

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент магистратуры

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей  
среды в нефтегазовом и химическом комплексах

(направленность (профиль))

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Анализ и разработка системы управления отходами для объектов  
газопровода и нефтепровода на примере МН «Ванкорское месторождение»  
ООО «Сибрегионгазстрой»

Студент

А. А. Таначева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

к.т.н. И.И. Рашоян

руководитель

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## Содержание

Введение.....	4
Термины и определения .....	9
Перечень сокращений и обозначений.....	10
1 Характеристика отходообразующей деятельности на объектах газопровода и нефтепровода.....	11
1.1 Производственная деятельность и источники образования отходов на объектах газопровода и нефтепровода .....	11
1.2 Виды деятельности в области обращения с отходами на объектах нефтегазовой промышленности .....	22
1.3 Классификация отходов на предприятиях нефтегазовой промышленности.....	23
1.4 Способы утилизации отходов предприятий нефтегазовой промышленности.....	26
2 Анализ системы управления отходами на объектах магистральных нефте– и газопроводов.....	41
2.1 Современная система учета и нормирования отходов на объектах добычи и транспортировки нефти и газа.....	41
2.2 Проблемы по утилизации отходов на объектах транспортировки нефти и газа .....	44
2.3 Последствия поступления нефтесодержащих отходов для окружающей среды.....	53
3 Совершенствование системы управления отходами на объектах МН «Ванкорское месторождение» .....	61
3.2 Расчет количества образования отходов МН «Ванкорское месторождение» .....	68
3.3 Предложения по утилизации нефтесодержащих отходов МН «Ванкорское месторождение» .....	82

3.5 Утилизация нефтезагрязненного почвенного покрова .....	100
3.5 Эколого-экономическая эффективность совершенствования системы утилизации отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение».....	102
Заключение .....	107
Список используемых источников.....	113
Приложение А Транспортная схема зимних автомобильных дорог ООО «РН- Ванкор» .....	118
Приложение Б Геолого – физическая характеристика продуктивных пластов .....	119

## **Введение**

### **Актуальность и научная значимость настоящего исследования.**

Промышленная деятельность любых производственных объектов оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Нефтегазовая промышленность является одной из важнейших отраслей российской экономики, поскольку минерально-сырьевой потенциал государства обуславливает эффективность функционирования других отраслей промышленности и уровень развития социальной сферы, определяя, таким образом, место страны в мировой экономической системе.

Объемы добычи нефти уверенно растут с каждым годом, что связано с неугасающим спросом на данный вид энергетических ресурсов.

Как правило, предприятия нефтяной и газовой промышленности располагаются в отдаленных или малонаселенных районах со сложными климатическими условиями, далеко от потребителей конечной продукции.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью снижения уровня негативного воздействия на окружающую среду посредством внедрения природоохранных мероприятий, не прибегая при этом к значительным капитальным экономическим затратам.

В настоящее время в Российской Федерации осуществляется масштабная разработка нормативно – правовой базы по регламентации порядка получения комплексных экологических разрешений и внедрения наилучших доступных технологий.

Основой для настоящего исследования послужили учебники, учебные пособия и научные статьи в области изучения производственного экологического контроля и нормирования качества окружающей среды. Работа выполнена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к магистерским диссертациям.

**Объектом исследования** является МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой». Данная организация занимается эксплуатацией и транспортировкой объектов нефти и газа, добываемых на МН «Ванкорское месторождение».

**Предмет исследования** – система обращения с отходами на объектах газопровода и нефтепровода МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой».

**Цель исследования** состоит в анализе и разработке системы управления отходами для объектов газопровода и нефтепровода, включающую в себя, выбора оптимального способа бурения и разработку схемы утилизации нефтешламов и восстановления земель на шламонакопителях.

**Гипотеза исследования** состоит в том, что образование отходов в процессе производственной деятельности негативно влияет на техносферную безопасность организации и работающих там людей и в результате разработанной системы по утилизации нефтесодержащих отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой» можно уменьшить негативное влияние нефтесодержащих отходов.

**Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:**

1. Рассмотреть основную производственную деятельность на объектах нефте- и газодобычи, которая приводит к образованию отходов.
2. Изучить состав и свойства образуемых отходов, а также их классификацию по классам опасности.
3. Проанализировать количественный состав образуемых отходов.
4. Изучить возможные методы утилизации нефтесодержащих отходов.
5. Рассмотреть систему утилизации нефтесодержащих отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой».

6. Разработать предложения по безопасной системе утилизации нефтесодержащих отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой».

**Теоретико-методологическую основу исследования составили** труды российских ученых, практиков в области утилизации нефтесодержащих отходов.

**Базовыми для настоящего исследования явились также** локальные нормативные акты предприятия по утилизации нефтесодержащих отходов.

**Методы исследования:**

1. Эмпирический метод исследования – наблюдение и исследование процессов образования отходов в МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой».

2. Теоретический метод исследования – анализ научных публикаций (периодических изданий, материалов сборников научных конференций и т.п.) и учебных пособий (учебники, учебные пособия, методические указания и пр.), затрагивающих тематику научно–исследовательской работы. Анализ нормативных документов, регламентирующих те или иные характеристики, касающиеся объекта и предмета исследований.

**Опытно – экспериментальная база исследования** - МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой»

**Научная новизна исследования** заключается в исследовании возможности внедрения метода «реинджекшен» (то есть закачивание отходов в скважину) на территории Ванкорского МН.

**Теоретическая значимость исследования** заключается в изучении возможных способов утилизации нефтесодержащих отходов, а именно бурового шлама и буровых растворов.

**Практическая значимость исследования:** использование разработанной технологии утилизации нефтесодержащих отходов на

объектах нефте- и газодобычи позволит отказаться от хранения нефтесодержащих отходов в шламовых амбарах.

**Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается** использованием сертифицированного измерительного оборудования, корректным применением методов системного анализа, а также результатами экспериментальной проверки.

**Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит** в постановке цели, определении требуемых для ее достижения задач и их теоретической и практической реализации.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на международной научной конференции «Промышленная безопасность в нефтеперерабатывающей промышленности» (<https://esa-conference.ru/journal/62ya-mezhdunarodnaya-nauchnaya-konferentsiya-eno/>).

**На защиту выносятся:**

1. Результаты анализа производственной деятельности при эксплуатации объектов газовых и нефтяных месторождений приводит к большому количеству отходов, основная масса из которых представлена нефтесодержащими отходами.
2. Система управления утилизации нефтесодержащих отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой»: хранение нефтесодержащих отходов в шламовых амбарах с последующим обезвреживанием с использованием блока термического уничтожения отходов (БТУО).
3. Разработка предложения по безопасной системе утилизации нефтесодержащих отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой».
4. Разработка схемы по рекультивации имеющихся шламовых амбаров, которая включает технический и биологический этапы.

### **Структура работы.**

Работа состоит из введения, терминов и определений, перечня сокращений и обозначений, трех разделов, заключения и списка используемых источников.

Основная часть исследования изложена на 117 страницах, текст иллюстрирован 12 таблицами, 24 рисунком.

## Термины и определения

В настоящем отчете применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Анизотропия пласта – различия физических свойств в трех взаимно – перпендикулярных направлениях.

Наклонно–направленное бурение – это формирование буровых стаканов, отклоняющихся от вертикальной оси.

Нефтесодержащие отходы – это различные по составу, свойствам, агрегатному состоянию материалы, вещества, изделия, содержащие нефтепродукты, утратившие потребительские свойства полностью или частично.

Реинджекшн – это технология закачивания отходов бурения и нефтедобычи в подземные пласты через специально пробуренную или уже существующую скважину.

## Перечень сокращений и обозначений

В настоящем отчете по производственной практике применяют следующие термины с соответствующими определениями, обозначениями и сокращениями:

ГЭЭ – государственная экологическая экспертиза;

БТУО – блок термического уничтожения отходов;

ГСМ – горюче – смазочные материалы;

КЭР – комплексное экологическое разрешение;

МН – месторождение нефти;

НГКМ – нефтегазоконденсатное месторождение;

НДТ – наилучшая доступная технология;

НИР – научно – исследовательская работа;

НПС – насосно-перегонная станция;

ППЭЭ – программа повышения экологической эффективности.

# **1 Характеристика отхообразующей деятельности на объектах газопровода и нефтепровода**

## **1.1 Производственная деятельность и источники образования отходов на объектах газопровода и нефтепровода**

Нефтегазовая промышленность – отрасль экономики, состоящая из последовательных процессов – добыча, переработка, транспорт, складирование, продажа полезных ископаемых нефти и газа.

В нефтегазовой промышленности выделяются 3 основных сектора:

- разведка;
- добыча;
- транспорт/переработка.

Сфера добычи включает в себя и разведку. Разведка и добыча специализируются на поиске потенциальных подводных и подземных газовых и нефтяных месторождений, последующее бурение скважин с целью разведки, последующая эксплуатация подходящих скважин уже для извлечения, а затем поднятия к поверхности природного газа и сырой нефти. Затем это сырье (природный газ, сырая нефть, жидкости из газа) хранится, доставляется на рынок, транспортируется до его обработки и превращением в итоговые продукты. Касательно природного газа, то он перед использованием практически не перерабатывается, но необходима немедленная отправка потребителям. Его сфера применения включает химическую промышленность, электроэнергетику, полиграфию, металлургию, жилищно – коммунальное хозяйство, строительство.

На рисунке 1 – обустройство Ванкорского месторождения. Разведочная скважина.



Рисунок 1 – Обустройство Ванкорского месторождения. Разведочная скважина

В сектор транспортировки и переработки входят нефтеперерабатывающие, нефтехимические заводы, предприятия по распределению и продаже природного газа и нефтепродуктов. Этот сектор обслуживает потребителей, нуждающихся в тысячах продуктах: бензин, печное, дизельное топливо, топливо реактивных двигателей, асфальт, резина, смазочные материалы, пластик и другое. Основные типы нефтепроводов – промысловые и магистральные.

Строительство и эксплуатация объектов газо – нефтедобывающего комплекса предполагает наличие целого ряда источников загрязнения. При этом основными потенциальными источниками загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на месторождении являются:

- трубопроводы;
- шламовые амбары;
- скважины;
- пункты сбора и подготовки нефти;

- кустовые насосные станции;
- факелы ДНС.

Причины попадания нефти на рельеф:

- аварийные разливы нефти в результате коррозии нефтепроводов и механических разрушений;
- разрушение обваловки шламового амбара и растекание его содержимого;
- некачественная гидроизоляция стенок и дна шламового амбара, ее нарушение или отсутствие;
- негерметичность устьев скважин, задвижек, фланцевых соединений;
- разливы нефти в результате трещин и переполнения резервуаров.

Трубопроводная система включает непосредственно линейный объект, арматуру, а также прочие сопутствующие объекты.

Трубопроводной арматурой называют устройства, посредством которых осуществляется управление движением по трубопроводам потока жидкости, газа (пара), а также сыпучего материала. Трубопроводная арматура применяется для управления процессом движения части потока или его отдельной фазы жидкой или газовой.

Структурными элементами магистральных нефтепроводов являются:

- перекачивающие и наливные насосные станции,
- линейные сооружения,
- резервуарные парки.

Линейные сооружения включают:

- непосредственно трубопровод с ответвлениями и лупингами,
- переходы через естественные и искусственные препятствия,
- запорную арматуру,
- узлы подключения нефтеперекачивающих станций,
- линии и сооружения технологической связи,

- оборудование электрохимической защиты трубопроводов от коррозии,
- средства телемеханики трубопровода,
- линии электропередач, предназначенные для обслуживания трубопроводов,
- устройства электрообеспечения и удаленного управления запорной арматурой;
- противопожарные и противоаварийные средства,
- емкости для накопления и хранения конденсата,
- земляные обвалования для аварийного спуска нефтепродуктов,
- здания и сооружения линейной службы эксплуатации трубопровода;
- постоянные дороги и вертолетные площадки, размещенные вдоль трассы трубопровода, и подъезды к ним,
- сигнальные и опознавательные знаки местонахождения трубопровода.

«Чаще всего прокладка магистрального трубопровода осуществляется в заглубленном в грунте на глубину 0,8 м. при условии, если другой размер глубины заложения не диктуется особыми геологическими условиями или необходимостью поддержания температуры перекачиваемого продукта на определенном уровне (например, для исключения возможности подмерзания накопившейся воды)» [2].

«Для конструирования магистральных трубопроводов используют цельнотянутые или сварные трубы диаметром 300-1420 мм. Толщина стенки трубы определяется проектным давлением в трубопроводе. Трубопровод, протягиваемый по районам с вечномерзлыми грунтами или через болота, следует класть на опоры или в искусственные насыпи» [2].

При пересечении крупной реки нефтепровод иногда утяжеляют закрепленными на трубах грузами или сплошными бетонными покрытиями

закрепляют специальными анкерами и заглубляют ниже дна реки. Кроме основной, прокладывают резервную нитку перехода того же диаметра. При пересечении железных и шоссейных трасс трубопровод закладывается в патрон из труб, диаметр которых на 100-200 мм превышает диаметр трубопровода.

«На трубопроводе ставят линейные задвижки для перекрытия участков в случае аварии или ремонта, при этом соблюдают интервалом 10-30 км в зависимости от рельефа трассы» [2].

Вдоль трассы трубопровода необходимо сооружение линии связи (телефонной, радиорелейной), которая в основном имеет диспетчерское назначение.

Размещенные вдоль трассы станции катодной и дренажной защиты, а также протекторы препятствуют образованию наружной коррозии, в дополнение к антикоррозионному изоляционному покрытию трубопровода.

«Нефтеперекачивающие станции (НПС) размещаются вдоль нефтепровода с интервалом 70—150 км. Перекачивающие (насосные) станции нефтепроводов и нефтепродуктопроводов снабжаются, как правило, центробежными насосами с электроприводом. Подача применяемых в настоящее время магистральных насосов достигает 12500 м<sup>3</sup>/ч. В начале нефтепровода находится головная нефтеперекачивающая станция (ГНПС), которая располагается вблизи нефтяного промысла или в конце подводящих трубопроводов, если магистральный нефтепровод обслуживают несколько промыслов или один промысел разбросанный на большой территории, ГНПС отличается от промежуточных наличием резервуарного парка объемом, равным двух – , трехсуточной пропускной способности нефтепровода. Кроме основных объектов, на каждой насосной станции имеется комплекс вспомогательных сооружений: трансформаторная подстанция, снижающая подаваемое по линии электропередач (ЛЭП) напряжения от 110 или 35 до 6 кв., котельная, а также системы водоснабжения, канализации, охлаждения и

так далее. Если длина нефтепровода превышает 800 км, его разбивают на эксплуатационные участки длиной 100-300 км, в пределах которых возможна независимая работа насосного оборудования. Промежуточные насосные станции на границах участков должны располагать резервуарным парком объемом, равным 0,3-1,5 суточной пропускной способности трубопровода. Как головная, так и промежуточные насосные станции с резервуарными парками оборудуются подпорными насосами. Аналогично устройство насосных станций магистральных нефтепродуктопроводов» [6].

«Тепловые станции устанавливают на трубопроводах, транспортирующих высоко застывающие и высоковязкие нефти и нефтепродукты иногда их совмещают с насосными станциями. Для подогрева перекачиваемого продукта применяют паровые или огневые подогреватели (печи подогрева) для снижения тепловых потерь такие трубопроводы могут быть снабжены теплоизоляционным покрытием» [6].

Таки образом, на объектах добычи и транспортировки нефти и газа предусмотрена масштабная сеть объектов инфраструктуры. Например, инфраструктура Ванкора включает в себя более 400 км внутривнепромысловых трубопроводов, 120 км автомобильных дорог, более 1400 км линий электропередачи. Для транспортировки добытой на месторождении нефти в 2009 г. был построен 556 – километровый нефтепровод Ванкор – Пурпе диаметром 820 мм, связавший месторождение с магистральным нефтепроводом Пурпе – Самотлор.

«Спецификой строительства линейных объектов является их размещение в естественных условиях, где биогеоценозы не подвергались антропогенному воздействию. Поэтому представители животного мира очень остро реагируют на какое – либо вмешательство извне» [6].

«Строительство сопряжено с определенными видами негативного воздействия. При этом воздействие может оказываться как непосредственно, так и опосредованно, то есть косвенным путем. Наиболее существенные

факторы, оказывающие негативное воздействие проявляются на стадии строительства, однако, и в период эксплуатации так же отмечается воздействие» [6].

«При осуществлении строительных работ, а также при эксплуатации происходит трансформация ландшафта, что является существенным фактором при деградации экосистем» [6].

«Трансформация ландшафта достигается путем изменения характера землепользования на участке строительства, происходит отчуждение земельных ресурсов с полным уничтожением экосистем. В результате чего снижается кормовая база, происходит миграция животных. Все большее внимание исследователей привлекает сокращение площади местообитаний животных, их фрагментация и проявление в разрозненных участках обитания процессов инсуляризации местообитаний, затрудняющих или полностью исключающих взаимообмен особей из отдельных популяций» [6].

В целом негативному воздействию подвергаются все компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, водные объекты, почва, а также представитель флоры и фауны.

Нефтегазовая промышленность является одной из наиболее значимых отраслей экономики и представлена такими направлениями, как разведка подводных и подземных месторождений нефти и газа, их добыча и последующая переработка на специализированных предприятиях. Продукты нефтепереработки – дизельное топливо, бензин, керосин, мазут, асфальт, парафин, нефтяные масла и пр. находят широкое применение в различных сферах жизнедеятельности человека.

«На одну буровую платформу приходится до 40 скважин, что приводит к образованию большого количества буровых отходов, наибольший объем из которых составляют буровые шламы. Опасность бурового шлама определяется составом бурового раствора. Основным компонентом РУО является дисперсионная среда. Сложный химический состав дисперсионных

сред затрудняет возможность их разделения на индивидуальные углеводороды, поэтому об их химическом составе судят по содержанию в них отдельных групп углеводородов – нафтеновых, парафиновых, ароматических, а также асфальто-смолистых веществ, которые являются высокотоксичными. Кроме того, некоторые из эмульгаторов и других поверхностно – активных веществ, используемых в неводных БР, также являются токсичными» [3].

На рисунке 2 – диаграмма процентного соотношения химических составляющих в РУО: бентонитовые глины, лигниты, понизители фильтрации, гильсонит, смачивающие реагенты, понизители вязкости



Рисунок 2 – Процентное соотношение химических составляющих в РУО: бентонитовые глины, лигниты, понизители фильтрации, гильсонит, смачивающие реагенты, понизители вязкости [3]

Для складирования полученных в процессе переработки нефти продуктов, как правило, используют предназначенные специально для этих целей резервуары нефтехранилища, а транспортировка исходного сырья осуществляется по магистральным или промысловым трубопроводам, а

также водным транспортом – танкерами. Учитывая тот факт, что нефть является основной статьей отечественного экспорта, крупнейшие российские компании вкладывают немало средств в современное оборудование и разработку новых нефтегазовых месторождений. Процесс их освоения происходит с использованием уникального высокотехнологичного скважинного оборудования, комплекса инженерных сооружений и различных установок.

Природный газ играет ключевую роль в обеспечении экологически чистой энергетики будущего нашей страны. Соединенные Штаты обладают огромными запасами природного газа, которые являются коммерчески жизнеспособными в результате достижений в области горизонтального бурения и технологий гидроразрыва пласта, обеспечивающих более широкий доступ к газу в сланцевых пластах. Ответственное освоение ресурсов сланцевого газа Америки дает важные экономические, энергетические и экологические преимущества.

Операции по разведке и установке добывающих скважин на нефть и газ обычно состоят из трех этапов:

1. Образовавшиеся отходы стадий бурения и заканчивания скважин:

- буровые растворы;
- «хвосты»;
- производимая вода.

2. Стадия стимуляции скважин (гидроразрыв пласта)

Образовавшиеся отходы:

- возврат жидкости для гидроразрыва;
- производимая вода.

Образовавшиеся отходы стадии добычи: производимая вода.

Во время гидроразрыва пласта специально разработанные жидкости, содержащие химические добавки и проппант (например, песок), закачиваются под высоким давлением в скважину для создания и удержания

открытых трещин в геологической формации. Гидравлический разрыв часто выполняется поэтапно, и после каждой стадии некоторые жидкости возвращаются на поверхность по мере возврата жидкости для гидроразрыва («обратный поток»).

Важно отметить, что использование горизонтального бурения в сочетании с гидроразрывом пласта часто может приводить к большим объемам обратного потока, что является ключевым признаком, отличающим отходы, образующиеся во время гидроразрыва пласта в нетрадиционных коллекторах, от отходов, образующихся во время других видов разведки и добычи. Например, большие объемы обратного стока требуют большей емкости для хранения на месте, используя наземные установки (ямы) или резервуары.

По мере увеличения использования гидравлического разрыва пласта возникают опасения по поводу потенциальных воздействий на здоровье населения и окружающую среду, включая потенциальные воздействия, возникающие в результате неправильного обращения с отходами от разведки и добычи. Правильное обращение с отходами важно для всех отходов разведки и добычи, включая те, которые связаны с гидроразрывом пласта.

«Солевой раствор, содержащийся в коллекторах нефти и газа, известен как «пластовая вода». Во время бурения на поверхность закачивается смесь нефти, газа и пластовой воды. Вода отделяется от нефти и газа в резервуары или ямы, где она называется «пластовая вода». Поскольку нефть и газ из пласта удаляются, большая часть того, что выкачивается на поверхность, является пластовой водой. Следовательно, истощение нефтяных и газовых месторождений генерирует больше добываемой воды» [9].

Шлам состоит из растворенных твердых частиц, которые осаждаются из попутной воды при изменении ее температуры и давления. Шлам обычно состоит из маслянистого рыхлого материала, часто содержащего соединения кремнезема, но может также содержать большое количество бария.

Высушенный или с низким содержанием масла выглядит и ощущается как почва.

В процессах добычи нефти, используемых при традиционном бурении, ежегодно образуется около 230 000 тонн или пять миллионов футов<sup>3</sup> (141 кубический метр) шлама. API определил, что большая часть шлама оседает из производственного потока и остается в резервуарах для хранения нефти и воды.

Химические вещества для добычи нефти и газа могут быть чистыми соединениями или смесями, содержащими активные ингредиенты, растворенные в растворителе или соразтворителе, и использоваться для обслуживания многих процессов

«Компоненты гидроразрыва пласта могут представлять угрозу для здоровья населения и окружающей среды, поскольку некоторые из них, как известно, являются очень токсичными, некоторые – канцерогенными, а другие считаются эндокринными разрушителями. Информация по другим химическим веществам остается частной, информация о которых не распространяется на здоровье населения и окружающую среду. Недавние исследования показали, что в 67 %, 37 % и 18 % оцененных скважин был проведен гидроразрыв с применением менее 1,5 или 10 патентованных химикатов, соответственно» [15].

«Загрязнение почвы может происходить из-за разливов жидкостей во время процессов бурения и гидроразрыва пласта, а также при транспортировке на грузовиках или по трубопроводу сточных вод, а также в результате выхода из строя обсадных труб и оборудования, а также коррозии труб и резервуаров. В некоторых регионах скважины переводят на очистные сооружения; однако объекты могут быть не в состоянии удалить некоторые антропогенные или встречающиеся в природе соединения. Это может привести к их сбросу после обработки в поверхностные воды и, в конечном итоге, в почву» [15].

Таким образом, в производственной деятельности организации образуется большое количество отходов.

## **1.2 Виды деятельности в области обращения с отходами на объектах нефтегазовой промышленности**

В рамках системы управления природоохранной деятельностью осуществляется комплекс мер, направленных на обеспечение соблюдения всех норм, установленных законодательством РФ и международными правовыми актами в области охраны окружающей среды.

Деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению отходов осуществляется в соответствии с и с 01.06.2015 г. подлежит обязательному лицензированию.

На отходы I – IV класса опасности должен быть составлен паспорт. Паспорт отходов I – IV класса опасности составляется на основании данных о составе и свойствах этих отходов, оценки их опасности.

«Юридические лица, в результате хозяйственной и иной деятельности которых образуются отходы (за исключением субъектов малого и среднего предпринимательства), разрабатывают проекты нормативов образования отходов и лимитов на их размещение. Предприятия, осуществляющие деятельность в области обращения с отходами, организуют и осуществляют производственный контроль за соблюдением требований законодательства Российской Федерации в области обращения с отходами» [15].

В соответствии с ФЗ №7 «Об охране окружающей среды» за размещение отходов производства и потребления взимается плата как за негативное воздействие на окружающую среду.

В России шламонакопитель (или шламовый амбар) официально является специально оборудованным объектом размещения отходов, в

котором может осуществляться как хранение отходов сроком не более, чем 11 месяцев, так и захоронение отходов.

«К таким объектам также предъявляются специальные требования как к объекту капитального строительства:

- требования к наличию проектной документации, материалов оценки воздействия на окружающую среду и положительного заключения государственной экологической экспертизы федерального уровня;
- требования к проведению собственником шламонакопителя мониторинга, контроля, осуществления работ по восстановлению нарушенных земель. Шламонакопитель для размещения буровых шламов должен быть внесен в государственный реестр объектов размещения отходов (ГРОРО)» [15].

Требования состоят в необходимости наличия у таких объектов противofильтрационных экранов, сбора эмульсии нефтепродуктов с поверхности шламового амбара, а также осуществления очистки и обезвреживания буровых отходов физико – химическими и биологическими методами.

### **1.3 Классификация отходов на предприятиях нефтегазовой промышленности**

Отходы на предприятиях нефтегазовой промышленности возникают как в результате производственной деятельности, так и при потреблении. В соответствии с этим они подразделяются на отходы производства и отходы потребления. Количественное соотношение по данным категориям отходов приведено на рисунке 3.

«Отходами производства следует считать остатки сырья, материалов или полуфабрикатов, образовавшиеся при изготовлении продукции и

полностью или частично утратившие свои потребительские свойства, а также продукты физико – химической или механической переработки сырья, получение которых не являлось целью производственного процесса и которые в дальнейшем могут быть использованы в народном хозяйстве как готовая продукция после соответствующей обработки или в качестве сырья для переработки» [4].

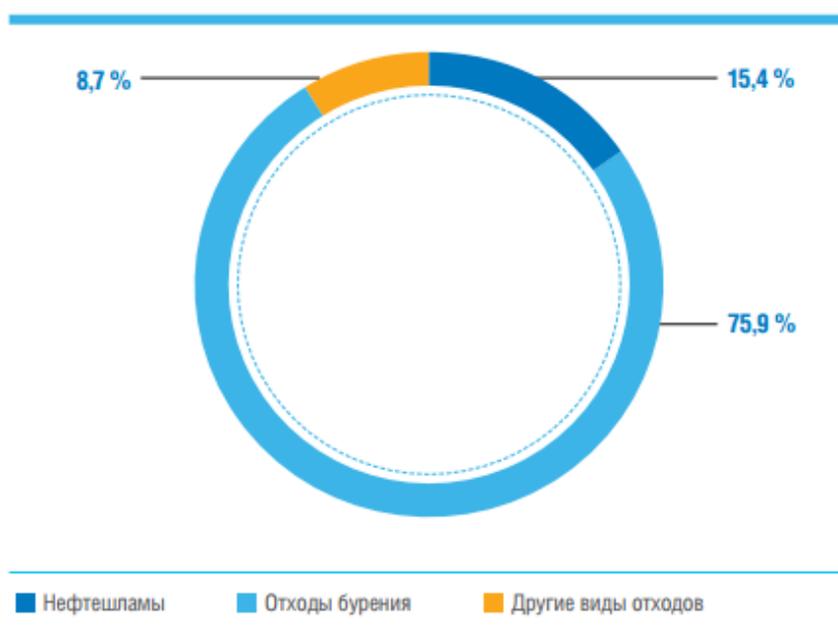


Рисунок 3 – Процентное соотношение образующихся отходов различных видов

В процессе основной производственной деятельности образуются следующие виды отходов:

- всплывающая пленка из нефтеуловителей (бензиноуловителей);
- отходы переработки нефти, угля, газа, горючих сланцев и торфа (отходы нефти от анализа в химической лаборатории);
- шлам очистки трубопроводов и емкостей (бочек, контейнеров, цистерн, гудронаторов) от нефти и нефтепродуктов;
- сальниковая набивка асбесто – графитовая, промасленная (содержание масла менее 15 %);

- отходы при добыче нефти и газа (отработанный буровой раствор);
- отходы при добыче нефти и газа (шлам бурения скважин) и так далее

«Отходами потребления считаются различного рода изделия, комплектующие детали и материалы, которые по тем или иным причинам не пригодны для дальнейшего использования. Эти отходы можно разделить на отходы промышленного и бытового потребления. К первым относятся, например, металлолом, вышедшее из строя оборудование, изделия технического назначения из резины, пластмасс, стекла и др. Бытовыми отходами являются пищевые отходы, изношенные изделия бытового назначения (одежда, обувь и пр.), различного рода использованные изделия (упаковки, стеклянная и другие виды тары), бытовые сточные воды и др» [16].

Данную группу представляют следующие виды отходов, образующихся в ходе вспомогательных видов деятельности:

- ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак;
- аккумуляторы свинцовые отработанные неповрежденные, с не слитым электролитом;
- масла моторные отработанные;
- отходы твердых производственных материалов, загрязненные нефтяными и минеральными жировыми продуктами (отработанные фильтрующие элементы смазки двигателей автомобилей);
- мусор от бытовых помещений, организаций несортированный (исключая крупногабаритный);
- отходы из жилищ несортированные (исключая крупногабаритные);
- лом черных металлов несортированный;
- отходы сучьев, ветвей от лесоразработок;
- пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания и

пр.

#### **1.4 Способы утилизации отходов предприятий нефтегазовой промышленности**

Рассмотрим способы утилизации отходов предприятий нефтегазовой промышленности.

«Твердые отходы нефтехимических предприятий включают в свой состав разнообразные вещества органического происхождения. К твердым отходам нефтехимического синтеза относятся: ветошь, пропитанная органическими веществами, активный уголь, иониты и другие адсорбенты, смолы, тяжелые металлы, их соли и оксиды, сульфиды, сульфаты, твердая часть нефтяных шламов, избыточный активный ил станций биологической очистки и осадки сточных вод» [5].

«При механической очистке производственных сточных вод образуются шламы и пастообразные осадки, которые не обходимо обрабатывать с целью утилизации или ликвидации. Осадки обычно накапливаются в специально оборудованных шламонакопителях» [5].

«В настоящее время получили распространение методы интенсивной обработки осадков: механическое обезвоживание на вакуум – фильтрах, фильтр – прессах и на центробежных сепараторах. Обезвоженные осадки и шламы в зависимости от их состава ограничено используются в промышленности, а в большинстве случаев вывозятся в отвал. В случае содержания в осадках токсичных веществ их подвергают термическому обезвреживанию или захоронению» [5].

«Сегодня в мировой практике широко применяются биотехнологические методы очистки окружающей среды от нефти и нефтепродуктов, основанные на использовании высокоактивных микроорганизмов – деструкторов» [5].

«Твердые отходы включают в себя строительный мусор, древесину, землю, песок, загрязненные нефтепродуктами, полимерные материалы, осадки минеральных солей, шлаки, промышленные твердые отходы химических производств и так далее» [5].

Методы обезвреживания твердых отходов нефтехимических производств приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Методы обезвреживания ТО

Отходы	Методы обезвреживания
Строительный мусор	Организованная свалка
Древесина, земля, песок, загрязненные нефтепродуктами	Организованная свалка
Полимерные материалы	Организованная свалка
Осадки минеральных солей, шлаки	Отвал
Промышленные твердые отходы химических производств (органические вещества с температурой плавления выше 30...40 °С)	Сжигание
Осадки сточных вод	Обезвоживание, использование, отвал, сжигание
Отработанный активный уголь	Сжигание
Отработанные иониты	Сжигание
Нефтяной шлам	Сжигание

«Так как углеводородокисляющие микроорганизмы являются постоянными компонентами почвенных и водных биоценозов, возникает естественное стремление использования их катаболической активности для очистки нефтезагрязненных природных субстратов» [5].

«Ускорить этот процесс с помощью микроорганизмов возможно двумя способами:

- во-первых – активизацией метаболической активности естественной микрофлоры почвенных и водных экосистем путем изменения соответствующих физико – химических условий среды;
- во-вторых – внесением специально подобранных активных нефтеокисляющих микроорганизмов в загрязненную почву или воду» [5].

«Для переработки нефтешламов используют биотехнологии, химиотехнологии, акустические, термические и чисто огневые технологии, а также комбинированные технологии» [5].

Наиболее распространенные механизмы утилизации нефтесодержащих отходов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Механизмы утилизации нефтесодержащих отходов

Вид материала	Методы извлечения нефти	Способ утилизации
Неэмульгированные нефтепродукты и загрязненные воды	Гравитационная или осадительная сепарация эмульсии. При этом извлеченная вода предполагает дальнейшую ее обработку	Использование извлеченной нефти в качестве топлива или сырья. Очищенную воду возвращают в производство или источник.
Эмульгированные нефтепродукты	Расщепление воды с освобождением воды следующими способами: – при помощи тепловой обработки; – при помощи химических веществ для расщепления эмульсии	Использование извлеченной нефти в качестве топлива или сырья Стабилизация и повторное использование Сжигание
Смесь нефти с булыжником, галькой, щебнем	Сбор жидкой фазы, которая просачивается при хранении в течение непродолжительного времени Экстракция нефти из песка путем промывки водой или растворителем	Возвращение очищенных камней, гальки или щебня в исходное место Стабилизация и повторное использование Захоронение
Смесь нефти с кусками древесины, пластмассы, морскими водорослями или сорбентами	Сбор жидкой нефти, которая просачивается при хранении в течение непродолжительного времени Смывание нефти с поверхности мусора при помощи воды Удаление воды Сжатие	Стабилизация и повторное использование после удаления крупных частиц Разложение при возделывании земли или компостирование нефти, которая находится в смеси с морскими водорослями, моллюсками или природными сорбентами Захоронение Сжигание

Установки, позволяющие безопасно утилизировать нефтесодержащие отходы путем сжигания, рекомендуемые в качестве наилучших доступных технологий приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень оборудования для сжигания нефтесодержащих отходов

Наименование оборудования	Производительность, т/час	Технология	Система очистки газов	Применение на предприятиях
КТО – 1000.3.B / КТО – 1000.Ш	1 т/час	Сжигание во вращающейся печи	Камера до – жига газов, Механическая очистка газов (рукавный фильтр, керамический патронный фильтр, мокрое пылеулавливание) Химическая очистка газов (сухой, полусухой, мокрый скруббер)	1) ООО «ТК «НефтеХимГаз» г. Москва 2) ОАО «РЖД» г. Москва
Мусоросжигательная установка СВ 128SW – L	0,3 т/час	Сжигание в камерной печи сжигания, оборудованная системой поддувал	Камера до – жига газов	АО «ЧГТК», г. Анадырь
Установка «Форсаж – 2М»	180 кг/час	Сжигание в камере сгорания (бочке)	Камера до – жига газов	ООО «УНР – 17» Владимирская обл.
Инсинера – торная установка ИУ – 80	0,18 т/час	Сжигание в печи	Камера до – жига газов	МУП МО «НР» «Переработчик» г. Нерюнгри
КТО – 50.К20.П КТО – 50.К40.П КТО – 50.БМ.П	Кто50 (0,05 т/час) Кто100 (0,1 т/час) Кто150 (0.15 т/час)	Сжигание в подовой печи	Камера до – жига газов, Механическая очистка газов (рукавный фильтр, керамический патронный фильтр, мокрое пылеулавливание) Химическая очистка газов (сухой, полусухой, мокрый скруббер)	20 предприятий на территории Российской Федерации
Установка	0,05т/час	Сжигание в	Камера до – жига газов	более 10

«Форсаж – 1»		камере сгорания (бочке)	предприятий на территории Российской Федерации
--------------	--	-------------------------	--

Одной из наиболее эффективных является установка по пиролизу нефтесодержащих отходов, предложенная Фетисовым Д.Д.

«Углеродсодержащие отходы (шламы) доставляются и загружаются в приемный бункер 3. Равномерная подача утилизируемого материала в реактор 5 производится винтовым конвейером 4, приводимым в движение электрическим двигателем 1 через редуктор 2. Воздушно – шламовая смесь движется по реактору, между двумя парами графитовых электродов 15, заключенных в металлическую оболочку, которые подключены к выводам понижающего трансформатора 16. В дальнейшем смесь поступает во вторую высокотемпературную зону, где происходит окончательный процесс сгорания смеси, на которое идет оставшийся кислород подаваемого в реактор воздуха, и окончательная газификация органической составляющей» [18].

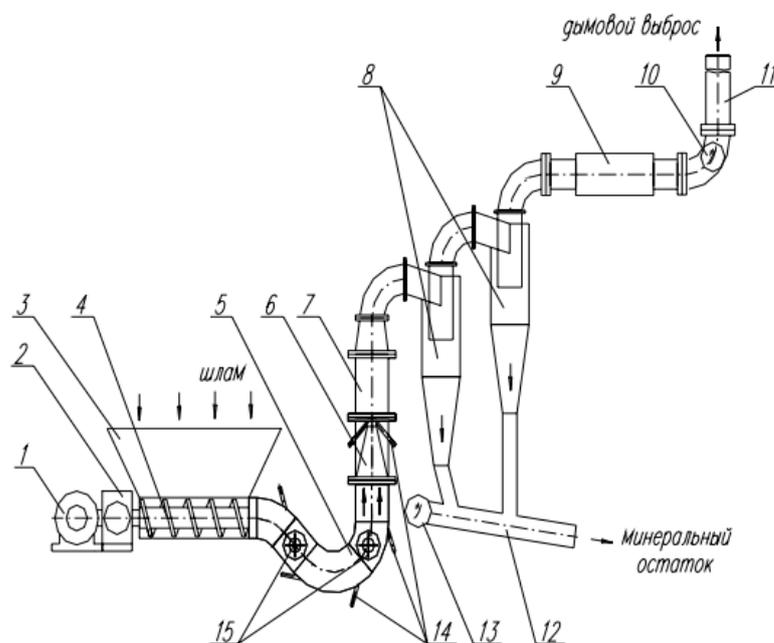
«Образующиеся в процессе утилизации смесь через инжектор 6 подается в камеру дожигания, куда также подается сжатый воздух через инжекторные каналы. При этом происходит полное сгорание пиролизного газа и возникает избыточное давление в камере дожигания, которое обеспечивает выброс минеральной составляющей дымовых газов по отводящим патрубкам в первый циклон 8» [18].

«Минеральный остаток через нижнюю конусную часть циклона ссыпается в закрытый разгрузочный канал 12 и выносится в отвал воздушным потоком, создаваемым осевым вентилятором разгрузки 13» [14].

«Дымовые газы подаются по отводящему патрубку во второй циклон 8, где и производится окончательное отделение твердой фазы, которая также через разгрузочный канал 12 выносится в отвал. Дымовые газы из второго циклона поступают в нейтрализатор 9, за счет разряжения, создаваемого

дымососом 10. После очистки дымовые газы через дымовую трубу 11 выбрасываются в атмосферу» [14].

Принципиальная схема установки представлена на рисунке 4.



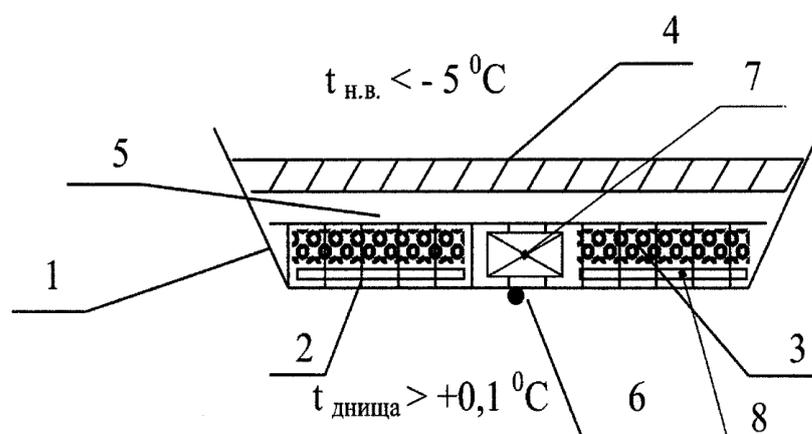
1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – бункер загрузочный; 4 – конвейер винтовой; 5 – камера пиролизная; 6 – инжектор; 7 – камера дожигания; 8 – циклоны; 9 – нейтрализатор; 10 – дымосос; 11 – труба дымовая; 12 – канал разгрузочный; 13 – вентилятор разгрузки; 14 – форсунки воздушно – подающие; 15 – электроды

Рисунок 4 – Принципиальная схема установки для утилизации нефтешламов

«Производительность установки зависит от содержания углеводородов в нефтешламах и нефтезагрязненных землях, например, при 10% (вес) твердой фазы производительность установки будет 0,1 м<sup>3</sup> /час, а при 90 – 1,2 м<sup>3</sup> /час. Данную установку предлагается использовать для ликвидации любых органических отходов, например, нефтешламов и разлившейся нефти путем перевода их в углеводороды нефтяного ряда. Реализация технических мероприятий представлена внедрением на объектах нефтегазового комплекса наилучших доступных технологий, направленных

на уменьшение негативного воздействия. Способ утилизации отходов нефтегазовой промышленности относится к утилизации отходов нефтегазовой промышленности и может быть использовано для обезвреживания, ликвидации или повторного использования в строительстве сооружений, технической рекультивации нефтезагрязненных земель. Способ утилизации отходов нефтегазовой промышленности включает разделение в пространственно подвижной емкости на твердую и жидкую фазы, обезвреживание до 40% жидкой фазы в ходе послойного вымораживания при температуре наружного воздуха ниже минус  $5^{\circ}\text{C}$ . Затем удаляют ледяные блоки. При этом удаляют образующуюся пленку низковязкой нефти. Повторно разделяют жидкую фазу на составляющие аэрацией горячим воздухом и вибрацией. Жидкую фазу, нефть, твердую фазу удаляют из емкости. Твердую фазу и нефть смешивают и подвергают последующей термической обработке, охлаждают и утилизируют на объектах нефтегазовой промышленности. Для повторного использования при необходимости вводят органические вещества свыше 14% от массы смеси и получают строительный материал. Изобретение позволяет снизить трудозатраты на обезвреживание отходов, снизить объемы отходов для захоронения» [18].

На рисунке 5 представлена схема устройства по утилизации нефтесодержащих отходов:



1 – емкость, 2 – осадок, 3 – твердая фаза отходов, 4 – ледяной блок, 5 – жидкая фаза отходов, 6 – ось, 7 – вибратор, 8 – перфорированные трубы

Рисунок 5 – Схема устройства по утилизации нефтесодержащих отходов:

Реализация заявляемого способа обезвреживания, утилизации отходов осуществляется следующим образом.

«В зимние периоды года (при отрицательной температуре наружного воздуха ниже минус 5°С) или в летние периоды года с использованием искусственного холода отходы помещают в специальную емкость 1 (рис.5). На днище 2 емкости 1 поддерживают температуру не ниже 0,1°С. В этих условиях сформированную на поверхности нефтесодержащих отходов пленку удаляют из емкости 1 одним из известных способов, например скиммером» [18].

«Под воздействием гравитационных сил в емкости 1 происходит осаждение твердой фазы отходов 3, а в верхней ее части под воздействием отрицательной температуры наружного воздуха формирование ледяного блока 4. Особенности процесса послойного вымораживания заключаются в том, что при засоленной жидкой фазе отходов выделяются кристаллы опресненного льда, а твердая фаза, содержащая различные химические элементы, отторгается от зоны кристаллообразования. В результате одновременно происходит разделение отходов на ледяной блок 4, твердую фазу 3 и жидкую фазу 5, а также обезвреживание ледяного блока 4 от механических и химических веществ. При промерзании до 40% жидкой фазы отходов процесс вымораживания прекращают, поскольку в условиях повышенной минерализации в оставшейся части жидкости развивается процесс обратного засоления (загрязнения) опресненного льда. Сброс ледяного блока 4 на рельеф местности осуществляют при повороте емкости 1 вокруг оси 6» [18].

«Жидкую фазу 5, содержащую в общем случае вещества органического

и неорганического происхождения, дополнительно обезвреживают за счет аэрации горячим воздухом и вибрации» [18].

«Твердую фазу отходов 3 также дополнительно обезвреживают в емкости 1 за счет аэрации горячим воздухом (подача горячего воздуха в перфорированные трубы 8) и вибрации (вибратор 7). После удаления из емкости 1 твердую фазу отходов 3 окончательно обезвреживают, например, в асфальтобетонной установке (в ходе термической обработки при температурах не более их температуры воспламенения). После охлаждения их также утилизируют на объектах нефтегазовой промышленности» [18].

«Следует отметить, что при наличии в твердой фазе отходов органических веществ менее 7% от массы после обработки получают смеси, подлежащие только захоронению (ликвидации) на специально оборудованных полигонах. Для утилизации (повторного использования) в виде отвержденных, дорожно – строительных материалов твердая фаза отходов должна содержать более 7% от массы органических веществ. При этом непосредственно в органических веществах содержание жирных смол и кислот, являющихся активными вяжущими компонентами, должно быть не менее 20 мас.%. В качестве органических веществ могут использоваться нефтезагрязненные грунты, органические отходы (кубовые остатки), добавки органических соединений природного происхождения (донный ил – сапропель) или товарные органические соединения (гудрон, битум). Дозировку, подогрев, перемешивание твердой фазы отходов с органическими веществами, приготовление, термическую обработку смесей следует осуществлять по технологическим регламентам применения асфальтобетонных установок» [18].

Также целесообразно рассмотреть меры по сбору нефтепродуктов при их поступлении на поверхность водного объекта, поскольку основная масса нефтесодержащих отходов имеет состояние в виде суспензии.

«Локализация и ликвидация аварийных разливов нефти и

нефтепродуктов предусматривает выполнение многофункционального комплекса задач, реализацию различных методов и использование технических средств. Независимо от характера аварийного разлива нефти и нефтепродуктов (ННП) первые меры по его ликвидации должны быть направлены на локализацию пятен во избежание распространения дальнейшего загрязнения новых участков и уменьшения площади загрязнения» [18].

В настоящее время применяют следующие методы ликвидации нефтяных загрязнений водных объектов:

- механические, к ним относятся различные методы сбора нефти с водной поверхности, начиная от ручного вычерпывания нефти до машинных комплексов нефтемусоросборщиков.
- физико – химические, к ним следует отнести, в первую очередь, применение адсорбирующих материалов: пенополиуретан, угольная пыль, резиновая крошка, древесные опилки, пемза, торф, торфяной мох и тому подобное. Технология применения заключается в распылении их на нефтяную пленку.

«Перспективно применение гранулированных адсорбентов и жидкостей, обладающих магнитными свойствами, которые после адсорбции нефти легко удаляются магнитом.

- химические, удаление нефти с помощью химических соединений – детергентов – нашло применение при разливах нефти на море. К детергентам относятся растворители и ПАВ, способствующие образованию эмульсий.
- биологические. Это перспективное направление предотвращения загрязнения водоемов нефтепродуктами. Для некоторых бактерий нефть является питательной средой. Микробиологическая активность в большей степени зависит от температуры: скорость микробиологических процессов удваивается при увеличении

температуры на 10 ° С» [7].

Нефть и нефтепродукты с поверхности воды собирается механическим способом. По общему мнению, механический способ является наиболее рациональным при удалении нефтепродуктов с поверхности не только водоёмов, но и водотоков. По мере накопления опыта проведения операций по ликвидации аварийных нефтяных разливов к техническим средствам и технологиям предъявлялись все новые и новые требования. Поэтому, уже давно сложилась тенденция создания узко специализированных средств с конкретным целевым назначением применительно к условиям, в которых приходится собирать разлитую нефть.

«Механический сбор и откачка нефти и нефтепродуктов производится нефтесборными устройствами или напрямую насосами из естественных или искусственных углублений земной поверхности, скважин, колодцев или траншейных (нефтеловушек). Наиболее эффективен этот способ для удаления растворенных легких углеводородов» [8].

«Для сбора нефти на воде механическими способами могут быть запланированы два основных типа нефтесборных работ:

- стационарный сбор нефти, при котором применяют боны и нефтесборщики для локализации и удаления нефтяных пятен, начиная с источника разлива или на расстоянии от него, будь это в открытом море или вблизи берега;
- передвижной способ сбора нефти, при котором применяются заборные скиммеры, при этом другие скиммеры размещаются в контактной подвеске буксируемого двумя судами бонового ограждения U, V или J образной конфигурации. В дополнение к скиммерам и бонам при этих технологиях могут так же потребоваться вспомогательные средства, такие как:
- рабочие платформы для разворачивания, управления и извлечения скиммеров и бонов;

- емкости для хранения собранных жидкостей и твердых веществ;
- насосы для перекачивания собранной жидкости в хранилище; – устройства для транспортировки и (или) удаления;
- воздушное судно для выполнения мониторинга;
- суда обеспечения безопасности;
- оборудование для защиты и очистки побережья. Передвижные системы сбора планируются таким образом, чтобы свободная нефть могла собираться в течении начальной фазы работ по ликвидации.» [9].

«Метод сбора нефти и ее продуктов с поверхности воды основан на использовании сил поверхностного натяжения собираемого продукта. Устройства, реализующие этот метод, являются весьма перспективными, экологически чистыми, разделяющими жидкости однозначно и качественно. Он может найти применение не только при очистке дождевых и ливневых вод от нефтепродуктов, но и при очистке вод в различных технологиях» [9].

«Недостатком этих устройств является низкая эффективность работы, они предназначены для отработки лишь молекулярной пленки, а если слой нефтепродуктов будет несколько большим, то устройство будет отрабатывать его лишь в виде молекулярной пленки, а это, естественно, очень неэффективно» [9].

«Для очистки поверхности водоемов от нефти и нефтепродуктов применяются устройства типа «Циклон». Они работают на принципе центробежной сепарации и не имеют движущихся деталей. Простота конструкции и эксплуатации, а также высокая, по мнению авторов, эффективность аппарата типа «Циклон» сделали его надежным орудием для очистки водной поверхности от разлившейся нефти и нефтепродуктов» [9].

Таким образом, существуют несколько конкретных установок, работавших непосредственно на удаление отходов нефтедобычи и розливов нефти.

Обязательным условием эксплуатации установок и сооружений, связанных с разведкой, добычей, транспортировкой и использованием нефти и нефтепродуктов, является наличие заранее предусмотренных мер и средств предупреждения и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

### **Вывод по разделу 1**

В первом разделе рассматривалось предприятие ООО «РН-Ванкор» как источник образования нефтесодержащих отходов.

Нефтяная промышленность занимает первую строчку не только в перечне самых значимых отраслей российской экономики, но и среди наиболее экологически опасных производств. Незаменимые для человечества продукты нефтепереработки могут оказывать пагубное воздействие на окружающую среду, а нефтепромыслы относятся к взрыво- и пожароопасным объектам. Качественный состав отходов определяется производимыми видами товарных нефтепродуктов и используемыми технологиями. Ключевыми отходами отрасли являются нефтяные эмульсии, шламы и осадки очистных сооружений нефтесодержащих сточных вод, нефтешламы от зачистки емкостей и оборудования, а также нефтеотделителей систем оборотного водоснабжения; загрязненные нефтепродуктами сорбенты; кислые гудроны.

В Российской Федерации в целом и на рассматриваемом предприятии в частности основным способом утилизации нефтяных отходов и нефтесодержащих вод является так называемое захоронение в специальных могильниках. При этом количество складироваемых отходов удваивается каждые 7-8 лет. Такой способ утилизации нежелателен, более того, – вреден, поскольку отходы по-прежнему негативно влияют на окружающую среду. Он требует все больших площадей, которые изымаются из активного

землепользования. К тому же вывоз отработанных нефтепродуктов для захоронения обходится недешево.

## **2 Анализ системы управления отходами на объектах магистральных нефте– и газопроводов**

### **2.1 Современная система учета и нормирования отходов на объектах добычи и транспортировки нефти и газа**

Степень негативного воздействия объектов нефтегазовой отрасли определяется как качеством образующихся отходов, так и их количеством. От количества образующихся отходов зависят размеры платежей за негативное воздействие на окружающую среду.

Для реализации основных направлений природоохранного законодательства в РФ принята система нормативов. В зависимости от используемого критерия или контролируемого объекта устанавливаются различные нормативы. На любом предприятии независимо от формы собственности, в том числе и на микропредприятиях, образующиеся загрязнения подлежат обязательному учету и нормированию. Экологические нормы определяются пределом антропогенного воздействия на окружающую среду.

Главная цель ведения учета отходов – это установление норматива образования отходов.

Норматив образования отходов – установленное количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции. В настоящее время на территории РФ действует разрешительная система. Другими словами, для выполнения требований природоохранного законодательства все юридические лица (за исключением предприятий малого и среднего предпринимательства) обязаны иметь Разрешение на образование и размещение отходов, а также лимиты на их размещение. Разрешительный документ выдают органы исполнительной власти (Управление Росприроднадзора по соответствующему региону).

В ближайшее время на законодательном уровне планируются изменения в системе нормирования в области охраны окружающей среды и введения мер экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших технологий.

В отношении хозяйствующих субъектов I категории Федеральный закон предусматривает замену трех видов разрешительной документации (разрешения на сбросы, выбросы, размещение отходов) единым комплексным экологическим разрешением.

Технологические нормативы будут разрабатываться хозяйствующими субъектами, осуществляющими хозяйственную и производственную деятельность на объектах I категории. При этом устанавливаться они будут на основании технологических показателей наилучших доступных технологий. Данный порядок будет введен после разработки или пересмотра справочников наилучших доступных технологий.

Приказ вступивший в силу с 1 января 2019 г. устанавливает требование для объектов I категории получить КЭР (комплексное экологическое разрешение).

«При этом в форме на получение КЭР предполагается заполнение Раздел V. Обоснование нормативов образования отходов производства и потребления и лимитов на их размещение», который включает:

- обоснование нормативов образования отходов;
- обоснование запрашиваемых лимитов на размещение отходов производства и потребления;
- сводные данные по образованию отходов производства и потребления и запрашиваемым лимитам на их размещение» [10].

Неотъемлемой частью получения КЭР является наличие положительного заключения государственной экологической экспертизы материалов обоснования комплексного экологического разрешения.

В Приложении к КЭР содержится Раздел IV. «Нормативы образования отходов производства и потребления и лимиты на их размещение», где отражаются:

- полный перечень образуемых отходов;
- лимиты на отходы, передаваемые для размещения другим индивидуальным предпринимателям, юридическим лицам;
- лимиты на отходы, размещаемые на самостоятельно эксплуатируемых (собственных) объектах размещения отходов;
- требования к обращению с отходами производства и потребления».

Порядок выдачи КЭР приведен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Порядок выдачи КЭР

Следует отметить, что установление технологических нормативов в отношении отходов не предусмотрено.

«Теперь государственная экологическая экспертиза будет проводиться также в отношении:

- проектной документация объектов капитального строительства, относящихся к объектам I категории;
- материалов обоснования комплексного экологического разрешения» [10].

«Кроме того, проведение государственной экологической экспертизы переносится на более раннюю стадию проектирования – до разработки проектной документации. Также сокращаются сроки организации и

проведения экспертизы, а положительное заключение государственной экологической экспертизы становится бессрочным» [10].

В связи с недостаточной проработкой нормативно – правовой базы в связи с получением КЭР у природ пользователей возникает ряд трудностей:

- длительность процедур государственной экологической экспертизы (и рассмотрения программ повышения экологической эффективности);
- не определен состав «материалов обоснования»;
- отраслевые специалисты в области оценки НДТ не определены;
- не все отраслевые технологические показатели утверждены: для пилотных объектов – все, но есть разночтения;
- проект ППЭЭ или одобренная ППЭЭ: Росприроднадзор настаивает на том, что при ГЭЭ рассматривается одобренная программа;
- разные варианты понимания требований к АСК: единый подход – анализ требований, применимых к объекту, и описание намерений;
- есть лишь примерный график получения КЭР.

## **2.2 Проблемы по утилизации отходов на объектах транспортировки нефти и газа**

Наиболее распространенным отходом на буровых площадках является буровой шлам, который размещают в шламовых амбарах.

Решение о конструкции амбара принимается на основании результатов инженерных изысканий, решений группового рабочего проекта, с учетом требований СП 127.13330.2017 «Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию», СанПиН 2.1.7.1322–03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления», СН 551– 2 «Инструкция по проектированию и строительству

противофильтрационных устройств из полимерной пленки для искусственных водоемов», РД 39–133–94 «Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на нефть и газ на суше».

Комплекс природоохранных мероприятий, осуществляющихся на производственной территории предприятия, включает как мероприятия технического характера, так и организационного (в частности, проведение визуального осмотра мест накопления отходов).

Реализация экологической политики, а также принципов экологического менеджмента на предприятиях нефтегазового комплекса направлена на оптимизацию технологических процессов и имеет практическое значение.

Снижение нагрузки на компоненты окружающей среды возможно при внедрении определенных мероприятий технического, организационного характера. Основные направления мероприятий приведена на рис. 7.



Рисунок 7 – Основные мероприятия по снижению негативного воздействия

«На некоторых предприятиях нефтегазовой отрасли действует интегрированная система экологического менеджмента, которая проходит сертификационную проверку и признается соответствующей требованиям международного стандарта ISO 14001:2004» [22].

«О данном соответствии свидетельствуют следующие документы:

- сертификат соответствия требованиям международного стандарта

ISO 14001:2004 с международной аккредитацией RvA, члена Международного аккредитационного форума IAF;

- сертификат соответствия требованиям международного стандарта ISO 14001:2004 Международной сети по сертификации IQNet» [22].

«Наиболее распространенным организационным мероприятием является реализация производственного экологического контроля на предприятиях данной отрасли» [22].

Производственный экологический контроль должен включать в себя:

- систематическую регистрацию и контроль показателей состояния окружающей среды, как в местах размещения потенциальных источников воздействия, так и в сопредельных районах, на которые такое воздействие распространяется, а также прогноз, в том числе и оперативный, возможных изменений состояния компонентов окружающей среды на основе выявленных тенденций;
- разработку на основе прогноза рекомендаций по снижению и предотвращению негативного влияния объектов на окружающую среду;
- контроль за использованием и эффективностью принятых рекомендаций по нормализации экологической обстановки.

«Основными видами воздействия на земельные ресурсы при строительстве трубопроводов являются:

- сведение растительности в полосе строительства, как показано на рис.
- вырубка леса и корчевка пней на продольных и поперечных склонах в полосе шириной до 30 м уменьшает устойчивость склонов и способствует активизации действующих оползней и возникновению новых. Особенно заметно это проявляется при корчевке пней взрывами.
- срезка грунта на продольных уклонах для уменьшения их крутизны.

При этом образуются глубокие выемки на участках значительной протяженности. Эти выемки часто становятся путями сбора дождевых и грунтовых вод. Постоянно действующие стоки, устранить которые очень сложно, размывают грунт на значительную глубину и образуют глубокие промоины. При этом трубопровод оголяется и провисает, т. е. условия его эксплуатации осложняются.

- сооружение «полок» на поперечных уклонах и косогорах. Полками называют выемки, устраиваемые на поперечных (к направлению главной оси трубопровода) уклонах, крутизна которых не позволяет работать на них машинам без предварительно подготовленной строительной полосы» [11].

«Устройство полки наносит наиболее ощутимый ущерб природе при строительстве трубопроводов в горах. Этот ущерб выражается в следующем. Резкое нарушение рельефа местности, обострение оползневых процессов и возникновение новых оползней в местах, где они не могли возникнуть в течение десятков и даже нескольких сотен лет. Это объясняется снижением запаса устойчивости склонов в результате выемки грунта и усиления силового воздействия фильтрационного потока в коренном грунте. Имеются примеры, когда вновь образовавшиеся оползни захватывали десятки гектаров площади, вовлекая в движение сотни тысяч кубометров грунтовой массы» [11].

«Полки становятся путями движения дождевых, снеговых и подземных вод, выходящих на поверхность через боковую их грань» [11].

- «В результате образуются промоины, которые разрушают полки:
  - «временные» перекрытия балок и ручьев для проезда строительной техники. Эти «временные» перекрытия довольно часто остаются и после окончания строительства. Они препятствуют прохождению дождевых стоков и способствуют разрушению склонов балок.

– загрязнение строительной полосы отходами строительного производства (тросы, обрезки труб, битум, полимерные покрытия и тому подобное)» [11].

«Следует отметить, что влияние многих из рассмотренных воздействий можно существенно уменьшить и даже устранить при правильной организации и технологии работ, и более качественном проектировании» [11].

На рисунке 8 изображен участок МГ.



Рисунок 8 – Участок МГ

Во всех МГ, где проводились работы, связанные с нарушением земельных участков, проведены мероприятия по восстановлению нарушенных земель. Все восстановленные земли возвращаются в оборот и в зависимости от назначения используются для сельскохозяйственных целей, лесных насаждений, водоемов и других целей.

Образующиеся нефтесодержащие отходы на объектах МН «Ванкорское месторождение» подлежат накоплению в шламовых амбарах. Поступающий

в амбары буровой шлам имеет влажность от 14 до 40%. При этом при его заполнении в процессе эксплуатации не предусмотрена защита от попадания поверхностного стока и дождевых вод. Поэтому в нем предусмотрена система отведения поверхностных вод через дренажную систему в сборные канализационные колодцы. После чего все образующиеся стоки направляются в дожде приёмный пруд – накопитель.

На рисунке 9 приведен разрез шламового амбара на территории МН «Ванкорское месторождение».

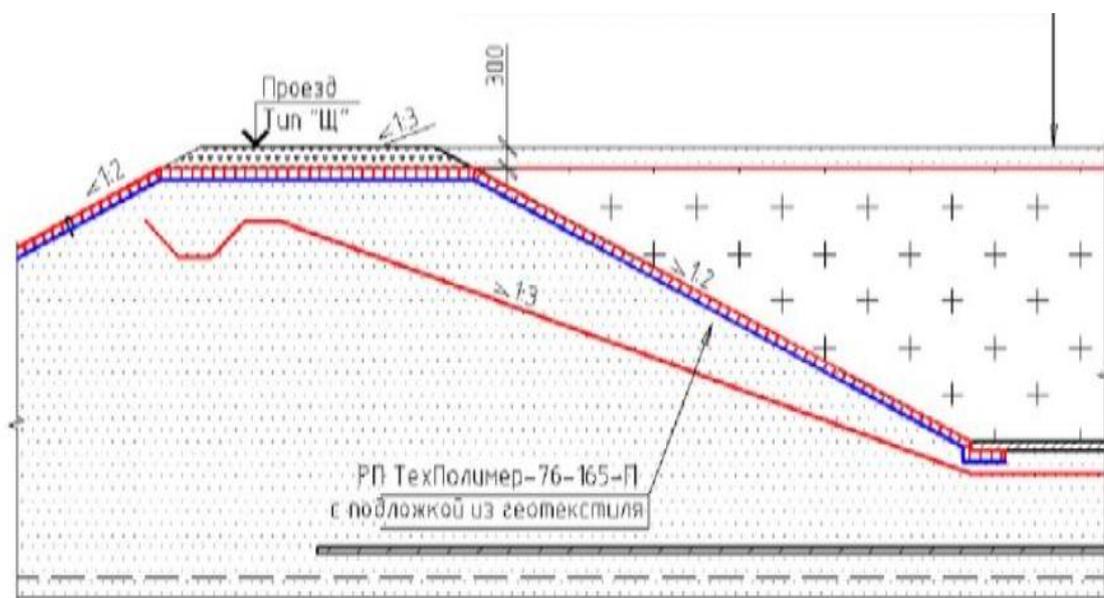


Рисунок 9 – Разрез шламового амбара на территории МН «Ванкорское месторождение»

На территории хозяйственной зоны располагаются контрольно – пропускной пункт, вагон – бытовка, площадка для размещения весового поста, два подземных септика объемом 10 и 23 куб.м.

Накопление амбаров происходит до отметок проектной загрузки. При его полном заполнении осуществляется временная изоляция, которая предотвращает контакт нефтесодержащих отходов с атмосферным воздухом и прилегающей территорией.

На рисунке 10 изображено устройство защиты из геомембраны.



Рисунок 10 – Устройство защиты из геомембраны

С целью защиты компонентов окружающей среды от загрязнений при эксплуатации шламовых амбаров предусмотрены следующие мероприятия:

- устройство искусственного противодиффузионного экрана из геомембраны, которая удовлетворяет требованиям по химической стойкости заполняемого материала;
- устройство дренажной сети для сбора и отвода дренажных вод в пруд – накопитель;
- поэтапная эксплуатация чеков.

На выезде с каждого чека предусмотрена металлическая эстакада с приямком для мойки колес автотранспорта. Очистка колес производится промышленной паровой установкой. По мере заполнения приямка он осушается ассенизационными машинами. Эстакада перемещается в зависимости от эксплуатации того или иного чека.

В настоящее время на объектах нефтегазового комплекса наиболее распространенным способом утилизации нефтесодержащих отходов является их размещение в шламовых амбарах. При строительстве скважин образуются

отходы бурения в виде бурового шлама. Образующийся шлам относится к отходам IV класса опасности.

Для накопления и размещения бурового шлама проектом предусматривается сооружение в теле насыпи кустовых площадок нефтяного месторождения шламовых амбаров.

Шламовый амбар не является объектом капитального строительства и строится на временных землях на период строительства скважин в теле насыпи кустовой площадки.

«Проектирование шламового амбара производится в составе проекта обустройства месторождения – как вспомогательное сооружение. После окончания бурения последней скважины отходы бурения обезвреживаются и проводятся работы по технической и биологической рекультивации нарушенных земель с последующей сдачей земельного участка, находящегося во временном пользовании, государству» [16].

При строительстве скважин на каждой буровой площадке осуществляется строительство шламовых амбаров с противofiltrационными экранами по дну и откосам из теплолита в один слой с нахлестом 0,3 м, со сваркой швов. Шламовые амбары расположены на территории Недр пользователя и являются его собственностью.

С целью предотвращения загрязнения почвенного покрова, поверхностных и подземных вод фильтрами бурового раствора предусмотрена гидроизоляция дна и стенок амбаров противofiltrационным экраном. Строительство кустовых оснований производится с устройством шламовых амбаров с противofiltrационными экранами по дну и откосам из теплолита в один слой с нахлестом 0,3 м, со сваркой швов. По окончании бурения земляные амбары ликвидируются путем засыпки минеральным грунтом. Объем шламовых амбаров определен из расчета 750 м<sup>3</sup> отходов от бурения на одну скважину.

На рисунке 11 представлены размещение шламовых амбаров на исследуемой территории.

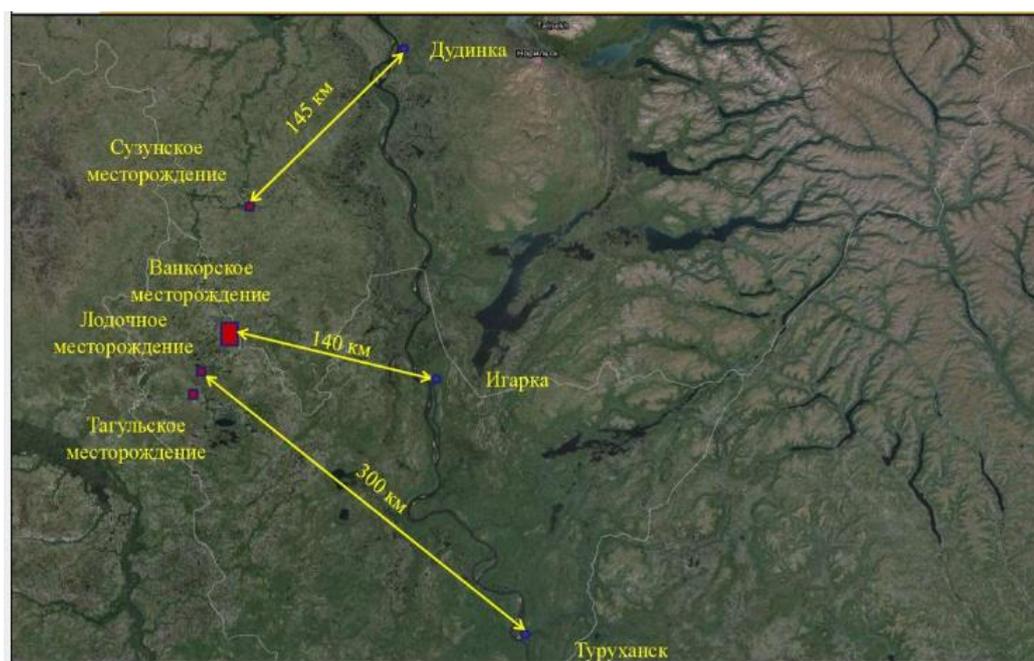


Рисунок 11 – Размещение шламовых амбаров на исследуемой территории

Согласно РД 39 – 133 – 94 п. 3.26, строительство амбаров допускается только на тех территориях, где невозможно (по климатическим, географическим, экономическим условиям) утилизировать, вывозить отходы бурения на специальные полигоны.

В настоящее время только на территории Российской Федерации в нефтяных амбарах различных нефтеперерабатывающих предприятий накоплены сотни миллионов тонн токсичных нефтешламов.

«В настоящее время отсутствие современной эффективной технологии утилизации нефтесодержащих отходов приводит к возникновению реальной угрозы крупномасштабного загрязнения подземных вод, почв, рек и морей. Так же из-за переполнения нефтяных амбаров нефтешламами существует угроза приостановки деятельности нефтеперерабатывающих предприятий» [19].

Буровые шламовые амбары по истечении краткосрочной аренды, как временные сооружения, подлежат ликвидации, а нарушенные земли подлежат рекультивации.

«В настоящее время обычными способами утилизации нефтяных шламов являются: сжигание плавающей в амбарах нефти; биохимическое разложение путем «разбрасывания» нефтяного шлама на поверхность почвы или откачки на поля орошения; компостирование (перемешивание шлама с торфом, соломой и тому подобное); захоронение шлама в специально отведенном месте (на промышленных и бытовых свалках)» [17].

На месторождениях округа локализация и сбор разлитой нефти производятся не всегда своевременно – иногда лишь непосредственно перед началом рекультивации. Тщательность выполнения этих работ определяет окончательное качество рекультивации.

### **2.3 Последствия поступления нефтесодержащих отходов для окружающей среды**

Опасность накопления нефтесодержащих отходов определяется не только количеством их содержания в буровом шламе, но и технологией их утилизации.

«Глубина проникновения нефти зависит от множества факторов: механического состава и дренированности почв, степени их нарушенности (естественные почвы, насыпные грунты), уровня грунтовых вод в момент разлива и амплитуды колебания его в течение года, объема выброса, интенсивности разлива и количества несобранной нефти, уровня обводненности нефти, сезона и давности разлива, уклона местности выраженности микрорельефа, эффективности мероприятий, применявшихся для сбора нефти и др» [20].

«Сухие пески и супеси сравнительно легко поглощают нефть и промачиваются достаточно глубоко. При искусственном нанесении нефти в дозах 10 и 20 л/м<sup>2</sup> глубина проникновения составила соответственно 8 – 10 и 13 – 15 см. С увеличением дозы до 50 л/м<sup>2</sup> глубина замазучивания возрастает до 50 – 100 см. Распределение по профилю довольно равномерное. Растекание нефти по территории имеет ручейковый характер. Формируется мозаичная структура разлива с более глубоким загрязнением западин и менее замазученными повышенными элементами рельефа» [18].

Состав нефтесодержащих отходов приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Состав нефтесодержащих отходов

Показатели	Нефтяные отходы	
	Нефтешлам	Загрязненный нефтью грунт
Плотность кг/м <sup>3</sup>	1260	1665
Компонентный состав, масс. %:	81,8	23,6
Органическая часть	10,2	1,2
Вода		
Минеральная часть	8,0	75,2
Температура застывания	+40	+36

«В ненарушенных свежих и влажных суглинистых почвах нефть просачивается вглубь в основном по старым корневым ходам и трещинам, нижняя граница весьма условна. На дренированных участках она встречается в количествах 0,5 – 1 % на глубине 20 – 40 см. Коэффициент вариации глубины проникновения колеблется в пределах 20 – 40 %, достигая на отдельных участках 60 – 80%. Распределение нефти в почвенном профиле неравномерное. Основное ее количество (50 – 80 %) сосредоточено в лесной подстилке, на границе подстилки с минеральным горизонтом, в верхнем структурном минеральном слое; 90 % запас сосредоточен в 15 сантиметровом слое. Глубже наблюдается резкое снижение концентрации нефти» [19].

«В переувлажненных торфянисто – глеевых почвах самая высокая концентрация остаточного нефтепродукта наблюдается в верхнем пятисантиметровом слое, но наибольшее содержание нефти отмечается на границе между торфяным и минеральным слоем, на глубине 8 – 17 см» [20].

«Попадая в почву, нефть претерпевает количественные и качественные изменения за счет испарения, вымывания, ультрафиолетового разложения и микробиологического окисления. На участках дозированного загрязнения по прошествии двух лет практически полностью исчезают фракции с температурой кипения ниже 2000 °С, остаточные массы загрязнителя составили в среднем 38 %, трех лет – 30 %, и четырех – 24 % от внесенного количества» [21].

«Под действием нефти меняется морфология почв. Происходит их обеструктурирование вследствие склеивания структурных отдельностей. Меняется характер границ между горизонтами, заметно увеличивается вязкость и плотность почвенной массы» [19].

«Заполнение нефтью порового пространства, трещин и воздушных полостей внутри почвенного профиля сопровождается вытеснением воздуха. Все это, а также образование плотной битумной пленки на поверхности, создает неблагоприятный водно-воздушный режим. Почва становится гидрофобной, а при сильном загрязнении – водонепроницаемой. Почва теряет водоподъемную способность и резко снижается ее влагоемкость» [19].

«В условиях резкого ограничения аэрации по всему почвенному профилю формируются восстановительные условия, развивается процесс оглеения. В этих условиях увеличивается число анаэробных бактерий и усиливается микробиологическая сульфат – редукция, в результате чего в почву поступает весьма токсичный сероводород. Почвы в верхних горизонтах приобретают смолисто – черные цвета, которые в нижних горизонтах сменяются коричнево – серыми, сизо – коричневыми и сизо – серыми» [19].

«Формирование восстановительных условий также связано с увеличением количества органического вещества в масляном компоненте, при разложении которого расходуется кислород» [19].

Загрязнение нефтью изменяет теплоизоляционные свойства растительного покрова и влияет на тепловую систему почвы.

Под воздействием нефтепродуктов почвенно-абсорбционный комплекс восстанавливается, изменяя емкость и состав абсорбированной основы. Преобладание хлоридно-натриевого состава минерализованной пластовой воды, сопутствующей нефти, определяет преимущественное поступление Na в почвенно-абсорбционный комплекс и развитие процесса ошелачивания в почве.

Преобразование почвенного абсорбционного комплекса и состава почвенного раствора провоцирует изменение щелочно-кислых условий (как правило, с понижением кислотности). Сила процесса изначально определяется основными свойствами грунта с ненасыщенными почвенно-абсорбционными комплексами.

Изменится миграционная активность, тип миграции и уровень концентрации элементов.

«Одним из серьезных негативных последствий загрязнения является ухудшение питательного режима почв, прежде всего, обеспеченности их биогенными химическими элементами, из которых основными являются азот, калий и фосфор. Нефтяное загрязнение вызывает резкое увеличение содержания углерода в почве. При этом содержание общего азота меняется незначительно. В загрязненной почве соотношение C: N может достигать 400 – 420 по сравнению с 17 для не загрязненных почв. Избыточный углерод тормозит процесс аммонификации, в результате которого в почве накапливается аммонийный азот, доступный растениям. Нефтяное загрязнение вызывает резкое снижение содержания в почве подвижного фосфора и обменного калия» [22].

Под влиянием нефтяных углеводородов, в основном ароматических углеводородов, активность ферментов в почве быстро подавляется.

Загрязнение нефтью изменяет микробную активность почвы. Происходит изменение структуры микробного комплекса почвы с уменьшением общего разнообразия. Прежде всего, увеличивается количество и активность углеводородокисляющих микроорганизмов.

«По мере микробиологического разрушения нефти в почве, также могут происходить нежелательные изменения ее состава и свойств. При частичном разрушении нефти, под воздействием полисахаридов микробного происхождения часть разлитой нефти диспергируется в почвенном растворе, что приводит к повышению подвижности тяжелых углеводородов и повышению степени их отрицательного воздействия на живые организмы. Фитотоксичность нефти, при этом может возрастать и вследствие накопления токсичных промежуточных продуктов распада – жирных кислот и терпеноидов, обладающих фитотоксичностью» [23].

«По мере микробиологического распада нефти, в почве накапливаются содержащиеся в нефти в виде комплексных и металлоорганических соединений весьма токсичные тяжелые металлы – Ni, V, Mn, Cu, Pb, Cr, и Zn, которые могут выщелачиваться в грунтовые воды из почвы при понижении pH при накоплении жирных кислот и, впоследствии, накапливаться в растительной продукции. При этом из почвы выщелачивается медь, остающаяся в почве в виде комплексных соединений с гуминовыми кислотами» [23].

«Длительное время сохраняются в почве и содержащиеся в нефти канцерогенные вещества бенз(а)пиренового ряда, трудно поддающиеся микробиологическому разложению, которые впоследствии смогут накапливаться в растительности» [23].

«Нефтяное загрязнение почв может вызвать повышение радиоактивного фона местности, вследствие наличия в нефти

металлоорганических комплексов, содержащих уран. Общий радиоактивный фон на нефтяных разливах Среднего Приобья превышает контрольный уровень на 20 – 30%» [23].

«В процессе микробиологического разрушения нефти, микроорганизмы, разрушающие нефть вступают в конкурентные отношения с выжившими почвенными организмами и растительностью в борьбе за кислород, подвижные фосфор и азот, что еще ухудшает состояние выживших растений» [23].

«По мере микробиологического разложения нефти, структура и физико-химические показатели почв, постепенно возвращаются к исходному состоянию. Возвращается и былое плодородие. При достижении содержания в почве остаточной нефти менее 1% может наблюдаться стимулирование роста растений, что может объясняться действием содержащихся в нефти веществ, действующих наподобие гормонов роста. Более того, продуктивность почв может превысить исходный уровень за счет обогащения почвы органикой и связанным азотом вследствие биоразложения нефти» [23].

«Тем не менее, накопление в очистившейся почве токсичных и канцерогенных веществ, тяжелых металлов и радионуклидов делает такую почву опасной для выращивания сельскохозяйственных культур и сбора дикорастущих полезных растений и грибов» [23].

«Таким образом, аварийные выбросы нефти загрязняют почвенный покров, нарушая его структуру и свойства почвы, ухудшают условия жизни растений и животных. В результате структурно – функциональных изменений экосистем нарушается соотношение составляющих их компонентов, уменьшается видовое разнообразие, повышается чувствительность организмов к неблагоприятным воздействиям, возникают необратимые изменения природной среды» [23].

«Результаты исследования почв, загрязненных нефтью, дают основания заключить, что характер и степень загрязнения зависят от природно-климатических условий формирования почв, их физико-химических и биологических свойств, и от состава нефти. Нефть оказывает ингибирующее влияние на рост и развитие растений, которое, видимо, обусловлено нарушением экологической обстановки (изменением воздушного, гидротермического режима, агрохимических свойств, связыванием нефтью биогенных элементов – азота, фосфора и так далее), прямым воздействием содержащихся в нефти нафтеновых кислот и других токсических углеводородов» [23].

«Полное расщепление углеводородов в почве до  $H_2O$  и  $CO_2$  возможно лишь при участии целого комплекса микроорганизмов. Под влиянием нефти происходит изменение реакции среды, резко увеличивается количество углеродистых соединений, усиливаются восстановительные процессы. В загрязненных нефтью почвах снижается емкость поглощения, уменьшается доступность для растений фосфора и калия» [23].

«В биологический круговорот включаются новые, чуждые для природных систем вещества, в том числе и канцерогенные. Последние по системе «почва – растение – человек» мигрируют в организм человека и представляют чрезвычайную опасность для его здоровья. Отрицательное воздействие нефтяных загрязнений на почву часто принимает необратимый характер вследствие обедненности биоценоза и адсорбцией токсичных и канцерогенных полициклических ароматических углеводородов, в частности, 3,4 бенз(а)пирен, трудно поддающегося микробиологическому разложению» [23].

Таким образом, к угнетению и гибели растений приводят даже невысокие концентрации нефти и нефтепродуктов в почве.

## **Выводы по разделу 2**

В разделе проводился анализ системы управления отходами на объектах магистральных нефте– и газопроводов.

На предприятии осуществляется комплекс природоохранных мероприятий, который включает в себя как мероприятия технического характера, так и организационного (в частности, проведение визуального осмотра мест накопления отходов).

Существует четыре уровня управления отходами для уменьшения их воздействия на окружающую среду: предотвращение загрязнения и сокращение источников; повторное использование или распространение ненужных излишков материалов; обработка, утилизация и переработка материалов, содержащихся в отходах; и утилизация путем сжигания, обработки или захоронения в земле.

Однако, внедренные на площадках месторождений ООО «РН-Ванкор» мероприятия обеспечивают недостаточный уровень безопасности накопления отходов нефтедобычи.

Такой подход не учитывает все аспекты возможного влияния, включая: охрану атмосферного воздуха; охрану водных ресурсов; охрану земель и утилизацию отходов производства, защиту биоразнообразия; энерго- и ресурсосбережение.

Нефтяное загрязнение приводит к изменению экологического равновесия экосистемы. Попадая на поверхность, нефть впитывается в почву, мигрирует по профилю, коренным образом меняя физико – химические свойства, структуру почвенной биоты и в целом весь биоценоз.

### 3 Совершенствование системы управления отходами на объектах МН «Ванкорское месторождение»

#### 3.1 Инфраструктура месторождения

Рассмотрим инфраструктуру исследуемого объекта.

«Ванкорское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) – перспективное месторождение в Красноярском крае России» [19].

«Вместе с расположенным неподалеку месторождениями – Сузунским, Тагульским и Лодочным – Ванкорское НГКМ образует Ванкорский кластер» [19].

«Расположено на севере Края, включает в себя Ванкорский (Туруханский район Красноярского края) и Северо – Ванкорский (расположен на территории Таймырского (Долгано – Ненецкого) автономного округа) участки недр» [19].

«Расположено в пределах Пур – Тазовской нефтегазоносной области в составе Западно – Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП)» [19].

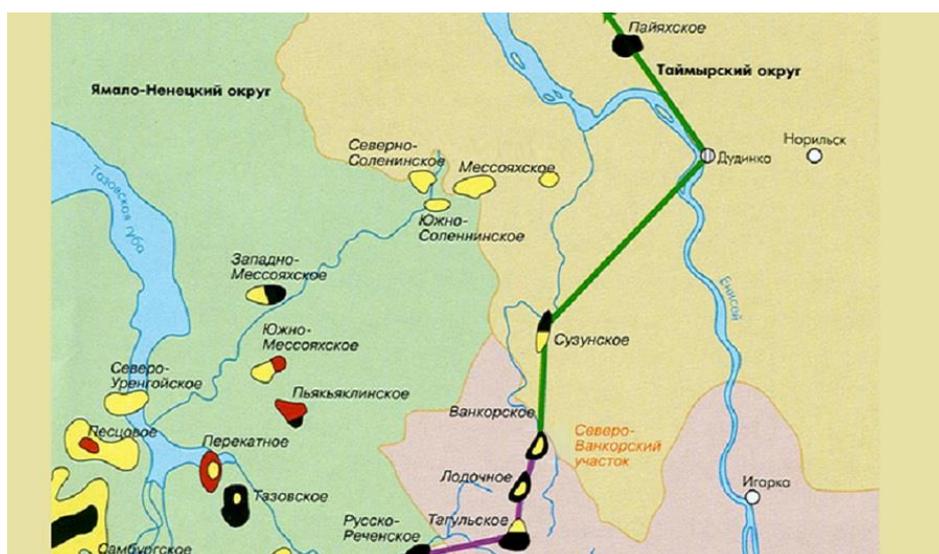


Рисунок 12 – Расположение Ванкорского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ)

«В тектоническом отношении месторождение приурочено к Ванкорскому поднятию в северной части Лодочного вала, осложняющего южную часть Большехетской структурной террасы Надым – Тазовской синеклизы. Его продуктивные горизонты имеют песчаный состав и приурочены к нижнемеловым отложениям нижнехетской (верхний берриас – нижний валанжин) и яковлевской (средний апт – средний альб) свит» [21].

«В кровле долганской свиты (верхний альб – сеноман) установлены непромышленные скопления газа» [21].

«Ванкор – посёлок вахтовиков, который был построен специально для разработки Ванкорского месторождения компанией «Ванкорнефть» – дочерним предприятием «Роснефти». Доставка вахтовиков и другого персонала в посёлок Ванкор осуществляется двумя способами: на вертолетах и автотранспорте по зимнику» [21].

На рисунке 13 изображено расположение МН «Ванкорское».

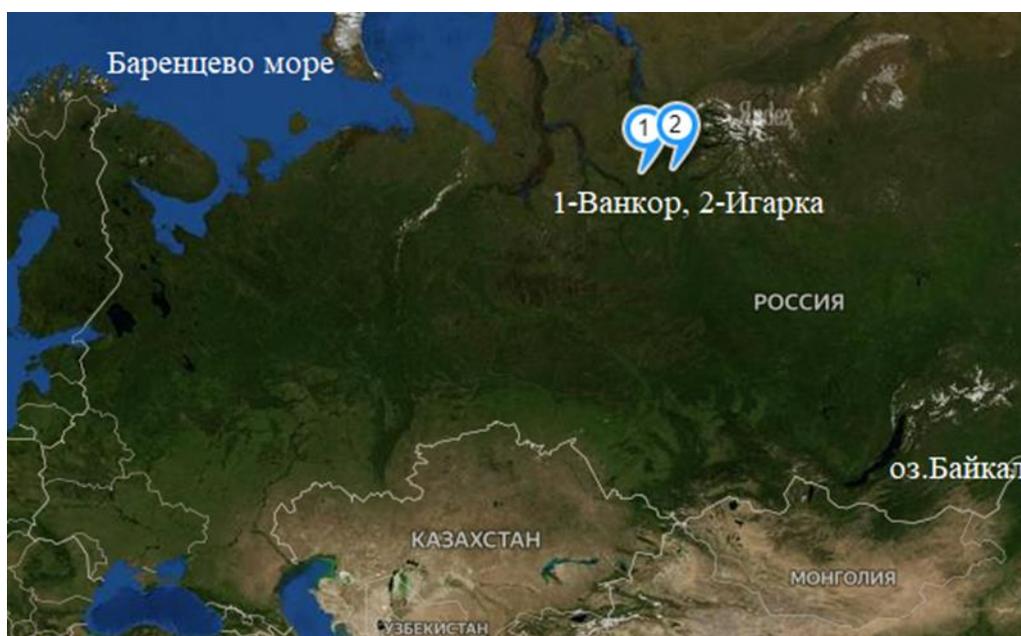


Рисунок 13 – Расположение МН «Ванкорское»

«Здесь же расположен временный вахтовый посёлок «Кэмп – 1220» с инфраструктурой и сетью автодорог – главная из которых – от поселка и

вертолётной площадки до УПСВ – Ю (Установка предварительного сброса воды – Юг) имеет бетонное покрытие. Все остальные дороги в районе посёлка грунтовые или зимние. Здесь построено нефтехранилище и начато промышленное бурение. Также построен магистральный нефтепровод» [21].

На рисунке 14 изображено обустройство жилого поселка.



Рисунок 14 – Обустройство жилого поселка

«Извлекаемые запасы нефти по категориям АВС<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> российской классификации на месторождении превышают 3,8 млрд баррелей (524 млн т), газа – около 106 млрд м<sup>3</sup>.

Проектная мощность – 14 млн т/год нефти.

Введено в эксплуатацию в августе 2009 г.

В настоящее время добычу нефти на НГКМ обеспечивают 468 скважин.

Нефтепромысловая инфраструктура:

– центральный пункт сбора (ЦПС) мощностью 25 млн т/год нефти,

- установка предварительного сброса воды (УПСВ – Юг) мощностью более 15 млн т/год нефти;
- УПСВ – Север в стадии опытно – промышленной эксплуатации,
- собственный магистральный нефтепровод (МНП) Ванкор – Пурпе протяженностью 556 км.
- временный поселок для 1220 вахтовиков – «Кэмп – 1220».
- сеть автомобильных дорог – главная из них – от Кэмп – 1220 и вертолетной площадки до УПСВ – Ю имеет бетонное покрытие, остальные дороги грунтовые и в виде зимников» [19].

На рисунке 15 изображена нефтепромысловая инфраструктура Ванкорского нефтегазоконденсатного месторождения.

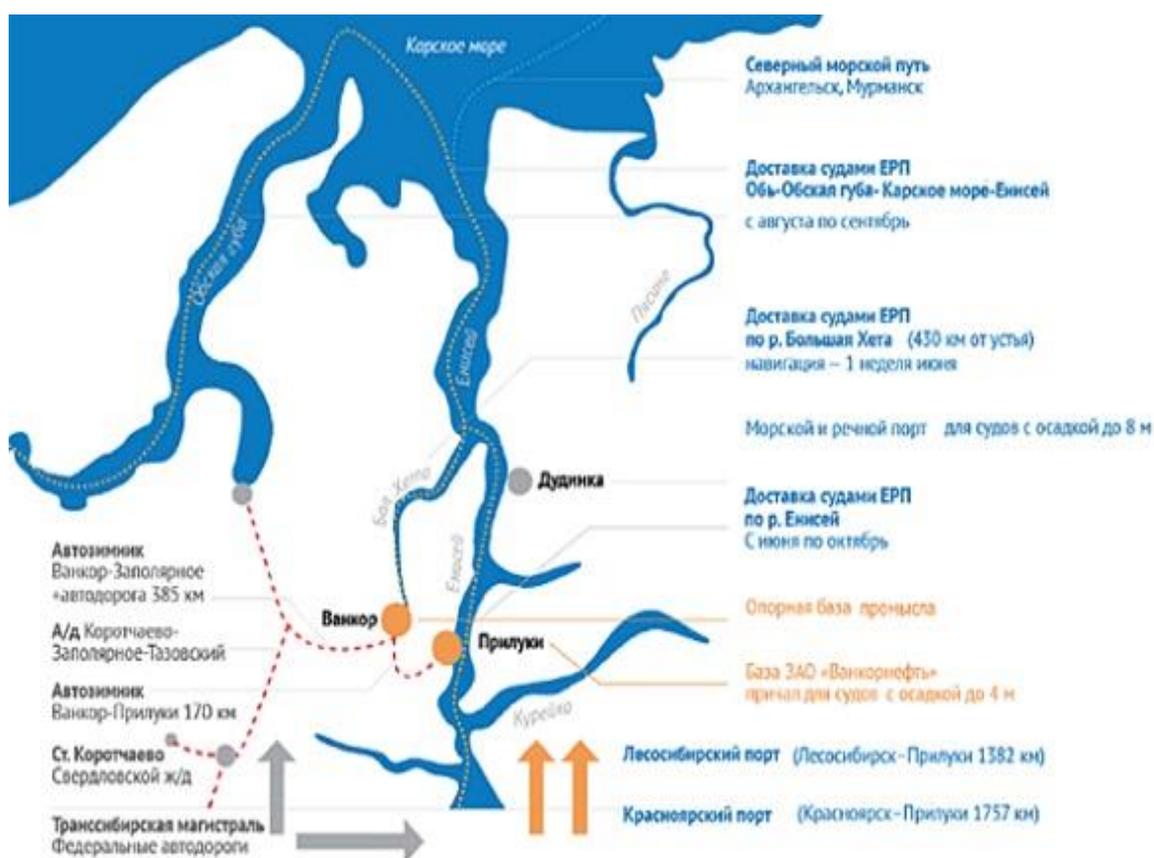


Рисунок 15 – Нефтепромысловая инфраструктура Ванкорского нефтегазоконденсатного месторождения

«Газовая программа Ванкора включает 95% утилизацию попутного нефтяного газа (ПНГ). Газ является топливом для Ванкорской газотурбинной электростанции (ГТЭС) и также используется для поддержания пластового давления. В Единую систему газоснабжения страны с Ванкора поступает 5,6 млрд м<sup>3</sup>/год» [21].

«В прошлом, лицензия на разработку месторождения принадлежала Енисейнефти, контрольным пакетом которой владела Anglo – Siberian Oil Company, а лицензия на Северо – Ванкорский блок месторождения – Таймырнефти» [21].

У Роснефти – 50,1% акций Ванкорнефти и управление проектом.

«На месторождении применяется комплексный подход к экологической безопасности. В качестве специальной дорожной техники используются вездеходы, оснащенные бескамерными шинами сверхнизкого давления, обеспечивающими сохранность почвенно – растительного покрова тундры» [24].

«Проект разработки Ванкора предусматривает максимальное использование попутного нефтяного газа в производственном цикле на площадке. Основными потребителями газа (более 1 млрд кубометров в год) станут газотурбинные электростанции. Планируется закачка 2,5 млрд кубометров попутного газа в год для поддержания пластового давления. Он планирует поставлять в транспортную систему «Газпрома» до 5,6 млрд кубометров в год» [21].

«Для безопасной утилизации технологического газа на Ванкоре построена уникальная для России закрытая система (то есть факел отсутствует, сжигание происходит в специальной закрытой камере). Такие системы удаляют 99,9% газообразных канцерогенных веществ и могут использоваться даже в густонаселенных районах» [21].

На рисунке 16 изображена установка для безопасной утилизации газа.



Рисунок 16 – Установка для безопасной утилизации газа

«Отличительной особенностью Ванкорского проекта является изначальная ориентация на 100 – процентное обезвреживание отходов, образующихся в процессе эксплуатации месторождения. Для обезвреживания и утилизации отходов бурения на Ванкоре предусмотрена технология обратной закачки бурового шлама, измельченного и перемешанного до состояния пульпы, в специально отведенный пласт. Данная технология применяется во всех основных нефтедобывающих регионах мира и является передовой экологически – безопасной практикой утилизации отходов» [21].

«Промысловые дороги построены с применением современных щадящих методов. В основании дорожной насыпи не срезается мохово-растительный слой, а для укрепления используется георешетка, заполненной



нефти с Ванкорского месторождения Красноярского края в систему магистральных нефтепроводов ОАО «Транснефть». Далее углеводородное сырье планируется поставлять на экспорт по трубопроводу Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО).

Разведанные запасы нефти обеспечивают достижение планового уровня годовой добычи уже через пять лет в объеме 25 млн. тонн. Продолжительность эксплуатации месторождения рассчитана до 2037 года.

«Проектная мощность нефтепровода – 25 миллионов тонн в год. Всю трассу Ванкор – Пурпе можно условно разделить на две части: на севере, на протяжении 216 км в зоне распространения вечной мерзлоты труба прокладывается надземным способом, а далее оставшиеся 327 км нефтепровода укладываются в траншею» [25].

В результате исследования производственной деятельности установлены следующие объекты, являющиеся источниками повышенной опасности:

- магистральный нефтепровод (возможна утечка нефтепродукта, из-за повреждения, разрыва, несоблюдения правил пожарной безопасности и пр.);
- емкости хранения нефтесодержащего шлама, образующегося после зачистки демонтируемого нефтепровода.

### **3.2 Расчет количества образования отходов МН «Ванкорское месторождение»**

Степень негативного воздействия объектов нефтегазовой отрасли определяется как качеством образующихся отходов, так и их количеством. От количества образующихся отходов зависят размеры платежей за негативное воздействие на окружающую среду.

В данной работе приведен расчет некоторых видов отходов на примере нефтедобывающего предприятия.

Расчет нормативов образования отходов выполнен на основании:

- «Методических указаний по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение». Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 05 августа 2014 года № 349;
- исходных данных предприятия;
- данных справочных материалов.

#### 1. Масла моторные отработанные.

Данный вид отхода образуется при замене отработанных моторных масел при техническом обслуживании автотранспортного парка и буровых установок. Расчет количества отработанного моторного масла от автотранспорта выполнен по формуле:

$$M = \sum(N_i \cdot V_i \cdot L_i / L_{Hi} \cdot k \cdot p) \cdot 0.001, \text{ т/год}, \quad (1)$$

Для спецтехники по формуле:

$$M = \sum(N_i \cdot V_i \cdot T_i / T_{Hi} \cdot k \cdot p) \cdot 0.001, \text{ т/год}, \quad (2)$$

где  $N_i$  – количество автомашин  $i$  – ой марки, шт.;

$V_i$  – объем масла, заливаемого в автомашину  $i$  – ой марки;

$L_i$  – средний годовой пробег автомобиля  $i$  – ой марки, тыс. км/год;

$L_{Hi}$  – норма пробега подвижного состава до замены масла, тыс. км;

$T_i$  – среднее годовое время работы спецтехники  $i$  – той марки, час/год;

$T_{Hi}$  – норма времени работы спецтехники  $i$  – той марки до замены масла, час;

$p$  – плотность отработанного масла, кг/л,  $p = 0,9$ ;

$k$  – коэффициент полноты слива масла,  $k = 0,9$ .

Результаты расчета количества образования отработанных моторных масел представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчета образования масел моторных отработанных

Марка автомобиля	Кол – во автомашин (спецтехники) $i$ – ой марки, $N_i$ , шт.	Объем масла, заливаемого в технику, $V_i$ , л	Плотность моторного масла, $\rho$ , кг/л	Средний годовой пробег, $L_i$ , тыс.км/год, мото – час	Норма пробега подвижного состава до замены масла, $L_{ni}$ , тыс.км, мото – час	Коэффициент полноты слива масла, $k$	Кол – во отработанных моторных масел, $M$ , т/год
УРАЛ – 44202 – 0311 – 31	12	28	0,87	27	16	0,9	0,444
Камаз – АЦ – 7 – 4310	1	28	0,87	27	16	0,9	0,037
Камаз – 43118	2	28	0,87	27	16	0,9	0,074
УРАЛ – 55571 (самосвал)	5	28	0,87	27	16	0,9	0,185
УРАЛ – 32551(вахта)	5	28	0,87	27	16	0,9	0,185
УРАЛ – 4320 – 1951 – 40 кран автомобильный	4	28	0,87	900	1000	0,9	0,079
Урал – 5557 ППУА 1600/100 М	2	28	0,87	540	500	0,9	0,047

Продолжение таблицы 5

Марка автомобиля	Кол – во автомашин (спецтехники) i – ой марки, Ni, шт.	Объем масла, заливаемого в технику, Vi, л	Плотность моторного масла, r, кг/л	Средний годовой пробег, Li, тыс.км/год, мото – час	Норма пробега подвижного состава до замены масла, Lni, тыс.км, мото – час	Коэффициент полноты слива масла, k	Кол – во отработанных моторных масел, M, т/год
УРАЛ – 4320 ЦА – 32 У	3	28	0,87	540	500	0,9	0,071
Урал – 43206 – 1151 – 41 /БКМ – 515/	1	28	0,87	540	500	0,9	0,024
Урал – 4320 АДПМ – 12 /150	1	28	0,87	720	1000	0,9	0,016
Краз – 256 Б1	1	28	0,87	10	16	0,9	0,014
Краз – 257 А – 50	1	28	0,87	720	1000	0,9	0,016
Урал – 4320 – 1951 – 40, установка смес. мех.	2	28	0,87	1080	1000	0,9	0,047
Газ – 33081, автомобиль лаборатория	1	20	0,87	540	500	0,9	0,017
Урал – 4320 – 1951 – 40 манифольд БМ – 70/32	1	28	0,87	540	500	0,9	0,024
Итого:							1,28

Годовое количество образования отработанного моторного масла – 1,28 т.

2 Масла трансмиссионные отработанные.

Отработанные трансмиссионные масла образуются при техническом

обслуживании автотранспорта и спецтехники предприятия (замена отработанных трансмиссионных масел). Расчет количества образования отхода выполнен по формулам:

$$M = \sum(N_i \cdot V_i \cdot L_i / L_{Hi} \cdot k \cdot p) \cdot 0.001, \text{ т/год}, \quad (3)$$

$$M = \sum(N_i \cdot V_i \cdot T_i / T_{Hi} \cdot k \cdot p) \cdot 0.001, \text{ т/год}, \quad (4)$$

где  $N_i$  – количество автомашин  $i$  – ой марки, шт.;

$V_i$  – объем масла, заливаемого в автомашину  $i$  – ой марки;

$L_i$  – средний годовой пробег автомобиля  $i$  – ой марки, тыс. км/год;

$L_{Hi}$  – норма пробега подвижного состава до замены масла, тыс.км.;

$T_i$  – среднее годовое время работы спецтехники  $i$  – той марки, час/год;

$T_{Hi}$  – норма времени работы спецтехники  $i$  – той марки до замены масла, час;

$p$  – плотность отработанного трансмиссионного масла, кг/л,  $p = 0,87$ ;

$k$  – коэффициент полноты слива масла,  $k = 0,9$ .

Результаты расчета количества образования отработанных трансмиссионных масел представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты расчета образования масел трансмиссионных отработанных

Марка автомобиля	Кол – во автомашин (спецтехники) $i$ – ой марки, $N_i$ , шт.	Объем масла, заливаемого в технику, $V_i$ , л	Плотность трансмиссионного масла, г, кг/л	Средний годовой пробег, $L_i$ , тыс.км/год, мото – час	Норма пробега подвижного состава до замены масла, $L_{ni}$ , тыс.км	Коэффициент полноты слива масла, $k$	Кол – во отработанных трансмиссионных масел $M$ , т/год
УРАЛ – 44202 – 0311 – 31	12	11	0,87	27	48	0,9	0,058

Продолжение таблицы 6

Марка автомобиля	Кол – во автомашин (спецтехники) i – ой марки, Ni, шт.	Объем масла, заливаемого в технику, Vi, л	Плотность трансмиссионного масла, г, кг/л	Средний годовой пробег, Li, тыс.км/год, мото – час	Норма пробега подвижного состава до замены масла, Lni, тыс.км	Коэффициент полноты слива масла, k	Кол – во отработанных трансмиссионных масел Mi, т/год
Камаз – АЦ – 7 – 4310	1	11	0,87	27	48	0,9	0,005
Камаз – 43118	2	11	0,87	27	48	0,9	0,010
УРАЛ – 55571 (самосвал)	5	11	0,87	27	48	0,9	0,024
УРАЛ – 32551(вахта)	5	11	0,87	27	48	0,9	0,024
УРАЛ – 4320 – 1951 – 40 кран автомобильный	4	11	0,87	900	2000	0,9	0,01550
Урал – 5557 ППУА 1600/100М	2	11	0,87	540	2000	0,9	0,005
УРАЛ – 4320 ЦА – 32 У	3	11	0,87	540	2000	0,9	0,007
Урал – 43206 – 1151 – 41 /БКМ – 515/	1	11	0,87	540	2000	0,9	0,002
Урал – 4320 АДПМ – 12 /150	1	11	0,87	720	2000	0,9	0,003
Краз – 256 Б1	1	11	0,87	10	48	0,9	0,002
Краз – 257 А – 50	1	11	0,87	720	2000	0,9	0,003
Урал – 4320 – 1951 – 40, установка смес. мех.	2	11	0,87	1080	2000	0,9	0,009

Продолжение таблицы 6

Марка автомобиля	Кол – во автомашин (спецтехники) i – ой марки, Ni, шт.	Объем масла, заливаемого в технику, Vi, л	Плотность трансмиссионного масла, г, кг/л	Средний годовой пробег, Li, тыс.км/год, мото – час	Норма пробега подвижного состава до замены масла, Lni, тыс.км	Коэффициент полноты слива масла, k	Кол – во отработанных трансмиссионных масел M, т/год
Газ – 33081, автомобиль лаборатория	1	8	0,87	540	2000	0,9	0,002
Итого							0,17

Годовое количество образования отработанного трансмиссионного масла – 0,17 тонн.

3. Всплывающая пленка из нефтеуловителей (бензиноуловителей).

Отход данного вида будет образовываться в результате работы очистных сооружений бурового раствора.

Расчет Всплывающей пленки из нефтеуловителей (бензиноуловителей), образующейся при эксплуатации сооружений по очистке сточных вод.

Расчет количества образования отхода проводится по формуле:

$$M = C \cdot N \cdot 10^{-3} \text{ т/год} \quad (5)$$

где N – количество рабочих дней в году;

C – норматив образования нефтепродуктов, кг/сут. Принимается по данным проектной документации «Обустройство

нефтегазоконденсатного месторождения на период промышленной разработки НГКМ».

Результаты расчета представлены в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Расчет количества образования всплывающей пленки

Наименование очистных сооружений	Норматив образования, кг/сут.	Режим работы, сут./год	Масса отхода, т/год
Очистные сооружения производственно – дождевых сточных вод в зимний период	0,06	46	0,003
Очистные сооружения производственно – дождевых сточных вод в летний период	1,30	76	0,099
Локальные очистные сооружения химлаборатории	0,07	122	0,009
Очистные сооружения пластовой воды РВС – 3000 и БОВ	2495	122	304,39
Итого			304,501

Таким образом, годовое количество образования всплывающей пленки составит 304,501 тонн.

4. Отходы переработки нефти, угля, газа, горючих сланцев и торфа (отходы нефти от анализа в химической лаборатории).

Данный вид отхода образуется в результате анализа добываемой нефти. Расчет количества образования отхода выполнен по формуле:

$$M = Q \cdot V_{np} \cdot p \cdot 10^{-3} \text{ (т/год)}, \quad (6)$$

где  $Q$  – среднегодовое количество нефти, поступающей на химический анализ, проба;

$V_{np}$  – объем одной пробы, л;

$\rho$  – плотность нефти, кг/л,  $\rho=0,817$ .

Расчет отходов нефти от анализа в химической лаборатории приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет количества отходов нефти от анализа в химической лаборатории

Квартал	Количество нефти, поступающей на химический анализ, л	Количество проб	Объем одной пробы, л	Плотность нефти, кг/л	Кол – во отходов нефти, т
1	9855	6570	1,5	0,817	8,052
2	17520	11680	1,5	0,817	14,314
3	23542,5	15695	1,5	0,817	19,234
4	37230	24820	1,5	0,817	30,417
Итого					72,017

Годовое количество образования отходов нефти от анализа в химической лаборатории составит 72,017 тонн.

#### 5. Отходы при добыче нефти и газа (отработанный буровой раствор).

Отработанный буровой раствор образуется при проведении работ по бурению скважин.

Расчет объемов образования отхода производится в соответствии с нормами образования отработанного бурового раствора, приведенными в групповом рабочем проекте № 6ГНТ – 2006 на строительство наклонно – направленных нефтедобывающих скважин.

Количество образования отработанного бурового раствора определяется исходя из количества выбуренных в год скважин.

Исходные данные и результаты расчета количества образования отхода представлены в виде таблицы 9.

Таблица 9 – Расчет образования отработанного бурового раствора

Год	Кол – во пробуренных в год скважин, шт.	Норматив образования отхода при бурении одной скважины, м <sup>3</sup>	Плотность отхода, т/м <sup>3</sup>	Количество образования отхода, т/год
2019	23	362,12	1,16	9661,362

Годовые количества образования отработанного бурового раствора составят 9661,362 тонны.

б. Отходы при добыче нефти и газа (шлам бурения скважин).

Отработанный буровой шлам образуется при проведении работ по бурению скважин.

Расчет объемов образования отхода производится в соответствии с нормами образования отработанного бурового шлама, приведенными в групповом рабочем проекте № 6ГНТ – 2006 на строительство наклонно – направленных нефтедобывающих скважин.

Исходные данные и результаты расчета количества образования отхода представлены в виде таблицы 10.

Таблица 10 – Расчет образования шлама бурения скважин

Год	Кол – во пробуренных в год скважин, шт.	Норматив образования отхода при бурении одной скважины, м <sup>3</sup>	Плотность отхода, т/м <sup>3</sup>	Количество образования отхода, т/год
2019	23	287,18	2,4	15852,336

Годовые количества образования отработанного бурового шлама составят 15852,336 тонн.

Гистограммы, показывающие количество образования нефтесодержащих отходов, которые образуются на объектах газопровода и нефтепровода МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой» приведен на рисунке 18.



**Рисунок 18 – Гистограммы количества образования нефтесодержащих отходов на территории объектов газопровода и нефтепровода МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой»**

Анализ гистограмм показывает, что основной вклад в общее количество образуемых нефтесодержащих отходов представлено отходами, которые образуются непосредственно при осуществлении производственной деятельности. Массовая доля образования бурового раствора и бурового шлама в значительной мере превышает прочие виды нефтесодержащих отходов.

На Ванкорском нефтегазовом месторождении завершено изготовление блока термического уничтожения отходов (БТУО) нефтеперекачивающей станции НПС – 1 Ванкорского нефтепровода. Оборудование предназначено для переработки твердых бытовых и производственных отходов, в том числе отработанных масел и нефтешламов. Принцип действия БТУО – экологически безопасное сжигание, позволяющее значительно сокращать

количество отходов (до 5% от исходного объема), обезвреживать содержащиеся в них микроорганизмы, не допускать негативного влияния работы оборудования на окружающую среду. Производительность изделия – 40 кг/ч по твердым и 15 кг/ч по жидким отходам.

В основу БТУО изготовителем была положена конструкция комплексов термического обезвреживания отходов типа КТО (ТУ 4853 – 001 – 52185836 – 2005), серийно выпускаемых компанией ЗАО «Безопасные Технологии».

Основные меры по защите почвы сводятся к выполнению следующих мероприятий:

1. Прокладка дорог для буровых установок, скважин и других объектов выполняется с учетом минимального разрушающего воздействия на грунт.

2. При проведении строительно-монтажных работ: снимать слой плодородной почвы на определенную глубину с земельного участка, отведенного под строительство карьеров или объектов строительных материалов. Плодородные слои почвы перемещаются на места временного хранения и складирования для повторного использования для восстановления земель.

3. Устройство нефтесборников и водостоков в низинах местности с учетом возможности более полного сбора загрязняющих веществ.

4. Построение системы накопления отходов бурения и испытаний нефтяных скважин (шламовых амбаров, ям, лотков) с гидроизоляцией полов и стен.

5. Устройство для бурения закрытых территорий или огороженных территорий с водонепроницаемыми настилами для хранения химикатов.

6. Собрать и перекачать взвешенные нефтепродукты из шламовых амбаров и маслоуловителей для дальнейшей обработки.

7. Обезвреживание и последующая обработка отходов бурения путем коагуляции ОБР и БШ.

8. После завершения строительства последней скважины в кустовой площадке, демонтажа и вывоза оборудования, материалов и обработанного глинистого раствора на новую площадку проводятся работы по восстановлению нарушенного земельного участка.

На рисунке 19 представлена комплексная схема очистки буровых шламов.

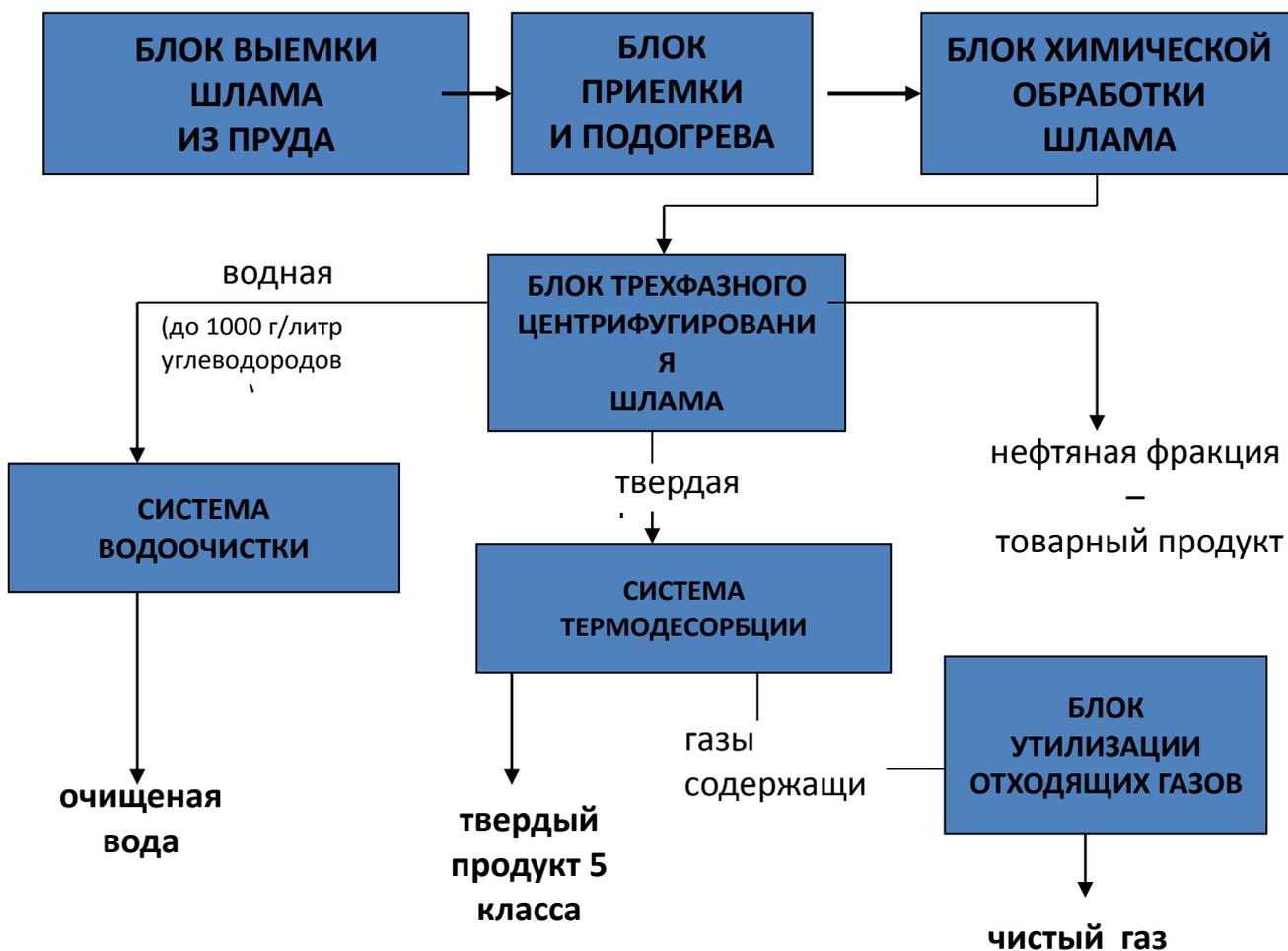


Рисунок 19 – Комплексная схема очистки буровых шламов.

Основными мерами по защите окружающей среды от воздействия отходов производства и потребления являются:

- применение малоотходной технологии при бурении скважин, обезвреживании или переработке отходов бурения по технологии с

положительными заключениями государственной экологической экспертизы;

- строительство дренажной емкости для сбора отходов, образующихся при очистке полости трубопровода;
- сбор и утилизация всех видов промышленных отходов, в том числе передача другим специализированным организациям (например, металлолом, отработанные аккумуляторные батареи, масла и так далее).

«Выбор методов сбора отходов бурения осуществляется на основе результатов исследований и прогнозируемого класса опасности отходов по ГОСТ 12.1.007 – 76, условий предоставления во временное краткосрочное пользование земельного отвода, его категории и размеров. Складирование отходов строительства и обустройства скважины следует осуществлять на площадках и в накопителях, исключающих загрязнение окружающей среды» [26].

Для снижения техногенных воздействий при строительстве и эксплуатации сооружений на окружающую природную среду предлагается комплекс организационно – технических мероприятий по уменьшению количества производственно – бытовых отходов:

- при строительстве необходимо использовать технологические процессы, базирующиеся на принципе максимального использования сырьевых материалов и оборудования, что обеспечит образование минимальных количеств отходов;
- необходимо оптимально организовать сбор, сортировку, очистку, переработку и утилизацию отходов;
- рабочий персонал должен быть обучен сбору, сортировке, обработке и хранению отходов, во избежание перемешивания опасных веществ с другими видами отходов, усложняющих утилизацию;

- необходимо организовать надлежащий учет отходов и обеспечить своевременные платежи за размещение отходов;
- все виды отходов должны складироваться и вывозиться в специально отведенные места, согласованные с местными государственными органами охраны природы и санэпиднадзора.

### **3.3 Предложения по утилизации нефтесодержащих отходов МН «Ванкорское месторождение»**

В системе утилизации отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение» несмотря на принятые природоохранные мероприятия, отмечаются экологические риски, связанные с поступлением загрязняющих веществ в компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, водные объекты и на поверхность почвенного покрова.

В настоящее время к современным и экологичным методам обращения с буровыми шламами на основе РУО можно отнести:

- закачивание в скважину (реинджекшен);
- обработку и утилизацию.

«Закачивание в скважину или «реинджекшен» – это закачивание буровых отходов в затрубное пространство или в специально пробуренную скважину, закачивание в скважину после завершения буровых работ. Основные условия для применения технологии «реинджекшн» – геологическая возможность для закачивания (наличие принимающего пласта, водоупорных пластов над и под принимающим пластом, чтобы предотвратить загрязнение грунтовых вод)» [27].

Одним из наиболее надежных способов признается закачка шлама в пласт. В настоящее время она применяется в странах Северной и Южной Америки».

Шлам преобразуется в пульпу с определенной вязкостью, которая закачивается в пласт с помощью насоса высокого давления. Технологию можно адаптировать под уже существующие шламовые амбары и полигоны, извлекать шлам непосредственно оттуда для закачки его в скважину.

«Применяют два способа закачки шлама в пласт:

- кольцевая закачка (Annular injection);
- использование специальных скважин для промышленных отходов (Disposal well injection)» [32].

В процессе кольцевой закачки шлам попадает в определенный пласт через пространство между обсадными трубами в нефтяных или газовых скважинах. В нижней части внешней обсадной трубы шлам проникает в пласт. При использовании скважины для промышленных отходов шлам закачивается в пласт под давлением с использованием насосно – компрессорных труб ниже обсадной колонны или в перфорированную секцию, созданную специально для закачки шлама в интервалах принимающего пласта».

Для оценки условий взаимодействия работы нагнетательной скважины и гидродинамической системы целесообразно произвести исследование геологического пространства на территории, где уже осуществляется добыча.

«Применение названных методов требует комплексного подхода к проекту. Этот подход включает первоначальный сбор геологических данных, данных каротажа, построение геологических моделей, определение потенциальных горизонтов для закачки шлама в пласт, определение давления закачки, прогнозирование сопряженных с этим риском» [30].

«Важнейшее значение при определении рисков имеет структура выбранного пласта в около скважинном пространстве, наличие в нем возможных окон перетока, связанных с разрывами пласта, локальных пликативных нарушений, обуславливающих неравномерное распределение внутрипластового давления, формирование концентраторов напряжений,

увеличивающих вероятность разрушения пласта и неконтролируемого перемещения закачиваемых отходов» [28].

«Движение закачиваемой жидкости, кроме того, зависит и от уклона пласта, величина которого в данном случае составляет 1,7 м на 1 км в направлении СЗ 320°. В совокупности все это определяет преимущественное направление движения потока закачиваемых промышленных отходов от скважины в северо-западном направлении» [31].

При необходимости, зная вязкость закачиваемой пульпы, исходное давление при закачке, можно определить и возможную скорость перемещения отходов в пределах пласта.

При определении местоположения новых скважин учет характеристики потока отходов позволяет наметить меры по недопущению в процессе бурения выхода этих отходов за пределы пласта закачки, загрязнения водоносных горизонтов или земной поверхности.

Один из методов исследования, которые определяют возможность использования данного способа утилизации – морфоструктурный анализ геологического пространства. При этом один из приемов его исследования – метод изучения структурной анизотропии, который позволяет проанализировать наличие неоднородностей пространства около скважины, используемой для закачки.

При деформации пласта неизбежно изменяются его внутренние свойства и, прежде всего, степень его проницаемости в направлениях максимальной и минимальной изменчивости. Это может оказывать влияние на характер движения внутри пласта закачиваемых отходов. Определение предполагаемого направления движения закачиваемых в скважину промышленных отходов, а также скорости их перемещения имеет большое значение при оценке экологических рисков, связанных с буровыми и промышленными работами на нефтегазовых месторождениях Ванкора.

На рисунке 19 приведено изображение анизотропии около скважинного пространства в пределах месторождения Ванкор (Зап. Сибирь).

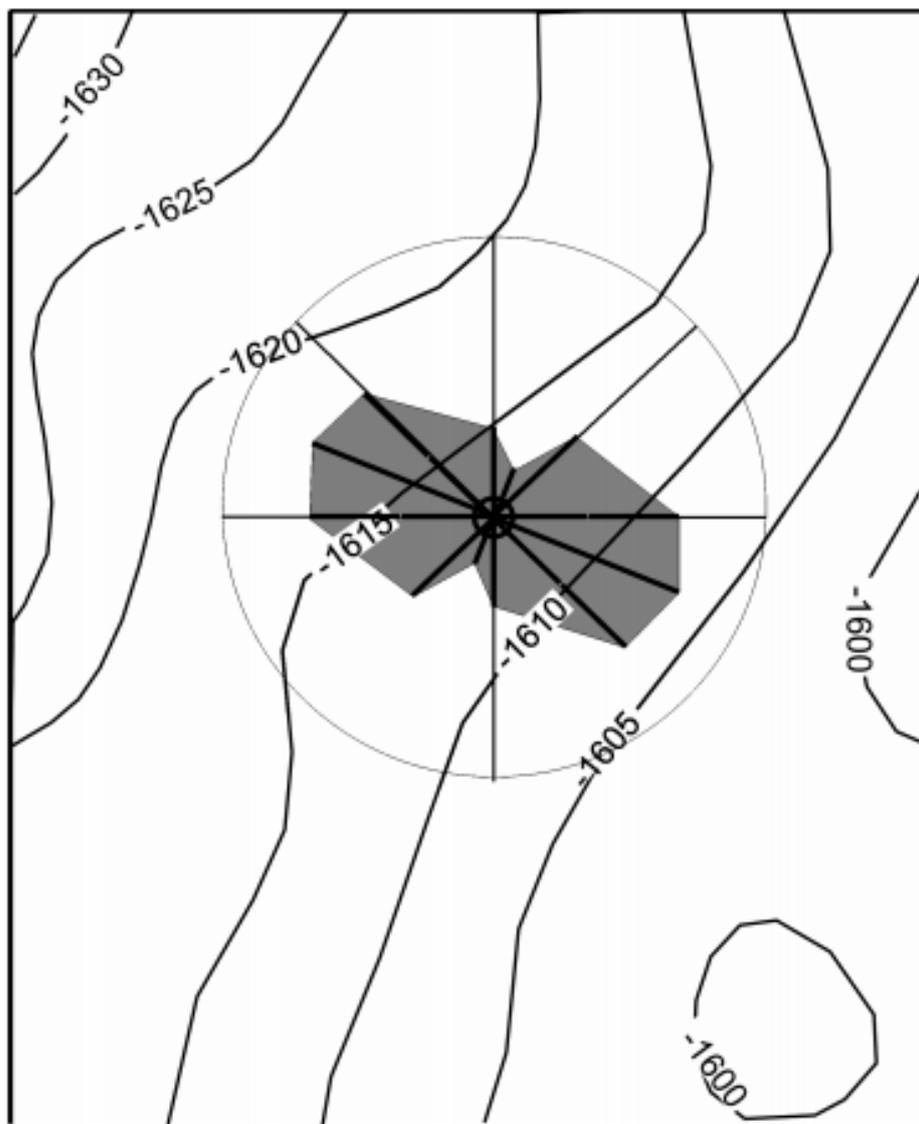


Рисунок 19 – Анизотропия около скважинного пространства в пределах месторождения Ванкор (Зап. Сибирь)

При этом на нормативном уровне закреплён ряд условий применения обратной закачки. Документом «Правила охраны вод от загрязнения при бурении скважин на морских нефтегазовых месторождениях РД 153 – 39 – 031 – 98» допускается закачивание отходов бурения в поглощающие горизонты при отсутствии возможности использования других методов.

Целесообразнее использовать метод наклонного бурения, при отсутствии эксплуатируемой скважины, поскольку данный способ позволяет направить поток в сторону уклона водонапорных слоев.

Схема скважины наклонного бурения приведена на рисунке 20

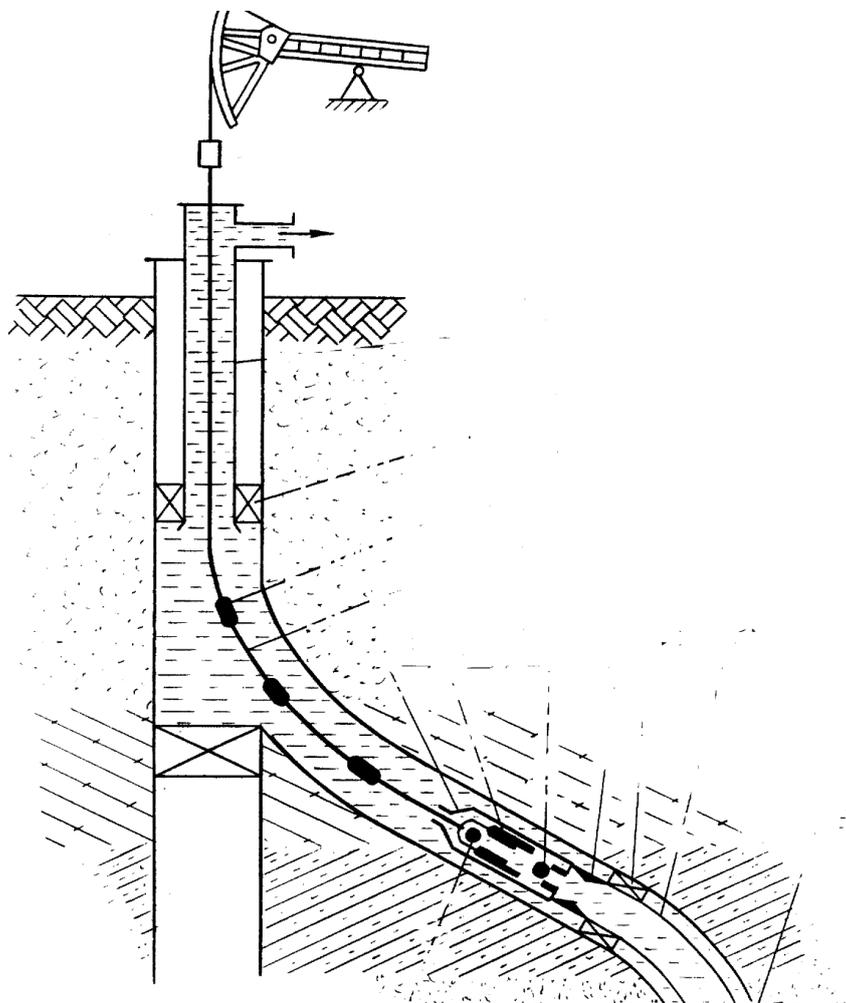


Рисунок 20 – Схема скважины наклонного бурения

Для реализации технологии закачки диспергированного избыточного бурового раствора и бурового шлама в поглощающие пласты необходимо соблюдение следующих условий:

- наличие хорошо проницаемых поглощающих горизонтов (пески, песчаники, известняки и др.);

- наличие непроницаемых экранов, обеспечивающих изоляцию поглощающего горизонта сверху и снизу от продуктивных горизонтов и придонных слоев морской воды в границах зоны избыточных пластовых давлений (регрессий), создаваемых нагнетанием;
- придание закачиваемой пульпе необходимой дисперсности твердых включений;
- контроль сейсмичности промыслового района.

При уровне сейсмичности промыслового района, достигающей 7 баллов (по шкале Рихтера), закачка отходов в подземные горизонты запрещается.

На рисунке 21 изображена технология «реинджекшен».

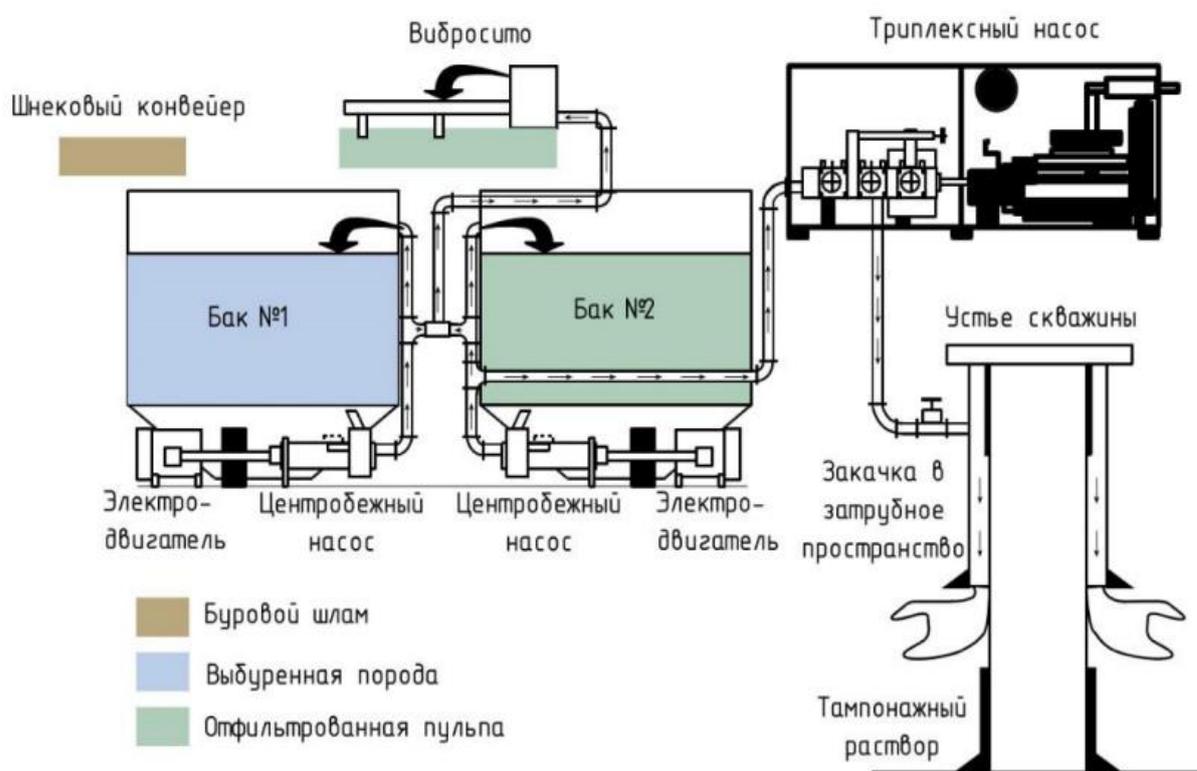


Рисунок 21 – Технология «реинджекшен»

Закачке в поглощающий пласт подлежат:

- буровой шлам;
- отработанный буровой раствор, который невозможно использовать в технологическом процессе после обработки;
- буровые сточные воды;
- затвердевший цемент.

Таблица 11 – Параметры, обеспечивающие возможность использования технологии «реинджекшен» на МН «Ванкорское»

Параметр	Требования
Требования к буровому шламу	Шлам должен подаваться без включений постороннего материала, такого как ветошь, куски древесины, крупные куски породы или цемента и так далее. Сортировка осуществляется за счёт установки решётчатых панелей под сброс вибросит на блоке очистки бурового раствора.
Объём пачки пульпы	Минимальный объём одновременно закачиваемой пульпы составляет 20 м <sup>3</sup> , и обусловлен объёмом скважины, равным 20 м <sup>3</sup> .
Скорость закачки	Минимальная скорость закачки, полученная с помощью моделирования, составляет 0.48 м <sup>3</sup> /мин. Более низкая скорость используется вначале закачки до стабилизации давления и получения подтверждения об отсутствии проблем с закачкой.
Давление при закачке	Максимальное давление закачки на устье скважины не должно превышать 300 атм.
Интервал между закачками	Интервал между закачками пульпы более 4 часов, но менее 2 – х суток.
Водородный показатель (уровень pH пульпы)	Уровень pH пульпы не должен превышать 9.5. При повышенном уровне pH пульпа может вступить в реакцию с загустителем, что вызовет падение вязкости пульпы.

Технологический процесс обратной закачки бурового шлама в пласт предусматривает сбор твердой фазы и отходов при помощи

специализированного оборудования, которое сортирует отходы, а затем измельчает, смешивает и доводит их до состояния устойчивой пульпы, пригодной для закачки в пласт. Сформированная пульпа с применением гидроразрыва закачивается в подземный горизонт, который предварительно был изучен и признан пригодным для постоянного изолированного хранения отходов. Подходящий для закачки пласт – это такой пласт, из которого закачанные отходы не смогут мигрировать в другие интервалы, и который защитит соседние пласты от попадания в них отходов.

Для применения технологии «реинджекшен» предлагается установить оборудование фирмы M-I SWACO Schlumberger (Германия).

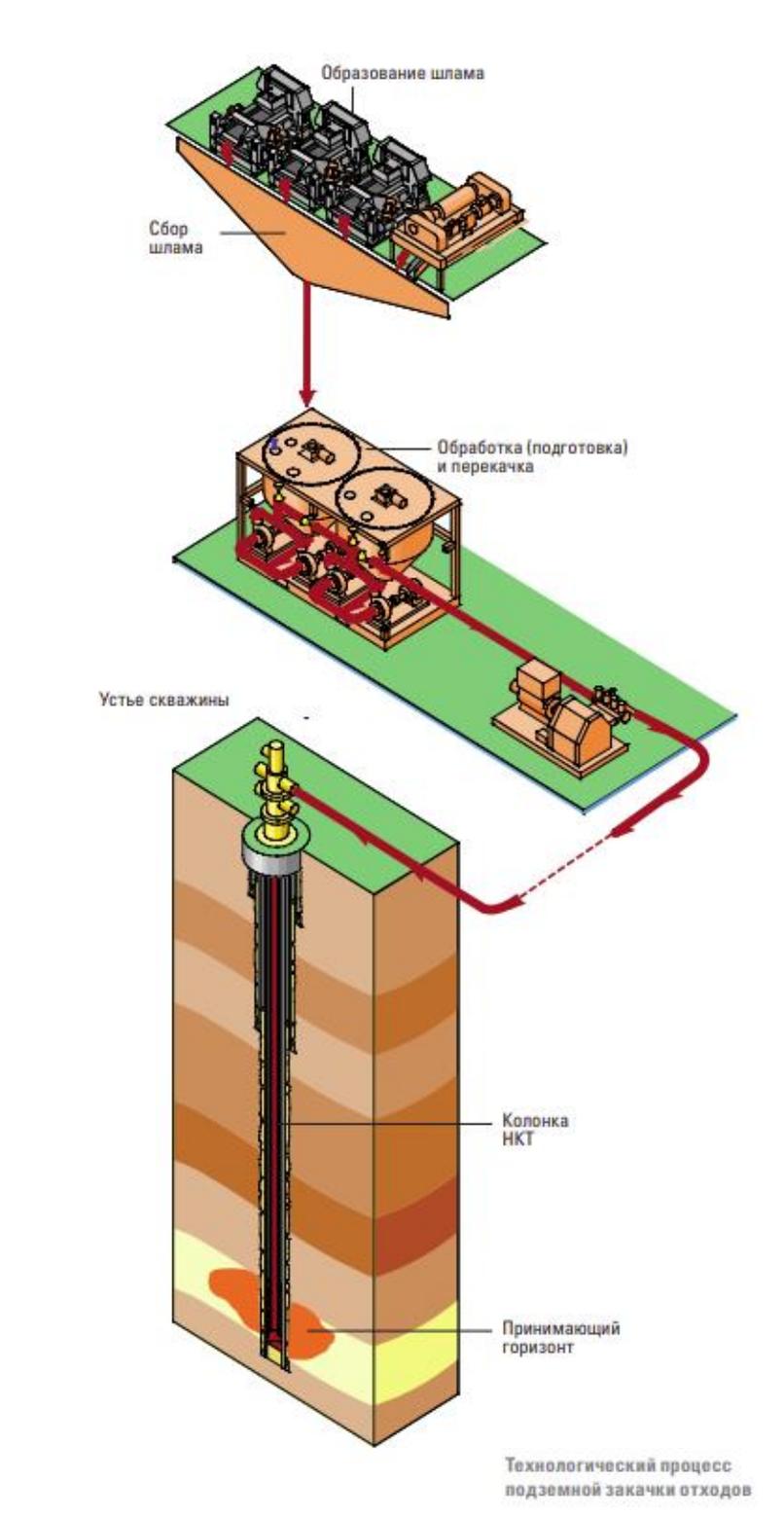
Компания работает во всех нефтедобывающих регионах России и стран Центральной Азии, включая Азербайджан, Казахстан, Узбекистан и Туркменистан. За более чем 25-летнюю историю работы в современной России и странах Центральной Азии компании удалось стать комплексным самостоятельным предприятием в регионе, чтобы обеспечить долгосрочную поддержку своих заказчиков качественным и своевременным сервисом.

M-I SWACO — ведущий поставщик решений в области промывочных жидкостей; систем очистки буровых растворов и экологических услуг; нефтепромысловой химии для мировой нефтяной индустрии, а также компания является крупнейшим разработчиком, производителем и поставщиком систем буровых растворов, различных химических реагентов и добавок для их обработки, инженерных и сервисных услуг.

Комплект оборудования состоит из транспортирующего аппарата, блока формирования пульпы, нагнетательных насосов высокого давления, и аппаратуры для контроля. Блок анализа обратной закачки шлама, установленный на рамном основании, регистрирует данные давления нагнетания, плотность и объем в режиме реального времени. Все оборудование и процессы эксплуатируются высококвалифицированными специалистами, которые прошли интенсивное обучение в

специализированных центрах подготовки специалистов по обратной закачке шлама, расположенных в разных странах мира.

На рисунке 22 представлены основные компоненты системы обратной закачки бурового шлама



## Рисунок 22 – Основные компоненты системы обратной закачки бурового шлама

На рисунке 23 представлена система сбора и транспортировки шлама CLEANCUT.



## Рисунок 23 – Система сбора и транспортировки шлама CLEANCUT

Запатентованная система CLEANCUT компании M-I SWACO предоставляет заказчикам гибкое решение для повышения безопасности и эффективности при обращении (локализация, транспорт) с отходами бурения. Выбуренная порода улавливается сразу на выходе из вибросита и остается в герметичной системе на всем протяжении технологического цикла транспортировки, который обеспечивает пневматическая система.

Далее в состав комплекса входит осушитель шлама.

Осушитель шлама VERTI-G имеет современную конструкцию, благодаря которой он может обрабатывать изменяющиеся количества бурового шлама и раствора, обычно при производительности до 60 тонн (61 метрических тонн) в час. Остаточная влажность шлама (по массе) в среднем менее 5%.

Буровой шлам из вибросита подается в осушитель шлама VERTI-G при помощи нижеследующих систем транспортировки, сконструированных на буровой площадке:

- система загрузки шлама самотеком;
- пневматическая система транспортировки;
- вакуумная система транспортировки;
- система загрузки с использованием шнековых конвейеров.

Подача бурового шлама в осушитель VERTI-G управляется ПЛК, и осуществляется непрерывно для достижения оптимальной сепарации жидкости и твердой фазы.

Осушитель шлама VERTI-G и его пульт управления представлены на рисунке 24.

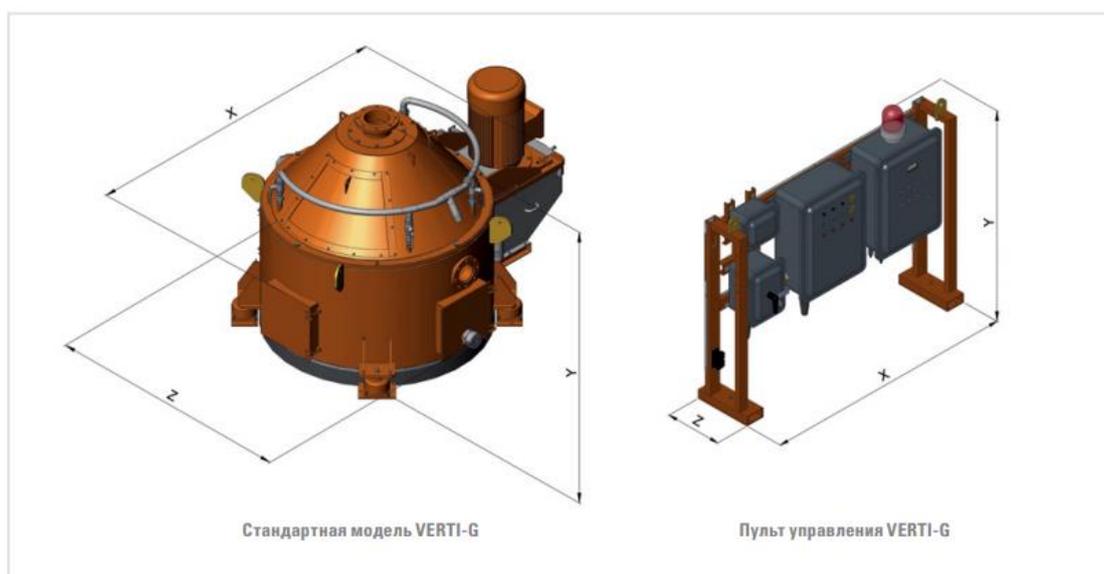


Рисунок 24 – Осушитель шлама VERTI-G и пульт управления VERTI-G

Для измельчения шлама используется технология «HAMMERMILL».

Технологический процесс десорбции «HAMMERMILL» основан на прямом механическом нагреве посредством использования дробильноизмельчающего воздействия на шлам. Сочетание высокого механического поперечного усилия и непосредственного теплового воздействия создает условия, которые способствуют мгновенному испарению воды и углеводородов. В данном типе процесса десорбции отсутствует источник воспламенения, основной процесс – трение. Этой

технологии не требуются большие площади и сложные системы для нагрева и поддержания необходимой температуры теплоносителя, например, горячего масла, пара или выхлопных газов. Это быстрый, чистый и эффективный процесс.

«Благодаря выбранному способу утилизации отходов исключается возможность загрязнения окружающей среды, что позволит компании добиться высочайшего уровня экологической безопасности при обращении с отходами бурения» [28].

Основные изменения фильтрационных свойств происходят в призабойной зоне поглощающей скважины. Размеры трещины как по высоте, так и по длине соответствуют проектным и позволяют обеспечить требуемый объем закачки шламовых отходов.

### **3.4 Разработка схемы рекультивации «временных накопителей» бурового шлама**

Разработаем схему рекультивации «временных накопителей» бурового шлама.

«Рекультивация земель – комплекс мероприятий, направленных на восстановление продуктивности нарушенных земель, включая нефтезагрязненные земли, а также на улучшение условий окружающей среды. На действующих предприятиях, связанных с нарушением земель, рекультивация земель должна быть неотъемлемой частью технологических процессов» [28].

Основными объектами рекультивации в условиях нефтегазодобычи являются нефтезагрязненные почвы и земли, утратившие связи с загрязнением плодородие и народнохозяйственную ценность.

Приемы рекультивации должны максимально стимулировать процесс естественного самоочищения почв, а применяющиеся средства – не вызывать вторичного загрязнения окружающей среды.

«Проведение технологических мероприятий по восстановлению продуктивности нефтезагрязненных почв и земель должно быть возложено на специализированные подразделения, имеющие лицензию на выполнение рекультивационных работ, оснащенные соответствующей сельскохозяйственной и вспомогательной техникой, агротехническими приспособлениями, семенами трав, удобрениями – согласно проекта рекультивации» [26].

Подготовка участка к рекультивации предусматривает завершение работ, проводимых на стадии локализации аварийного разлива и сбора нефти, а также создание необходимых условий для проведения мероприятий по ускорению микробиологического разложения нефти:

- обваловка разлива или установка боновых заграждений, препятствующих повторному загрязнению участка и распространению загрязнителей на окружающую территорию;
- очистка от мешающего работе почвообрабатывающих орудий захламления: валежника, усохших деревьев, пней, крупных корней, металлолома, отходов строительства и пр.;
- доочистка от свободной нефти;
- ликвидация солевого загрязнения;
- корректировка гидрологического режима;
- срезка сильно загрязненных слоев почв.

Рекультивация нефтезагрязненных земель – это многолетний процесс, целью которого является не только снижение содержания остаточных нефтепродуктов, но и восстановление характеристик почв до уровня, обеспечивающего произрастание высших растений.

Локализация разливов может выполняться прокладкой канав глубиной 30 – 50 см с помощью вертикальной фрезы на базе МРТ – 1, плугов – канавокопателей (ПКЛН – 500А) или экскаваторов. При больших выбросах нефти устраивают двойную защиту в виде канав глубиной 0,6 – 1,0 м и примыкающих к ним валов грунта, выбранного из канавы экскаватором. На болотах с помощью экскаваторов и бульдозеров устраивается обваловка участков. На воде локализация разлива производится болами различных конструкций.

Для предотвращения пропитывания нефтью грунта валов, откосы вала, обращенные в сторону разлитой нефти, облицовывают нефтенепроницаемым материалом – полиэтиленовой пленкой, брезентом или резинотканевой лентой, укладываемой непосредственно на грунт и закрепляемым деревянными кольями и в основании вала – подсыпкой грунтом.

Рекомендуется установка боновых заграждений в комплекте с плавающими динамическими нефтесборщиками серии «НД», обеспечивающими немедленный отбор нефти, подтекающей к боновым заграждениям.

Укрепление (дополнительная отсыпка грунтом или отрыв экскаватором) обваловки нефтезагрязнённого участка производится при неудовлетворительном техническом состоянии сделанной ранее обваловки, угрожающем вытеканием нефтепродуктов за пределы загрязнённой территории при производстве рекультивационных работ.

«Показателем относительного качества рекультивации земель служит снижение концентрации углеводородов в почве до допустимых уровней и устойчивый травостой из аборигенных или сеяных многолетних трав, адаптированных к соответствующим почвенно – гидрологическим условиям и способных к длительному произрастанию на данной площади» [26].

«Травянистые растения улучшают структуру, увеличивают воздухопроницаемость почв, 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 самоочищение и восстановление плодородия почв» [26].

Растения – мелиоранты должны обладать достаточной устойчивостью к содержащимся в почве загрязнителям (остаточным нефтепродуктам, солям), быстрым ростом, надежным вегетативным или семенным размножением в соответствующих климатических и почвенно – гидрологических условиях.

При подборе растений для фитомелиорации нефтезагрязненных земель необходимо учитывать устойчивость видов и сортов к нефти и приспособленность к местным почвенно – климатическим условиям.

Многолетние травы, рекомендуемые для фитомелиорации нефтезагрязненных земель приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Многолетние травы, рекомендуемые для фитомелиорации нефтезагрязненных земель

Название видов (семейство)	Почвы, рекомендуемые для посева					Высота травостоя	Крупность семян	Норма высева, кг/га
	сухие песчаные	Супесчаные и суглинистые свежие и влажные	Временно затопляемые	болота				
				низинные	верховые			
1. Стержнекорневые								
Донник желтый (бобовые)	+	+	-	-	-	в	мм	40 – 80
Клевер гибридный (бобовые)	-	+	-	+	+	ср	мм	30 – 60
Клевер луговой (бобовые)	+	+	-	-	-	ср	мм	40 – 80

2. Рыхлокустовые								
Бескильниц а расставленн ая (злаков.	-	+	+	+	+	ср	мм	30 – 60
Волоснец сибирскнй (злаковые)	+	+	-	-	-	ср – в	сср	50 – 100

Продолжение таблицы 12

Название видов (семейство)	Почвы, рекомендуемые для посева					Высота травостоя	Крупность семян	Норма высева, кг/га
	сухие песчаные	Супесчаные и суглинистые свежие и влажные	Временно затопляемые	болота				
				низинные	верховые			
<b>2. Рыхлокустовые</b>								
Овсяница луговая (злаковые)	-	+	-	+	+	ср	ккр	50 – 120
Житняк гребенчатый (злаковые)	+	+	-	+	+	в	ккр	40 – 100
Пырей бескорневищный (злаковые)	+	+	-	+	+	в	ккр	60 – 120
Тимофеевка луговая (злаковые)	-	+	-	+	+	в	м мм	40 – 80
Регнерия волокнистая (злаковые)	-	-	-	+	+	в	ккр	50 – 100
<b>3. Корневищно – рыхлокустовые</b>								
Лисохвост луговой (злаковые)	-	+	-	+	+	в	ккр	40 – 90
Овсяница красная (злаковые)	-	+	-	+	+	ср	ккр	50 – 110
Полевица белая (злаковые)	-	+	-	+	+	ср	м мм	30 – 90
Полевица гигантская (злаковые)	-	+	-	+	+	в	мм	30 – 70
<b>4. Длиннокорневищные</b>								
Бекмания восточная (злаковые)	-	+	-	+		в	сср	70 – 150

Продолжение таблицы 12

Название видов (семейство)	Почвы, рекомендуемые для посева					Высота травостоя	Крупность семян	Норма высева, кг/га
	сухие песчаные	Супесчаные и суглинистые свежие и влажные	Временно затопляемые	болота				
				низинные	верховые			
<b>4. Длиннокорневищные</b>								
Канареечник тростниковидный (злаков)	-	-	-	+	+	в	м мм	25 – 60
Костер безостый (злаковые)	+	+	-	+	+	в	ккр	60 – 150
Мятлик луговой (злаковые)	+	+	-	+	+	ср	мм	40 – 80

Высота травостоя:

- н – низкий (менее 30 см);
- ср – средний (30—60 см);
- в – высокий (более 60 см).

Крупность семян:

- кр – крупные (более 4,5 мм);
- ср – средние (2,5—4,5 мм);
- м – мелкие (менее 2,5 мм);
- мл – мелкие летучие.

Конечной целью фитомелирации является создание живого напочвенного покрова на рекультивированных после нефтяного загрязнения землях, обеспечивающего дальнейшее самоочищение почв.

### 3.5 Утилизация нефтезагрязненного почвенного покрова

В условиях таежной зоны в качестве мероприятий, ускоряющих микробиологическое очищение почв и восстановление первоначальных функций экосистем являются: фрезерование почвы, создание искусственного микрорельефа на переувлажненных участках, внесение минеральных удобрений и извести, внесение торфа на бедных гумусом минеральных почвах, внесение нефтеокисляющих микроорганизмов, высеv трав – мелиорантов.

«При концентрациях более 200 г/кг в минеральных и более 400 г/кг в торфяных почвах нефть является сильным консервантом, резко ухудшает кислородный режим и агрегатную структуру почв. Поэтому рекультивацию замасоченных земель методом микробиологического разложения следует начинать только после сбора свободной нефти и уменьшения механическими способами ее содержания в почве ниже уровня 20 кг/м<sup>2</sup>» [23].

Фрезерование почвы решает одновременно несколько задач: резко снижает концентрацию нефти в верхних слоях почвы путем разбавления более чистым грунтом из нижних горизонтов, увеличивает поверхность соприкосновения остаточных нефтепродуктов с биологически активной средой, улучшает водно – воздушный режим почв, позволяет распределить равномерно по пахотному слою почвы вносимые минеральные удобрения и известь. С экологической точки зрения глубина фрезерования выбирается пропорционально уровню загрязнения. Максимальная глубина (30 см) принимается для уровня загрязнения 20 кг/м<sup>2</sup>. С уменьшением уровня загрязнения пропорционально снижается и глубина перемешивания почвы.

Внесение минеральных удобрений предполагает обеспечение нефтеокисляющих микроорганизмов и трав – мелиорантов усвояемыми формами азота, фосфора, калия и требуется практически на всех почвах таежной зоны».

Потенциальная потребность в минеральных удобрениях (без учета повторной утилизации при отмирании микрофлоры), оптимальное соотношение азотных, фосфорных и калийных удобрений определяется на основе потребности углеводородокисляющих микроорганизмов при утилизации конкретного размера углеводородного загрязнения (С) с учетом фракционного состава остаточных нефтепродуктов почвы (табл. 13).

Таблица 13 – Оптимальное соотношение элементов минерального питания к единице углеводородного загрязнения (С: N: P: K)

Давность загрязнения	Механический состав почв	
	Пески, супеси, суглинки	Торфяники
Свежие (менее 2 лет) разливы, смесь легких и тяжелых фракций	1:0,008:0,004:0,002	1:0,002:0,003:0,002
Разливы нефти давностью более 2 лет, преобладают тяжелые фракции	1:0,02:0,01:0,005	1:0,004:0,004:0,002

Реальные дозировки удобрений определяются многими факторами: типом почв, обеспеченностью их усвояемыми формами азота, фосфора, калия, уровнем нефтяного загрязнения, степенью увлажнения, интенсивностью водообмена в почве, способом и глубиной механической обработки почвы, комплексами микроорганизмов, участвующими в разложении нефти, применяемыми фитомелиорантами и др.

«Учитывая низкую обеспеченность лесных и болотных почв доступными формами азота, фосфора и калия, основной объем удобрений планируется на первое внесение и приурочен к фрезерованию почвы. Фрезерная заделка обеспечивает более равномерное распределение элементов питания в загрязненных слоях почвы, более легкую адаптацию к удобрениям почвенной микрофлоры» [21].

Внесение культур нефтеокисляющих микроорганизмов в почву оправдано, если естественная нефтеокисляющая микрофлора бедна по видовому составу и не может быть стимулирована описанными выше приемами. Решение о целесообразности внесения микроорганизмов принимается после исследования почв на активность содержащейся в ней нефтеокисляющей микрофлоры с помощью простейшей методики, предложенной В. И. Вавер.

Из промышленных культур нефтеокисляющих микроорганизмов неплохо себя зарекомендовали «Путидойл», «Деваройл», «Биоприн», «Лидер», «Валентис» и др. Целесообразно также применение ферментных препаратов типа «Белвитамил», не содержащих живых клеток, но сохранивших неповрежденные фрагменты ферментных систем углеводородокисляющих микроорганизмов.

### **3.5 Эколого-экономическая эффективность совершенствования системы утилизации отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение»**

Эколого-экономическая эффективность природоохранной деятельности характеризует соотношение общих экономических выгод и потерь от природоохранных мероприятий, включая внешние экологические эффекты, и связанные с ними социальные и экономические последствия.

Для проведения эколого-экономической оценки эффективности переработки нефтесодержащих отходов целесообразно определить ущерб, который они наносят. При этом для расчета были приняты следующие исходные данные:

Тип почвы – суглинки.

Характер почвенного покрова – полное отсутствие напочвенного покрова.

Глубина пропитки грунта нефтью (h) – 0,25 м.

Район – Красноярский край.

Свободное растекание нефти по поверхности.

Объем разлившихся НП составляет 20 м<sup>3</sup>.

Объем НП, впитавшегося в грунт – 9,189 м<sup>3</sup>.

Определение ущерба от деградации земель определяется по формуле:

$$C_3 = H_c \cdot S_3 \cdot K_n \cdot K_{здн} \cdot K_{э(i)} \cdot K_{зд} \quad (7)$$

где  $H_c$  – норматив стоимости с/х земель,  $H_c=2888$  тыс.р./га – старопойменные луговые [28]

$S_3$  – площадь пролива, м<sup>2</sup> (404,2 м<sup>2</sup> или 0,0204 га)

$K_n$  – коэффициент пересчета в зависимости от времени по восстановлению, (принимаем 0,9)

$K_b$  – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению, (Принимаем 2,0)

$K_э$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости района, (Сибирский – 1,9)

$K_r$  – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения. (Принимаем  $K_r=1,3$ )

Ущерб от деградации земель:

$$C_3 = 2888 \cdot 0,0404 \cdot 0,9 \cdot 2 \cdot 1,9 \cdot 1,3 = 518,738 \text{ тыс. руб.}$$

Определение экономического результата комплекса мероприятий, благодаря внедрению которых снижен ущерб от загрязнения земельных ресурсов на 100%, проводится по формуле:

$$W = 1 \cdot Y \quad (8)$$

где  $Y$  – ущерб окружающей среде,  $Y = 518,738$  тыс. руб.

$$W = 1 \cdot 261,94 \text{ тыс. руб.} = 518,738 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, эколого – экономический эффект от использования технологии «реинджекшн» позволит снизить ущерб для земельных ресурсов на 518,738 тыс. руб.

Чистый экономический эффект от внедрения природоохранных технологий определяется по формуле:

$$R = W - C \quad (9)$$

где  $C$  – текущие (эксплуатационные затраты).

$$R = 518,738 \text{ тыс. руб.} - 89,6 \text{ тыс. руб.} = 429,138 \text{ тыс. руб.}$$

Общая экономическая эффективность капитальных вложений в комплекс природоохранных мероприятий определяется по формуле:

$$E = R/K \quad (10)$$

где  $K$  – капитальные затраты на проведение мероприятий. Стоимость установки составляет 1750 тыс. руб.

$$E = 429,138 \text{ тыс. руб.} / 1750 \text{ тыс. руб.} = 25 \%$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле:

$$\text{Ток} = 100\%/E \quad (11)$$

$$\text{Ток} = 100/25 = 4 \text{ года}$$

Таким образом, чистый экономический эффект от внедрения предложенной технологии утилизации осадка составит 429,138 тыс. руб.

Общая экономическая эффективность капитальных вложений составит 25%. Срок окупаемости капитальных вложений составляет 4 года.

### **Выводы по разделу 3**

В третьем разделе «Совершенствование системы управления отходами на объектах МН "Ванкорское месторождение» рассмотрена структурная организация и производственная деятельность в области управления отходами на объектах МН "Ванкорское месторождение".

Ванкорское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) - перспективное месторождение в Красноярском крае России. Разведанные запасы нефти обеспечивают достижение планового уровня годовой добычи уже через пять лет в объеме 25 млн. тонн. Продолжительность эксплуатации месторождения рассчитана до 2037 года.

Степень негативного воздействия объектов нефтегазовой отрасли определяется как качеством образующихся отходов, так и их количеством. Количественный анализ показывает, что основной вклад в общее количество образуемых нефтесодержащих отходов представлено отходами, которые образуются непосредственно при осуществлении производственной деятельности. Массовая доля образования бурового раствора и бурового шлама в значительной мере превышает прочие виды нефтесодержащих отходов.

В системе утилизации отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение» несмотря на принятые природоохранные мероприятия, отмечаются экологические риски, связанные с поступлением загрязняющих веществ в компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, водные объекты и на поверхность почвенного покрова.

Одним из наиболее надежных и экологически безопасных способов признается закачка шлама в пласт. При использовании скважины для промышленных отходов шлам закачивается в пласт под давлением с использованием насосно-компрессорных труб.

Целесообразнее использовать метод наклонного бурения, при отсутствии эксплуатируемой скважины, поскольку данный способ позволяет направить поток в сторону уклона водонапорных слоев.

Следующим этапом утилизации нефтесодержащих отходов является рекультивация шламовых амбаров.

Рекультивация нефтезагрязненных земель — это многолетний процесс, целью которого является не только снижение содержания остаточных нефтепродуктов, но и восстановление характеристик почв до уровня, обеспечивающего произрастание высших растений.

Эколого-экономический эффект от использования технологии «реинджекшн» позволит снизить ущерб для земельных ресурсов на 518,738 тыс. руб. чистый экономический эффект от внедрения предложенной технологии утилизации осадка составит 429,138 тыс. руб.

Общая экономическая эффективность капитальных вложений составит 25%. Срок окупаемости капитальных вложений составляет 4 года.

## Заключение

В данной работе проанализирована система обращения с отходами на объектах газопровода и нефтепровода на примере МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой», а также предложено альтернативное техническое решение по их утилизации.

В первом разделе рассматривалось предприятие ООО «РН-Ванкор» как источник образования нефтесодержащих отходов.

Нефтяная промышленность занимает первую строчку не только в перечне самых значимых отраслей российской экономики, но и среди наиболее экологически опасных производств. Незаменимые для человечества продукты нефтепереработки могут оказывать пагубное воздействие на окружающую среду, а нефтепромыслы относятся к взрыво- и пожароопасным объектам. Качественный состав отходов определяется производимыми видами товарных нефтепродуктов и используемыми технологиями. Ключевыми отходами отрасли являются нефтяные эмульсии, шламы и осадки очистных сооружений нефтесодержащих сточных вод, нефтешламы от зачистки емкостей и оборудования, а также нефтеотделителей систем оборотного водоснабжения; загрязненные нефтепродуктами сорбенты; кислые гудроны.

В Российской Федерации в целом и на рассматриваемом предприятии в частности основным способом утилизации нефтяных отходов и нефтесодержащих вод является так называемое захоронение в специальных могильниках. При этом количество складировемых отходов удваивается каждые 7-8 лет. Такой способ утилизации нежелателен, более того, – вреден, поскольку отходы по-прежнему негативно влияют на окружающую среду. Он требует все больших площадей, которые изымаются из активного землепользования. К тому же вывоз отработанных нефтепродуктов для захоронения обходится недешево.

Во втором разделе проводился анализ системы управления отходами на объектах магистральных нефте– и газопроводов.

На предприятии осуществляется комплекс природоохранных мероприятий, который включает в себя как мероприятия технического характера, так и организационного (в частности, проведение визуального осмотра мест накопления отходов).

Существует четыре уровня управления отходами для уменьшения их воздействия на окружающую среду: предотвращение загрязнения и сокращение источников; повторное использование или распространение ненужных излишков материалов; обработка, утилизация и переработка материалов, содержащихся в отходах; и утилизация путем сжигания, обработки или захоронения в земле.

Однако, внедренные на площадках месторождений ООО «РН-Ванкор» мероприятия обеспечивают недостаточный уровень безопасности накопления отходов нефтедобычи.

Такой подход не учитывает все аспекты возможного влияния, включая: охрану атмосферного воздуха; охрану водных ресурсов; охрану земель и утилизацию отходов производства, защиту биоразнообразия; энерго- и ресурсосбережение.

Нефтяное загрязнение приводит к изменению экологического равновесия экосистемы. Попадая на поверхность, нефть впитывается в почву, мигрирует по профилю, коренным образом меняя физико – химические свойства, структуру почвенной биоты и в целом весь биоценоз.

В третьем разделе «Совершенствование системы управления отходами на объектах МН "Ванкорское месторождение» рассмотрена структурная организация и производственная деятельность в области управления отходами на объектах МН "Ванкорское месторождение".

Ванкорское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) - перспективное месторождение в Красноярском крае России. Разведанные запасы нефти обеспечивают достижение планового уровня годовой добычи уже через пять лет в объеме 25 млн. тонн. Продолжительность эксплуатации месторождения рассчитана до 2037 года.

Степень негативного воздействия объектов нефтегазовой отрасли определяется как качеством образующихся отходов, так и их количеством. Количественный анализ показывает, что основной вклад в общее количество образуемых нефтесодержащих отходов представлено отходами, которые образуются непосредственно при осуществлении производственной деятельности. Массовая доля образования бурового раствора и бурового шлама в значительной мере превышает прочие виды нефтесодержащих отходов.

В системе утилизации отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение» несмотря на принятые природоохранные мероприятия, отмечаются экологические риски, связанные с поступлением загрязняющих веществ в компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, водные объекты и на поверхность почвенного покрова.

Одним из наиболее надежных и экологически безопасных способов признается закачка шлама в пласт. При использовании скважины для промысловых отходов шлам закачивается в пласт под давлением с использованием насосно-компрессорных труб.

Целесообразнее использовать метод наклонного бурения, при отсутствии эксплуатируемой скважины, поскольку данный способ позволяет направить поток в сторону уклона водонапорных слоев.

Следующим этапом утилизации нефтесодержащих отходов является рекультивация шламовых амбаров.

Рекультивация нефтезагрязненных земель — это многолетний процесс, целью которого является не только снижение содержания остаточных

нефтепродуктов, но и восстановление характеристик почв до уровня, обеспечивающего произрастание высших растений.

Эколого-экономический эффект от использования технологии «реинджекшн» позволит снизить ущерб для земельных ресурсов на 518,738 тыс. руб. чистый экономический эффект от внедрения предложенной технологии утилизации осадка составит 429,138 тыс. руб.

Общая экономическая эффективность капитальных вложений составит 25%. Срок окупаемости капитальных вложений составляет 4 года.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Рассмотрена основная производственная деятельность на объектах нефти и газодобычи, которая приводит к образованию отходов. При этом выявлены источники их образования, основными из которых являются: работы по ремонту и эксплуатации транспорта и техники; сварочные работы; зачистка резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов; бурение скважин и добыча углеводородного сырья; ремонт и обслуживание нефтепровода и так далее

2. Изучены состав и свойства образуемых отходов, а также их классификация по классам опасности. Перечень образующихся отходов может насчитывать более 50 наименований по ФККО. В зависимости от источника образования и специфики производственных процессов, различается состав и свойства отходов. Так, на объектах нефти и газодобычи основную массу составляют производственные отходы, которые содержат значительное количество нефтепродуктов. Такие виды отходов представляют собой наибольшую опасность для компонентов окружающей среды.

3. Изучены возможные методы утилизации нефтесодержащих отходов. Основным методом обезвреживания нефтесодержащих отходов является их термическая обработка. Разработаны также способы биохимической деструкции, в основе которой лежит деятельность микроорганизмов.

4. Проанализирован количественный состав образуемых отходов в результате производственной деятельности на объектах МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой». При этом рассматривались исключительно нефтесодержащие отходы, поскольку именно данные виды отходов представляют основную проблему при их утилизации. Анализ полученных данных показывает, что основной вклад в общее количество образуемых нефтесодержащих отходов представлено отходами, которые образуются непосредственно при осуществлении производственной деятельности. Массовая доля образования бурового раствора и бурового шлама в значительной мере превышает прочие виды нефтесодержащих отходов.

5. Рассмотрена система утилизации нефтесодержащих отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой». Суть данной системы заключается в хранении нефтесодержащих отходов в шламовых амбарах с последующим обезвреживанием с использованием блока термического уничтожения отходов (БТУО). При этом следует отметить, что при хранении и транспортировании нефтесодержащих отходов осуществляется загрязнение атмосферного воздуха, почвенного покрова и водных ресурсов в результате их взаимодействия с компонентами окружающей среды.

6. Разработано предложение по безопасной системе утилизации нефтесодержащих отходов на объектах МН «Ванкорское месторождение» ООО «Сибрегионгазстрой». При этом были использованы результаты инженерно – геологических изысканий, которые позволили сделать вывод о наличии разуплотненной структуры на территории МН «Ванкорское месторождение». Таким образом, была предложена технология реинджекшен, то есть закачивание нефтесодержащих отходов в скважину. Оптимальному передвижению отходов внутри пласта между водоупорными

слоями способствует наличие уклона пласта 1,7 м на 1 км в северо – западном направлении.

Разработана схема по рекультивации имеющихся шламовых амбаров, которая включает технический и биологический этапы.

Дальнейшее использование данной технологии на объектах нефте и газодобычи позволит отказаться от хранения нефтесодержащих отходов в шламовых амбарах.

Эколого – экономическая эффективность предложенного способа утилизации нефтесодержащих отходов составит 429,138 тыс. руб. Срок окупаемости капитальных вложений составляет 4 года.

До настоящего времени проблема утилизации отходов, которые образуются в результате деятельности объектов нефте и газодобычи на территории РФ не решена в полной мере. Основной вклад по количеству образования вносят нефтесодержащие отходы, а именно буровой раствор и буровой шлам.

## Список используемых источников

1. Бузмаков, С.А., Воронов, Г.А. Основные подходы в определении качества окружающей среды / С.А. Бузмаков, Г.А. Воронов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2–2. С. 587–590.
2. Ветошкин, А.Г. Основы инженерной экологии: учеб. Пособие. Санкт – Петербург: Лань, 2018. 332 с.
3. Ефремкин, И.М. Обеспечение экологической безопасности при бурении скважин на месторождении «Приразломное» путем закачки отходов бурения в поглощающий пласт / И.М. Ефремкин, М.А. Рогозин // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. 2013. № 2. С. 40 – 43.
4. Занько, Н.Г. Безопасность жизнедеятельности учебник. Изд.15 – е, испр. и доп. Санкт – Петербург: Лань, 2016. 696 с.: ил.
5. Лавыгина, О. Л. Экологические аспекты при строительстве линейных объектов / О. Л. Лавыгина // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 12.
6. Магистральные трубопроводы. Строительные нормы и правила. [Электронный ресурс]: СП 127.13330.2017. URL; <http://docs.cntd.ru/document/871001207> (дата обращения: 01.03.2020).
7. Медведев, А.В. Установка по утилизации нефтешламов / А.В. Медведев, В.Д. Шантарин, Д.Д. Фетисов // Материалы IV Всероссийской научно – практической конференции «Геоэкология и нефтегазоносность Западно Сибирского бассейна». Тюмень: Вектор Бук, 2006. С. 39 – 42.
8. Коробкин, В.И. Экология / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. Ростов н/Д: Феникс, 2000. 338 с.

9. Кузяхметов, Г.Г. Биологический мониторинг нефтяных загрязнений и проблемы рекультивации нефтегазоносных земель. Уфа: БГУ, 1985. 54 с.
10. Медведев, А.В. Исследование возможности применения метода пиролиза для утилизации нефтяных отходов / А.В. Медведев // Интернет – журнал «Науковедение» Выпуск 5 (24), сентябрь – октябрь 2014. с. 2 – 11
11. Михайлова, Е.Л. Эколога – экономический мониторинг в системе экономической безопасности предприятия / Е.Л. Михайлова // Научный форум: Экономика и менеджмент: сб. ст. по материалам XVII междунар. науч.-практ. конф. № 5(17). М. , Изд. «МЦНО», 2018. – С. 157 – 160.
12. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды Федеральный закон и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.2014 № 219 – ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_165823](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165823). (дата обращения: 01.04.2020).
13. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116 – ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15234/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/) (дата обращения: 01.04.2020).
14. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов. Федеральный классификационный каталог отходов ФККО. [Электронный ресурс]: Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_218071/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_218071/). (дата обращения: 01.04.2020).
15. Об отходах производства и потребления [Электронный ресурс]:

- Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89 – ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/). (дата обращения: 01.04.2020).
16. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7 – ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (дата обращения: 01.04.2020).
17. Обустройство Ванкорского месторождения. [Электронный ресурс]: URL: [https://vankorneft.rosneft.ru/upload/site1/document\\_cons\\_report/Q42019\\_Results\\_RUS.pdf](https://vankorneft.rosneft.ru/upload/site1/document_cons_report/Q42019_Results_RUS.pdf) (дата обращения: 01.03.2020).
18. Пат. RU 2454440 С1 Российская Федерация, С08J 11/00. Способ утилизации отходов нефтегазовой промышленности / Калашников А.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет» (С(А)ФУ) (RU); Заявка № 2011100761/05; опубл. 27.06.2012, Бюл. № 42 (II ч.). – 3 с.
19. Правила охраны вод от загрязнения при бурении скважин на морских нефтегазовых месторождениях [Электронный ресурс]: РД 153 – 39 – 031 – 98. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200056059> (дата обращения: 20.03.2020).
20. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Основные положения. [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 52108 – 2003. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032450> (дата обращения: 01.04.2020).
21. Сайт ООО «Ванкор». [Электронный ресурс]: URL: <https://www.rosneft.ru>. (дата обращения: 20.03.2020). ссылка не работает

22. Север и Арктика в новой парадигме мирового развития: актуальные проблемы, тенденции, перспективы. Научно – аналитический доклад / под науч. ред. д.э.н, проф. В.С. Селина, д.э.н., проф. ТОМУ ПОДОБНОЕ Скуфьиной, к.э.н., доц. Е.П. Башмаковой, к.э.н., доц. Е.Е. Торопушиной. – Апатиты: КНЦ РАН, 2016. – 420 с.
23. Третьякова, М.О. Проблема обращения с буровыми шламами при использовании углеводородных буровых растворов / М.О. Третьякова, А.И. Агошков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2019. № 4. С. 6 – 24.
24. Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах (с Поправкой). [Электронный ресурс]: ГОСТ 32569 – 2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения: 01.03.2020).
25. Чепрасов, А.В. Структурная анизотропия нефтегазовых месторождений и утилизация бурового шлама / А.В. Чепрасов, А.И. Трегуб // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2009. № 2. С. 191 – 194.
26. Чижов, Б.Е. Рекультивация нефтезагрязненных земель Ханты – Мансийского автономного округа (практические рекомендации). Тюмень: Издательство ТГУ, 2000.52 с.
27. Утилизация отходов. URL: [https://www.rosneft.ru/upload/site1/document\\_file/P3 – 05\\_P – 11.pdf](https://www.rosneft.ru/upload/site1/document_file/P3 – 05_P – 11.pdf) (дата обращения: 20.03.2020).
28. An Introduction to Slurry Injection Technology for Disposal of Drilling Wastes / Brochure prepared by Argonne National Laboratory for the U. S. Department of Energy, Office of Fossil Energy, National Petroleum Technology Office. – September, 2003
29. BP p.l.c Statistical Review of World oil Energy 2019. 68th edition. UK:

Pureprint Group Limited, 2019, 61 p.

30. Caenn R., Darley H.C.H., Gray R.G. Chapter 14 – Drilling and Drilling Fluids Waste Management. – Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids (Seventh Edition). Cambridge: Gulf Professional Publishing. 2017. P. 597 – 636.
31. Hudgins Jr. C.M. Chemical use in North Sea oil and gas E&P // J Pet Technol. 1994. V. 46 (01). P. 67 – 74.
32. Veil J. A. Evolution of Slurry Injection Technology for Management of Drilling Wastes / J. A Veil, M. B. Dusseault. – Prepared by Argonne National Laboratory for the U.S. Department of Energy, Office of Fossil Energy, National Petroleum Technology Office, September, 2003. 20 p

## Приложение А

### Транспортная схема зимних автомобильных дорог ООО «РН-Ванкор»

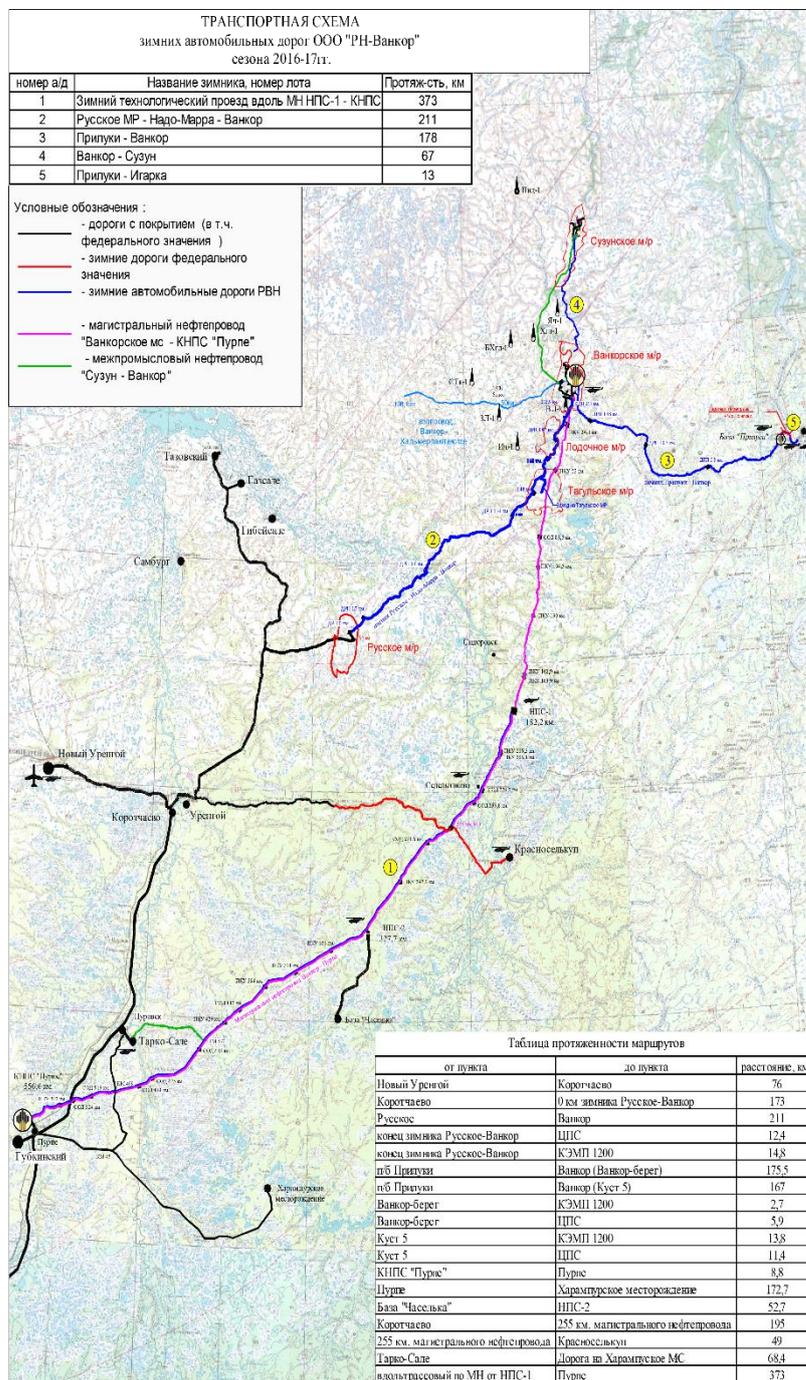


Рисунок А.1 – Транспортная схема зимних автомобильных дорог ООО «РН-Ванкор»

Приложение Б  
**Геолого – физическая характеристика продуктивных пластов**

Таблица Б.1 – Геолого – физическая характеристика продуктивных пластов

Параметры	Дл – I – III	Як – I	Як – II	Як – III – VII	Сд – IX	НХ – I	НХ – III – IV
Средняя глубина залегания, м	1100	1647	1659	1671	2400	2670	2786
Тип залежи	Пластовый, сводовый литологически экранированный			Массивный, сводовый		Пластовый, сводовый литологически экранированный	Пластовый, сводовый
Тип коллектора	Терригенный						
Площадь нефтегазоносности, тыс. м <sup>2</sup>	247500	23328	72220	271480	17996	384920	301410
Средняя общая толщина, м	29	10	40	82	41	21	62
Средняя газонасыщенная толщина, м	11,2	2,9	1,4	5,9	–	–	16,5
Средняя эффективная нефтенасыщенная толщина, м	–	–	–	19,1	5,3	6,3	17,3
Средняя эффективная водонасыщенная толщина, м	6,5	6,0	38,5	28,5	15,2	2,9	11,0
Коэффициент пористости, доли ед.	0,26	0,27	0,25	0,27	0,20	0,20	0,20
Коэффициент нефтенасыщенности ЧНЗ, доли ед.	–	–	–	–	–	0,48	–
Коэффициент нефтенасыщенности ВНЗ, доли ед.	–	–	–	0,59 / 0,66	0,60 / –	0,30 / –	0,51 / 0,59
Коэффициент нефтенасыщенности пласта, доли ед.	–	–	–	0,61	0,60	0,46	0,53
Проницаемость, 10 – 3 мкм <sup>2</sup>	1288	51	26	480	40	20	240
Коэффициент песчанистости, доли ед.	0,47	0,20	0,10	0,63	0,95	0,37	0,68
Расчлененность, ед.	5,0	2,8	2,6	15,2	3,5	3,0	11,0

Продолжение таблицы Б.1

Начальная пластовая температура, °С	12	30	30	34	53	59	65
Начальное пластовое давление, МПа	9,6	15,8	15,8	15,9	23,5	25,4	27,1
Вязкость нефти в пласт. условиях, МПа·с	–	–	–	8,9	1,0	0,7	0,7
Плотность нефти в пласт. условиях, т/м <sup>3</sup>	–	–	–	0,850	0,725	0,693	0,688
Плотность нефти в поверхн. услов., т/м <sup>3</sup>	–	–	–	0,902	0,867	0,823	0,845
Абсолютная отметка ВНК, м	979	1580	1593	1600	–	–	2716
Абсолютная отметка ГНК, м	–	–	–	1650	2379	2667	2760
Объемный коэффициент нефти, д. ед.				1,120	1,377	1,422	1,458
Содержание серы в нефти, %	–	–	–	0,2	0,1	0,2	0,1
Содержание парафина в нефти, %	–	–	–	0,9	2,2	0,9	2,9
Давление насыщения нефти газом, МПа	–	–	–	15,9	23,5	25,4	27,1
Газовый фактор, м <sup>3</sup> /т	–	–	–	61	177	202	211
Плотность воды в пласт. услов., т/м <sup>3</sup>	0,92	0,92	0,92	0,92	–	0,56	0,56
Плотность воды в поверхн. услов., т/м <sup>3</sup>	1,007	1,010	1,010	1,010	–	1,004	1,008
Сжимаемость, 1/МПа*10 <sup>-4</sup>							
нефть	–	–	–	5,7	1,6	18,2	18,3
вода	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9
Коэффициент вытеснения, доли ед.	–	–	–	0,528	0,494	0,436	0,518