature may be achieved, depending on the equipment used. This technology can be used in relation to pesticides, volatile organic compounds, or fuel. Advantages: Since the contaminants under vacuum, the

probability of their contact with the environment is reduced. Disadvantages: The technology may not be effective in view of the heterogeneous substrate. Excessive soil moisture can prevent the removal of toxins. The technology works only in the vadose zone (the unsaturated zone).

Mineral resources differ in the location of the continental shelf and natural resources belong to the category, independent of the purity of the water environment, therefore, are not sensitive to oil pollution.

Thus, oil pollution affects the whole range of morphological, physical, physico-chemical and biological properties of the soil, determining its fertile and ecological functions and require remediation activities. Also, the marine environment is very vulnerable to oil pollution. Sensitivity to oil pollution are the following types of resources: the biological, the waters of the assimilation capacity of the water and chemical resources. These types of resources are adverse changes in the event of an accidental oil pollution of the sea waters or coastal zones, which are the basis of natural damage to the environment [44].

### **1.2 Modern methods of purification of oil-polluted soil**

Modern methods of purification of oil-polluted soil Existing mechanical, thermal, physical and chemical methods of cleaning soil from oil pollution costly and effective only when a certain level of contamination, often associated with the additional introduction of dirt and ensure the completeness of treatment [45]. The widespread use of received physical methods based on the use of electric current. This technology of electrochemical and electrokinetic treatment of contaminated soils.

Technologies based on electrochemical methods are used to clean the soil from chlorinated hydrocarbons, phenols and oil products and soil decontamination and soil. By passing an electric current through the electrolysis of water occurs primers in the pore space, electroflotation, electrocoagulation and electrochemical oxidation. The effectiveness of the oxidation of phenol - 70-92%. The effectiveness of

decontamination - 95-99%. Consumption of electricity and cleaning costs are respectively 32-160 kW • h / m<sup>3</sup> of soil and 86-260 \$ / cubic meter of soil [45].

Purification is carried out by washing the soil with different solutions. Oil-contaminated soil is washed surfactant solutions, which are used as OP-10 or ethoxylated fatty acids (OZHK). By using 0.02% OP-10 solution ratio soil: solution 1:16 equal, Purity - 99.2%. When cleaning soil from oil dermovokarbonatnyh solution OP-10 concentration of 0.02% with a ratio of soil: 1:30 degree of extraction of the solution is 93.5%. After cleaning the soil or soil back and used for land reclamation. The problem is the large amount obtained in the process of water treatment, polluted by oil products and detergents, which can be cleaned in stationary treatment plants [46].

Also used for washing solutions, with a high oxidation potential (active oxygen, alkaline, active chlorine) followed by collection, cleaning drains in the electrochemical complex. For the neutralization of soil is required from 12 to 48 months. Petroleum products in this part are displaced and recovered at the treatment plants [47].

Currently, the most promising method for the purification of oil-contaminated soil, both in economic and in environmental terms, is a biotechnological approach based on the use of different groups of microorganisms, characterized by an increased ability for biodegradation of petroleum and petroleum components [39]. The ability to dispose of the hardly decomposable substances of human origin (xenobiotics) found in many organisms. This feature is provided by the presence of specific enzyme systems of microorganisms, carrying the catabolism of these compounds. Since microorganisms have a relatively high potential for destruction of xenobiotics, showing the ability to quickly metabolic adjustment and exchange of genetic material, they attached great importance to the development of bioremediation of contaminated sites tract.

The term "bioremediation" is commonly understood as the use of technologies and devices for biological treatment of soils, ie, Removal of soil already present therein contaminants [48]. Bioremediation involves two main approaches:

1 biostimulation - activation of the degrading ability of indigenous microflora introduction of nutrients, oxygen, and a variety of substrates;

2 biodopolnenie - the introduction of natural or genetically engineered strains- destructors of foreign compounds.

Biostimulation insiti (biostimulation in place of pollution). This approach is based on stimulating the natural growth of microorganisms living in the contaminated soil and potentially capable of utilizing the polluter, but not able to do this effectively because of the lack of basic nutrients (nitrogen compounds, phosphorus, potassium, etc.) Or adverse physical and chemical conditions. In this case, in laboratory tests using samples of contaminated soil establish which components and how much should be made to the contaminated object to stimulate the growth of microorganisms capable of utilizing the polluter [39].

Biostimulation invitro. The difference in this approach is that the natural microflora biostimulation samples of contaminated soil is first carried out in laboratory or industrial conditions (in bioreactors or fermentors). This provides preferential and selective growth of the microorganisms, which are able to most effectively dispose of the contaminant. "Intensify" microflora contribute to the contaminated object simultaneously with the necessary additives that increase the efficiency of utilization of pollutant [39].

Bioremediation of oil-contaminated soil - a multi-stage biotechnological process, including physical and chemical methods for detoxification of pollutants, the use of organic and mineral supplements, the use of biological products. [49]

### **1.3 Assessment of the effectiveness of oil-contaminated soil purification technologies**

Thus, the introduction of micro-organisms leads to positive results only when you create the appropriate conditions for the development of introduced populations, which need to know the physiological features of the introduced species, as well as to consider folding microbial interactions.

Assessment of the effectiveness of oil-contaminated soil purification technologies Developing a methodology to combat pollution by oil and oil products is extremely difficult. Soil reaction to oil pollution, and their sensitivity to these pollutants are different in different soil zones, and within the conjugate landscapes.

Maximum allowable concentrations of oil pollution in the soil depends on the type of oil (NP) and is for soil of 0.1 mg / kg. However, MPC total content of petroleum products in the soil is not standardized; exposure limits for certain types of oil products: benzene - 0.3 mg / kg, toluene - 0.3 mg / kg, xylene - 0.3 mg / kg [50].

The minimum level of oil content in soils, above which comes the deterioration of environmental quality is regarded as a safe upper level of concentration (VBUK) [51]. VBUK of petroleum products in the soil depends on a combination of many factors such as the type of composition and properties of soils, climate, the composition of petroleum products, the type of vegetation, land use and others. These rules should vary depending on the climatic conditions and soil types.

Upper safe levels of concentration of NP in the soils can be taken as an indicative level of permissible concentration (APC) in the soil. Tentative permissible levels of NP soil contamination is offered to consider the lower the allowable level of pollution at which restore its productivity, and negative impacts on soil ecological community can be spontaneously eliminated under natural conditions the soil data for one year. This assessment JDC as a general sanitary indicator can be given for the top soil humus-accumulative horizon (up to a depth of 20-30 cm) [52].

Obviously, ODC oil and oil products in the soil can not be the same for all types of soils and natural zones. It depends on the factors that determine the effect of the substance on the properties of the soil and plants from soil self-purification capacity of this type of pollution. The most important of these factors - the chemical composition of the pollutant, the properties and composition of the soil, physical-geographical (mainly climatic) conditions that territory [53].

In quantitative assessments of the level of oil pollution in the most widely used methods of infrared spectrophotometry, ultraviolet luminescence, gas and gas-liquid chromatography.

IR spectroscopy. All the organic substances are in their infrared absorption spectra of the individual. The position of the absorption bands in the infrared spectrum of the material is characterized by a wavelength  $\lambda$ , nm ( $\mu$ ) [54]. For hydrocarbon-IR analysis using a range of 0.7 to 25 microns, which is usually divided into three regions: the near - 0.7-2.5  $\mu$ , the area of main frequencies - 2,6-6 microns distant - 6-25 microns .

NIR for analytical determinations in the technological and environmental order in our country, unlike many developed countries is practically not mastered.

The most widely used area of the fundamental frequencies. Normative documents on the analysis of the total pollution by oil products with IR spectroscopy the end regulate measurements in the wavelength range 3.3-3.5 microns. The standard mixture containing 37.5% isooctane, 37.5% cetane and 25% of benzene, is intended to calibrate the devices in this field [55].

The far infrared region is used primarily to identify the source of contamination, as well as to determine the type of oil in terms of aromatizing and structural-group analysis [55].

Sample preparation for Infrared detection is straightforward. The analysis requires a small amount of any molecular weight substance in any aggregate state. After analyzing the substance remains the same. [56] In principle, a new step was the creation of the laboratory infrared spectrometry based on the Fourier transform. The majority of domestic oil products is carried out measurement of oil pollution concentration at one wavelength. It is necessary to highlight the ICAN-1 device, which provides the ability to install any wavelength in the range of 1.85 to 3.5 microns with an indication of its value on the digital display. This gives an entirely new opportunity to carry out an analysis of multicomponent mixtures at several wavelengths.

Existing fluorescent methods for evaluating oil contamination characterized by high sensitivity and rapidity. They allow determining trace elements as well as the total content of polluting organic substances and individual organic compounds.

for fluorescence analysis devices can be divided into two groups: fluorimeters and fluorescence spectrometers. The fluorimeter used filters, and fluorescence spectrometers - diffraction gratings.

Soil vapor extraction at elevated temperatures. Like soil vapor extraction by ex situ technology, application of this technology requires an additional heat source. Additional heat increases the volatility of substances that promotes more complete their removal. As a heat source can serve hot air or steam injected, Electrical / radio frequency heater. It is necessary to take into account the possible interactions of toxic substances to the environment. In various substrate heating temperature may be achieved, depending on the equipment used. This technology can be used in relation to pesticides, volatile organic compounds, or fuel. Advantages: Since the contaminants under vacuum, the probability of their contact with the environment is reduced. Disadvantages: The technology may not be effective in view of the heterogeneous substrate. Excessive soil moisture can prevent the removal of toxins. The technology works only in the vadose zone (the unsaturated zone).

the most widely-luminescent photometric analyzer "Fluorat-0.2" in our country. In this device, the luminescence excitation source is a gas discharge lamp (for petroleum measurement - xenon). Despite the high sensitivity of the luminescent method, using instruments such as "Fluorat-0.2" to measure the total content of the NP problem instrument calibration standard solution, it is necessary to obtain reliable data. However, until now such a standard solution for fluorescent techniques available. Isooctane solution Standard - cetane - benzene, used for infrared spectrometry for manufactured carbon tetrachloride, which absorbs in the workspace fluorometer so calibration is carried out by any known NP, eg oil T-22 [56]. As a result, measurements of "heavy" NP (oil, etc.) device can provide accuracy up to 40-50%, and in the determination of "light" NP (gasoline, etc.) concentration measurements may be underestimated by several times. It is noted that in European countries ultraviolet few methods of analysis used [57].

The most promising for the monitoring of petroleum with simultaneous identification and interpretation of the chemical composition are the methods of gas,

gas-liquid or high performance liquid chromatography. The most widespread method of gas chromatography, especially in combination with IR-spectrometry allows to identify the individual components in the mixture of oil, which makes this method of analysis indispensable for soil pollution source identification and petroleum biodegradation of substances in the process, in studies of oil destruction processes.

However, when performing mass analysis of its use is restricted to low productivity and high cost of analytical work.

At the heart of all the proposed methods are based on the extraction of oil and oil products from the sample with organic solvents. Soil is a very difficult subject to analyze, as an organic part of it is quite complex and diverse in composition. Any soil contains from 1% to 15% of organic substances, depending on soil type. Humus is 85-90% of the total soil organic matter. Besides, soil contains non-specific substances: fats, carbohydrates (cellulose, pectin, pentosans, mannans, etc.), proteins, amino acids, amides, lignins, tannins, terpenes, resins, etc. Thus, when choosing the solvent must be considered complex chemical composition of substances - oil, and of the object - the soil [58].

Soil vapor extraction at elevated temperatures. Like soil vapor extraction by *ex situ* technology, application of this technology requires an additional heat source. Additional heat increases the volatility of substances that promotes more complete their removal. As a heat source can serve hot air or steam injected, Electrical / radio frequency heater. It is necessary to take into account the possible interactions of toxic substances to the environment. In various substrate heating temperature may be achieved, depending on the equipment used. This technology can be used in relation to pesticides, volatile organic compounds, or fuel. Advantages: Since the contaminants are under vacuum, the probability of their contact with the environment is reduced. Disadvantages: The technology may not be effective in view of the heterogeneous substrate. Excessive soil moisture can prevent the removal of toxins. The technology works only in the vadose zone (the unsaturated zone).

Many authors prefer hexane. The chemical properties of hexane are favorable for the quantitative extraction of oil from the soil. This solvent is used for the

development of the accelerated options method for assessing the degree of soil contamination by oil. This method of determination of oil and oil products in the soil based on its extraction from the soil by the condensation of boiling hexane Sokstek apparatus.

The oil content in the extracts is determined gravimetrically after distilling off the solvent. In model experiments completeness oil extraction was studied as a function of reaction time and oil soil. It is found that even on the first day after the addition of hexane to remove the entire amount of 60-75% without saving. Over time, the recovery rate tends to decrease [58].

According to the study results of the chromatographic analysis of the hexane extract it was shown that not hexane extracts humic acid substances and other non-specific soils. Meanwhile hexane dissolves all hydrocarbon groups, except for the asphaltenes and high molecular resin content in petroleum typically less than 2% [58].

To date, created a lot of techniques and instruments for environmental monitoring of oil and petroleum products. However, the question of the development of the most appropriate methods for their detection and identification can not be considered closed, because each method has its advantages and disadvantages. In addition, the concept of "petroleum" is very vague, especially given the variability and diversity of the composition of petroleum and petroleum products. Requires petroleum with simultaneous monitoring of the identification and decoding of its chemical composition.

Extraction of contaminated soil will quickly eliminate pollution. After removing the layer of soil mineral fertilizers are peat bogs, and make further organic fertilizer on mineral soils. The soil, cleaned of oil to return to the restored areas should have a residual oil content below the JDC oil. in situ technologies have an advantage due to their direct application to the site of contamination. Selection and application of technology in situ can be made only on the basis of the data about the quality of the treated surface of the soil. In addition, specialized cleaning of polluted areas may be required. Under unfavorable environmental conditions may also face

difficulties in relation to sustainable pollutants [64]. in situ technology uses biological, mechanical and physical-chemical methods [64]. biological methods are considered the most promising. The best results were observed in the complex method of remediation of contaminated soil using agricultural technologies with the application of mineral fertilizers and sowing grass meliorantov. This technology is aimed at enhancing indigenous oil-oxidizing soil microflora and does not require significant material costs. For phyto remediation of contaminated lands used most affordable seeds of annual and perennial herbs that have developed root systems, increased resistance to oil pollution of soil, adapted to local conditions. Biological remediation - remediation phase, which includes measures to restore their fertility, carried out after technical reclamation

Biodiagnostics anthropogenic changes relates to the rapid method of analysis and, in addition, provides a comprehensive assessment of the ecological status of the soil. There are many biological indices by which the estimated state of soils. The most important are integral indicators of biological activity: toxicity, "breathing", the amount of free amino acids and proteins. Soil respiration rate is extremely variable and depends on many factors (temperature, humidity, and other state phytocenosis.). To evaluate the environmental impact of contaminants is necessary to compare the data obtained at different sites in the most similar conditions. It is informative and other indicators, such as the enzymatic activity.

Contact with oil and petroleum products in the soil leads to a change in the main activity of soil enzymes that affect the exchange of nitrogen, phosphorus, carbon and sulfur. [59] Stable changes in the activity of certain enzymes, soil can be used as diagnostic indicators of soil contamination by oil. It is convenient for this purpose, a group of enzymes, known together as the soil urease. Firstly, they are less affected by other environmental factors, and, secondly, there is a clear dependence of their activity on the degree of contamination of soil [60].

The use of microorganisms for the integrated assessment of the toxicity of the soil and the creation of an integrated system based on sensitive, reliable and cost-

effective bioassay is a promising area of research. Many physiological groups of soil microorganisms are sensitive with respect to petroleum hydrocarbons.

The total number of microorganisms, as a rule, quite clearly reflect the microbial activity of the soil, the rate of decomposition of organic matter and the cycle of mineral elements. On the basis of this indicator, you can not only judge the extent of soil contamination by oil, but also about its potential ability to recover, as well as the processes of oil decomposition in natural conditions and remediation of contaminated soils [60].

Oil pollution can also contribute to the accumulation in soil microscopic fungi that cause plant diseases and phytotoxins [61]. The latter circumstance plays an important role in the development of measures to phytomelioration contaminated lands.

The immediate impact of oil on the vegetation that slows the growth of plants, violated photosynthesis and respiration, observed various morphological disorders suffer root system, leaves, stems and reproductive organs. Operational information phytotoxicity contaminated soil can be obtained using as a test object seeds and plant seedlings. For ease of formulation toxicity tests on seeds are selected by size and speed of germination. Often used the seeds of radish, watercress, corn, grain. As a test function are the indicators of seed germination, and the time druzhnosti germination, seedling elongation rate, the latter of which is considered to be the most sensitive. In natural ecosystems, soil invertebrates are widely used for monitoring at the species level, the complex [62].

A set of test objects from plant seeds, microorganisms, soil invertebrates and enzymes can be used in full or in part, depending on the purpose of research and oil soil pollution degree. If the samples of soil springtails and enzyme activity give good quantitative characteristics of soil toxicity at low and moderate pollution, the microbiological tests are useful for describing the state of heavily highly toxic soil [63].

#### **1.4 The effectiveness of biological soil cleaning method.**

In foreign and Russian practice the restoration of oil-contaminated soil remediation technology specifications are classified by categories of ex situ and in situ [64].

ex situ technology is used for the treatment of contaminated soil, previously removed from the surface of the selected piece of land. Isolation and treatment of contaminated materials off-site allow you to apply very sophisticated processing techniques that may be more efficient and fast, as well as safer for groundwater, flora and fauna and the local people. ex situ technology provides processing with imported soil spill site in specially equipped areas. Extraction of contaminated soil will quickly eliminate pollution. After removing the layer of soil mineral fertilizers are peat bogs, and make further organic fertilizer on mineral soils. The soil, cleaned of oil to return to the restored areas should have a residual oil content below the JDC oil. in situ technologies have an advantage due to their direct application to the site of contamination. Selection and application of technology in situ can be made only on the basis of the data about the quality of the treated surface of the soil. In addition, specialized cleaning of polluted areas may be required. Under unfavorable environmental conditions may also face difficulties in relation to sustainable pollutants [64]. in situ technology uses biological, mechanical and physical-chemical methods [64]. biological methods are considered the most promising. The best results were observed in the complex method of remediation of contaminated soil using agricultural technologies with the application of mineral fertilizers and sowing grass meliorantov. This technology is aimed at enhancing indigenous oil-oxidizing soil microflora and does not require significant material costs. For phyto remediation of contaminated lands used most affordable seeds of annual and perennial herbs that have developed root systems, increased resistance to oil pollution of soil, adapted to local conditions. Biological remediation - remediation phase, which includes measures to restore their fertility, carried out after technical reclamation [65].

To distinguish in the biological stage of rehabilitation of land two directions. First - this is the activation of oil decomposition in the soil (soil remediation), the second - revegetation. The direction depends on the initial state of the soil after

technical reclamation. When the continuation of the technical cleaning is not giving the desired effect, and may cause the destruction of already fragile soils, whereas activation of microbial degradation of oil in soils (bioremediation) is the only possible measure for its after-treatment [66].

The term is commonly understood as the use of bioremediation technologies and devices for biological treatment of soil and water, t. E. To remove from the soil and water are already in these pollutants. Self-cleaning and self-healing soil ecosystems polluted by oil and oil products, - a stepwise process of biochemical transformation of pollutants, coupled with step process biocenosis recovery. Different natural areas duration of individual stages of these processes is different, which is mainly due to the soil and climatic conditions. self-healing mechanism of the ecosystem after the oil pollution is rather complicated. With the help of agricultural practices can speed up the process of self-purification of oil-contaminated soil by creating optimal conditions for the manifestation of the potential activity of microorganisms that make up natural microbiocenosis [67].

The only real way is now dealing with the consequences of oil spills and oil products is a range of activities, including a mechanical or physico-chemical removal of spilled oil with subsequent purification of the remaining oil in the soil biological methods using biodegradation oxidizing microorganisms [68].

At the same time, the existing now in Russia preparations are not sufficiently effective in a variety of extreme soil and climatic conditions of different regions of Russia, in this connection for the elimination of large-scale oil spills now requires an active search and selection of native strains and the development of new drugs. Developed and actively implemented a large number of commercial microbiological preparations foreign and domestic production, such as "Destroyl", "Putidoyl", "Devoroil", etc. [69].

Effective biological method for cleaning soils, which is directed activation of soil microflora, the introduction of microbial preparations decomposing oil and phytoremediation - reducing the contamination of soil, based on the stimulation of

natural soil community oxidizing microorganisms as a result of their close collaboration with tolerant of oil plants [70, 71].

Phytoremediation can actively reclaim large areas of relatively low compared with other technologies, the cost of works in low negative impact on the environment. The recovery time of the land is reduced by 3-4 times [72,73].

Biologies stimulate local soil biocenosis and create favorable conditions for the transfer of petroleum hydrocarbons in difficult-state. Formed organic compounds gumusopodobnogo nature, positively affecting soil fertility. Created a number of biological products on the basis of active oil-degrading microbial genera of bacteria *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Azoto-bacter*, *Alkaligenes*, filamentous actinomycetes *Streptomyces*, *Aspergillus* and *Penicillium* fungi, etc. [73].

ex situ technology is used for the treatment of contaminated soil, previously removed from the surface of the selected piece of land. Isolation and treatment of contaminated materials off-site allow you to apply very sophisticated processing techniques that may be more efficient and fast, as well as safer for groundwater, flora and fauna and the local people. ex situ technology provides processing with imported soil spill site in specially equipped areas. Extraction of contaminated soil will quickly eliminate pollution. After removing the layer of soil mineral fertilizers are peat bogs, and make further organic fertilizer on mineral soils. The soil, cleaned of oil to return to the restored areas should have a residual oil content below the JDC oil. in situ technologies have an advantage due to their direct application to the site of contamination. Selection and application of technology in situ can be made only on the basis of the data about the quality of the treated surface of the soil. In addition, specialized cleaning of polluted areas may be required. Under unfavorable environmental conditions may also face difficulties in relation to sustainable pollutants [64]. in situ technology uses biological, mechanical and physical-chemical methods [64]. biological methods are considered the most promising. The best results were observed in the complex method of remediation of contaminated soil using agricultural technologies with the application of mineral fertilizers and sowing grass

meliorantov. This technology is aimed at enhancing indigenous oil-oxidizing soil microflora and does not require significant material costs. For phyto remediation of contaminated lands used most affordable seeds of annual and perennial herbs that have developed root systems, increased resistance to oil pollution of soil, adapted to local conditions. Biological remediation - remediation phase, which includes measures to restore their fertility, carried out after technical reclamation.

Soil vapor extraction at elevated temperatures. Like soil vapor extraction by ex situ technology, application of this technology requires an additional heat source. Additional heat increases the volatility of substances that promotes more complete their removal. As a heat source can serve hot air or steam injected, Electrical / radio frequency heater. It is necessary to take into account the possible interactions of toxic substances to the environment. In various substrate heating temperature may be achieved, depending on the equipment used. This technology can be used in relation to pesticides, volatile organic compounds, or fuel. Advantages: Since the contaminants under vacuum, the probability of their contact with the environment is reduced. Disadvantages: The technology may not be effective in view of the heterogeneous substrate. Excessive soil moisture can prevent the removal of toxins. The technology works only in the vadose zone (the unsaturated zone).

The expansion of the oil in the soil caused not only by the direct action of live microorganisms that are part of biological products, but also the ability to influence the last aboriginal microbial community of soil, increasing its ability to dispose of the oil. These drugs include the album containing natural natural microbial polymer polibeta-hydroxybutyric acid from the soil bacteria *Bacillus megaterium* and *Pseudomonas aureofaciens*, a set of macro-and micronutrients, pine extract and other components. It stimulates the local soil biocenosis and creates favorable conditions for the transfer of petroleum hydrocarbons in difficult-state. Formed organic compounds gumusopodobnogo nature, positively affecting soil fertility. Biopreparat album is able to significantly reduce oil pollution of soil. The rate of decomposition of oil in the soil under the effect of increases in Albit average 1,67-3,15 times. In industrial experiments demonstrated that Albit together with sowing neftetolerantnyh

herbs for one growing season reduces oil contamination of soil in 1,5-10,0 times [74,75].

### **1.5. Modern methods of remediation of soils contaminated with petroleum hydrocarbons. (Foreign experience)**

Leaking oil and petroleum products from pipelines has always posed a threat to the environmental safety of natural resources, human health and life. It is clear that at the present level of development of the oil industry is not possible to eliminate its impact on the environment, in this regard, there is a need to develop new and improve existing technologies recovery of oil-polluted and damaged land. [76] Below is a description of several new technologies developed in laboratories abroad.

In the US, the most common method of cleaning contaminated soil and groundwater is bioventilyatsiya. Its essence is that the contaminated zone through vertical or horizontal wells injected air in an amount sufficient to supply oxygen soil bacteria, organic compounds decompose to  $\text{NO}_2$  and water. Under the action of air stream together with the liquid contaminants are transported by air flow through the soil. By the time they reach the surface most of the time to decompose contaminants under the action of bacteria. This considerably reduces the contamination of waste gases and decrease its cleaning costs [77]. Electrochemical Technology "OBAYASI" Japanese firm provides a high degree of purification of toxic organic substances up to 25 names. To clean the area of 15 sq. m required voltage DC 50 V with a total processing power consumption of 5 kW. To remove 90% of cadmium, cyanide, lead, chromium, mercury and arsenic takes three months [78].

Electrokinetic technologies used to clean clay and loamy soils and soils with full or partial water saturation from heavy metals, cyanides, organic chlorine, oil and oil products. The main role is played by the processes of electroosmosis and electrophoresis. Electrokinetic technology advantage is the high degree of control and management of the cleaning process. Initial concentrations of toxicants can be reduced to 10-50 mg / kg to 1.10 mg / kg, which is well within the existing rules [78].

Electrokinetic process parameters: electrode voltage 4-200 V, the field strength of 20-200 V / m, current density of 0.5-5.0 A / m, the distance between the electrodes of 2-10 m, the depth of their laying - 2-5,0 m . cleaning efficiency - 80-99%. To achieve high purity without the use of chemicals or surfactant solutions impossible. The use of special chemical agents reduces power costs and time for cleaning. The cost of cleaning the soil ranges from 120 to 170 US dollars. Per 1 m<sup>3</sup> [79].

Soil vapor extraction at elevated temperatures. Like soil vapor extraction by ex situ technology, application of this technology requires an additional heat source. Additional heat increases the volatility of substances that promotes more complete their removal. As a heat source can serve hot air or steam injected, Electrical / radio frequency heater. It is necessary to take into account the possible interactions of toxic substances to the environment. In various substrate heating temperature may be achieved, depending on the equipment used. This technology can be used in relation to pesticides, volatile organic compounds, or fuel. Advantages: Since the contaminants under vacuum, the probability of their contact with the environment is reduced. Disadvantages: The technology may not be effective in view of the heterogeneous substrate. Excessive soil moisture can prevent the removal of toxins. The technology works only in the vadose zone (the unsaturated zone) [80].

ex situ technology is used for the treatment of contaminated soil, previously removed from the surface of the selected piece of land. Isolation and treatment of contaminated materials off-site allow you to apply very sophisticated processing techniques that may be more efficient and fast, as well as safer for groundwater, flora and fauna and the local people. ex situ technology provides processing with imported soil spill site in specially equipped areas. Extraction of contaminated soil will quickly eliminate pollution. After removing the layer of soil mineral fertilizers are peat bogs, and make further organic fertilizer on mineral soils. The soil, cleaned of oil to return to the restored areas should have a residual oil content below the JDC oil. in situ technologies have an advantage due to their direct application to the site of contamination. Selection and application of technology in situ can be made only on the basis of the data about the quality of the treated surface of the soil. In addition,

specialized cleaning of polluted areas may be required. Under unfavorable environmental conditions may also face difficulties in relation to sustainable pollutants [64]. in situ technology uses biological, mechanical and physical-chemical methods [64]. biological methods are considered the most promising. The best results were observed in the complex method of remediation of contaminated soil using agricultural technologies with the application of mineral fertilizers and sowing grass meliorantov. This technology is aimed at enhancing indigenous oil-oxidizing soil microflora and does not require significant material costs. For phyto remediation of contaminated lands used most affordable seeds of annual and perennial herbs that have developed root systems, increased resistance to oil pollution of soil, adapted to local conditions. Biological remediation - remediation phase, which includes measures to restore their fertility, carried out after technical reclamation.

Photolysis used in extreme cases of degradation for a wide variety of toxic organic compounds contained in soil and / or by photo catalytic water oxidation or thermal decomposition. In this process of vacuum extraction is used to remove contaminants from the soil. After contamination condensation catalyst are mixed with a semiconductor (e.g. titanium dioxide) and placed in the reactor, which is under the action of sunlight or UV irradiation. Light activates the formation of chemically active species - the hydroxyl radicals, which are strong oxidizing agents and decompose pollutants to less toxic. Some research centers in the US have developed a method of photolysis of organic pollutants contained in the solid, and liquid waste. Using this method allows to remove substances such as pesticides, explosives, colorants, volatile organic compounds, solvents, some heavy metals, furans, dioxins, PCBs and others. With high efficiency. Advantages: This technology completely breaks down toxic substances in the water / soil. Technology is effective for removing various contaminants classes to their minimum content. Disadvantages: There are a few large-scale applications, and inadequate information on the cost of the use of technology. Biological and physical contamination of suspended solids or sediment limits the effectiveness of this technology [79]. Canadian method of soil remediation, which is not whimsical to temperature, does not require transportation of

soil and landfills, requires no investments in special equipment and permanent technical staff. The process is very flexible, allows you to modify, using a variety of materials, microbiological preparations, fertilizers. On a dirt pad width of 3 meters snake stacked perforated plastic tubes, which are then backfilled with a layer of gravel, crushed stone or expanded clay, or a material such as "Dorn". On this porous pad sandwich stacked alternating layers of oil-contaminated soil and fertilizers. As the last used manure, peat, sawdust, straw and fertilizer, can be added to microbiological agents. Ridge takes cover with plastic wrap, in the pipe supplied with air from a compressor of suitable capacity. Compressor can work on fuel or electricity - if there is a connection. The air cushion is sprayed into the porous and promotes rapid oxidation. Pipes can be used repeatedly. The film prevents the cooling; If the heated air is fed and additionally insulate ridge peat or "dornitom", the method is effective and winter. Oil is oxidized almost completely for 2 weeks, and the residue is non-toxic and it is perfectly grow plants [80].

## Приложение Б

Таблица 6 – Технология проведения рекультивации

	Перечень мероприятий	Ответственный исполнитель	Сроки исполнения	
1.	Подготовительный этап	Инженер-технолог Мастер участка	Май	
	Обследование участка			
	- отбор проб почвы на содержание нефтепродуктов и рН; NPK; S0 <sub>4</sub> ; CL			
	- установка аншлагов на действующих коммуникациях, определение мест заезда на участок болото-ходной техники; составление схемы участка и его описания по результатам обследования			
1.1.	- фотографирование участка до рекультивации			
1.2.	По результатам обследования	Инженер-технолог Мастер участка		
	- определение нормы и технологии внесения минеральных удобрений			
	- расчет необходимого количества материалов для проведения комплексной рекультивации: удобрений, семян			
1.3.	Оформление необходимых разрешительных документов на производство работ. Проведение инструктажей по ТБ в производящих работы бригадах, ознакомление механизаторов и бригадиров с проходящими по участку коммуникациями	Мастер участка		
2.	Технический этап рекультивации			
2.1.	Доставка рабочего персонала, материалов и техники к месту проведения работ (вахтовый автобус, самосвал)	Мастер участка	Май-июнь	
3.	Биологический этап	Мастер участка, Инженер-технолог	Июнь	
	3.1.			Подготовка и внесение рабочего раствора биодеструктора (10000 дм <sup>3</sup> ) методом дождевания (мотопомпа)
	3.2.			Фрезерование фрезой болотной ФБН-2 на 20-30 см в агрегате с БШ-3А (8000 м <sup>2</sup> ) по разработанной схеме движения с одновременным внесением расчетных

Продолжение таблицы 6

	норм удобрений (азофоска 58 кг, аммиачная селитра 48 кг)		
3.3.	Ручная доработка необработанных техникой мест (2000 м <sup>2</sup> ) (края участка, охранные зоны действующих трубопроводов, берега канав, озёр, межтрубные пространства) - рыхление почвы, внесение удобрений (азофоска 14,5 кг, аммиачная селитра 12 кг)		
3.4.	Ручной посев семян многолетних трав (40 кг) и овса (100 кг) с внесение удобрений (азофоска 72,5 кг, аммиачная селитра 60 кг)		Август
3.5.	Контроль качества проведения биологического этапа рекультивации		
4.			
4.2	Сдача участка	Мастер участка, Инженер-технолог	Август- сентябрь
4.3			
4.1.	Отбор образцов почвы на количественно-химический анализ (КХА)		
4.2.	Фотографирование участка после рекультивации		
4.3.	Подготовка пакета документов для сдачи участка		