

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

Институт химии и инженерной экологии

(наименование института полностью)

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

(наименование кафедры)

18.04.01 Химическая технология

(код и наименование направления подготовки)

Рациональное использование природных и сырьевых ресурсов в химической
технологии и нефтехимии

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему **Инновационные решения по переработке замазученных грунтов и
нефте содержащих отходов**

Студент

Н.С. Носарев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководитель

М.В. Кравцова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель
программы

к.х.н., доцент, Ю.Н. Орлов

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

(личная подпись)

« ____ » _____ 2019г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.п.н., доцент, М.В. Кравцова

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

(личная подпись)

« ____ » _____ 2019г.

Тольятти 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. Основные проблемы обращения с нефтесодержащими отходами и существующие способы их использования.....	7
1.1 Источники возникновения нефтесодержащих отходов и их воздействие на окружающую природную среду	7
1.2 Количественный состав нефтешламов накопленных в специализированных гидросооружениях, предназначенных для размещения отходов	10
1.3 Комплексное обследование объекта размещения отходов числящейся на балансе АО «Самаранефтегаз»	11
1.4 Использование нефтешламов в качестве вторичного сырья.....	28
1.5 Передовые технологии утилизации нефтесодержащих отходов	32
1.4.1 Термический метод.....	33
1.4.2 Химический метод	34
1.4.3 Биологический метод.....	36
1.4.4 Физический метод.....	37
1.4.5 Кавитационный метод	38
1.6 Патентный поиск технологий утилизации нефтешламов с использованием кавитационного метода.....	43
1.7 Выводы по главе 1.....	48
Глава 2. Применение кавитационного метода утилизации нефтесодержащих отходов на объектах АО «Самаранефтегаз».....	51
2.1 Выбор ультразвуковой установки	51
2.1.1 Экспериментальное исследование разделение нефтешлама с использованием кавитационной установки.....	52
2.2 Технологическое решение утилизации нефтесодержащих отходов на объектах АО «Самаранефтегаз»	56
2.3 Расчёт экономического эффекта от внедрения данной технологии	61

2.3.1 Расчет затрат на проведение работ по утилизации нефтесодержащих отходов	62
2.4 Расчёт возможной прибыли от реализации потенциального продукта	67
Списка используемых источников	72

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время одна из ключевых отраслей Российской Федерации является топливная промышленность. Ежегодно добыча нефти и газа растет, так вот за 2018 год было добыто 555 млн. тонн нефти и 733 млрд. м³ газа.

Проблема нефтегазовой отрасли заключается в негативном воздействии на состояние окружающей среды, а именно в деятельности нефтегазодобывающих предприятий образуются опасные загрязнители природной среды, одним из таких загрязнителей являются нефтешламы. Вместе с тем это ценное сырье (потенциальный продукт), которое можно использовать в различных отраслях промышленности. Несмотря на то, что образованные нефтешламы в больших количествах размещены в специализированных сооружениях (амбары), объемы утилизации и степень их использования невысока, что приводит к концентрации нефтесодержащих отходов в шламовых амбарах. Данные факторы оказывают антропогенную нагрузку на окружающую среду, тем самым создавая угрозу здоровью человека.

В связи с этим, разработка ресурсосберегающих технологий, основанная на разделении отходов на составляющие фракции, с целью их дальнейшего использования как вторичное сырье при изготовлении продукта, является актуальной.

Цель исследования: минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду за счет уменьшения количества накопления нефтесодержащих отходов и их вторичного использования.

Объект исследования: технологии утилизации нефтесодержащих отходов с целью получения вторичного сырья

Предмет исследования: качественные характеристики нефтешлама.

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

1. Проанализировать качественные и количественные характеристики нефтешламов, используемые в качестве вторичного сырья в технологиях для получения ценного продукта.

2. Провести анализ передовых методов утилизации нефтешламов, которые позволят получать на выходе сырье для вторичного использования.

3. Разработать ресурсосберегающую технологию по утилизации «застарелых» нефтешламов, образованных в результате очистки оборудования и трубопроводов от нефти, а также с нефтезагрязненным грунтом при отказах трубопроводов.

4. Рассчитать экономический эффект от внедрения данной технологии.

Теоретической и методологической основой исследования являются научные труды отечественных ученых в области утилизации нефтесодержащих отходов, такие как Т.А. Литвинова, Т.П. Косулина, Ю.И. Токарев, А.Ф. Тимошин, А.П. А.Г. Бредников, К.А. Джураев, А.С. Аминова, С.А. Гайбуллаев, О.И. Ручникова, Я.И. Вайсман, а также данные исследовательской лаборатории ООО «СамаНИПИнефть».

Теоретическая значимость исследования заключается в детализированном анализе существующих ресурсосберегающих технологий утилизации нефтешламов с возможностью получения вторичного сырья с целью получения товарного продукта: битума и компонента дорожного основания. Рассчитана экономическая модель от реализации вторичного сырья в виде товарного продукта.

Практическая значимость исследования представлена практическими решениями, которые позволят снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду, за счет кратного сокращения нефтесодержащих отходов, а так же позволит наиболее эффективно использовать вторичное сырье, полученное после утилизации отходов.

Защищаемое положение:

Предложение по использованию ресурсосберегающей технологии по утилизации «застарелых» нефтешламов, образованных в результате очистки

оборудования и трубопроводов от нефти, а также с нефтезагрязненным грунтом при отказах трубопроводов.

Состояние изученности выбранной темы: в работах российских ученых проведено изучение проблемы утилизации «застарелых» нефтесодержащих отходов (далее по тексту НСО). Проанализированы существующие технологии утилизации НСО, а также возможности использования специализированного оборудования для получения вторичного сырья с целью его использования для нужд нефтедобывающего предприятия в качестве инертного материала для отсыпки дорог и нефтепродукта, который соответствует входным параметрам для закачки в голову процесса в УПН.

Апробация: данная работы была успешно представлена на XXXI Региональной научно - технической конференции молодых специалистов АО «Самаранефтегаз» (1 место);

- Двенадцатой Кустовой научно - техническая конференция молодых специалистов ПАО «НК «Роснефть» (2 место), а также XXXI Региональная научно-техническая конференция молодых специалистов АО «Самаранефтегаз».

Структура диссертации: диссертация состоит из введения, двух глав, заключения, списка используемых источников, включающего 60 наименования. Объем работы составляет 70 страниц машинописного текста, содержит 28 рисунка, 14 таблиц.

Глава 1. Основные проблемы обращения с нефтесодержащими отходами и существующие способы их использования

1.1 Источники возникновения нефтесодержащих отходов и их воздействие на окружающую природную среду

Нефтяная промышленность по уровню отрицательного воздействия отходами на окружающую среду занимает одно из первых мест среди ведущих отраслей хозяйственной деятельности. Для нефтяной отрасли характерно образование большого количества гетерофазных отходов – сточных вод и шламов. Нефтяной шлам (нефтешлам) – конгломерат из высокомолекулярных соединений нефти, минеральных частиц различного состава и пластовой воды, нефтесодержащие отходы [74]. Это самые крупнотоннажные отходы нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. Данные отходы отличаются сложностью химического состава нефти, находящегося в процессе постоянной трансформации.

Шламы образуются при строительстве нефтяных и газовых скважин, при промысловой эксплуатации месторождений переработки нефти, очистки сточных вод, а также при чистке резервуаров и другого оборудования [26]. Различного вида нефтешламы являются распространенными отходами и для предприятий энергетического комплекса, транспортных, машиностроительных, химических, металлургических предприятий. Природа образования нефтешламов в вышеперечисленных отраслях большей частью аналогична отходообразующим процессам в нефтяной отрасли. Наиболее значительные количества нефтесодержащих отходов формируются при зачистке резервуарных парков ТЭЦ, аэропортов, железнодорожных станций, металлургических комбинатов. Пропарочные станции железнодорожных цистерн и очистные сооружения также являются источниками крупнотоннажных углеводородсодержащих шламов различного фазового и химического состава [28].

Отдельного внимания заслуживает такой вид нефтесодержащих отходов, как замазученные грунты, образующиеся при аварийных разливах нефти. Основное отличие их от нефтешламов - более низкая концентрация углеводородов [7]. Поведение нефти в окружающей среде зависит от ее вязкости. Пониженная вязкость ведет к тому, что нефть растекается по поверхности рельефа, образуя мономолекулярный слой пленки. Если толщина пленки достигает 10 мм, то проникновение кислорода задерживается примерно на 5-10%, что не оказывает существенного влияния на жизнедеятельность организмов. В том случае, когда способность поглощения пленки нефти кислорода составляет 80-90%, процесс фотосинтеза затрудняется, что приводит к уменьшению концентрации кислорода, что способствует угнетению жизнедеятельности организмов и даже к их гибели.

Нефтяное загрязнение (пятно) под факторами внешней среды может, увеличивается в размерах, испаряться, усваиваться живыми организмами, а также подвергаться трансформации. За короткое время до 25% легких фракций нефтяного загрязнения испаряется. Под действием солнечных лучей процессы деструкции нефтесодержащих соединений значительно ускоряются. После испарения легких фракций процесс деструкции нефтяного загрязнения замедляется. Тяжелые нефтяные фракции со временем образуют стойкие эмульсии. Скорость протекания процесса деструкции нефтепродуктов зависит от температуры воздействия. Чем ниже температура, тем реакция разложения протекает медленнее. Таким образом, деградация нефтепродуктов происходит в результате химического, фотохимического и бактериального разложения, а также деятельности некоторых организмов и растений. Но стоит отметить тот факт, что скорость протекания естественной нейтрализации нефтепродуктов может составлять месяцы и годы, нарушая естественное равновесие, влекущие патологические изменения в тканях и органах, нарушая работу ферментативного аппарата живых организмов.

Так же, стоит отметить, что нефтешламы с сильным обводнением переходят в разряд нефтезагрязнённых сточных вод.

Выход нефтяных шламов в нефтеперерабатывающих заводах составляет около 7 кг/т перерабатываемой нефти. Это тяжелые нефтяные остатки, содержащие в среднем 10-56% нефтепродуктов, 30-85% воды и 1,3-46% твердых примесей [52].

Вместе с тем, изношенность нефтедобывающего оборудования и средств транспорта нефти и нефтепродуктов пока не позволяют надеяться на улучшение экологической ситуации в отрасли [5]. За последние 5-6 лет доля аварий, произошедших из-за физического износа и коррозии металла, увеличилось до 60-70 %. [4]

Наличие открытых амбаров с огромным количеством накопленных жидких и пастообразных нефтешламов, приводит к постоянному загрязнению окружающей природной среды – почвы, поверхностных и подземных вод, а также атмосферного воздуха углеводородами, сероводородом и другими выбросами за счет испарения легких фракций. В водные объекты нефтесодержащие отходы, хранящиеся в накопителях, попадают, в основном, в результате размыва обваловки амбаров паводковыми водами, при смывах дождевыми и талыми водами. Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами вызывает существенные изменения в морфологических свойствах почвы [52]. В результате закупорки капилляров почвы нефтью сильно нарушается аэрация, создаются анаэробные условия, нарушается окислительно-восстановительный потенциал.

В разных регионах проблема сокращения количества и ликвидации нефтешламонакопителей имеет специфический характер, поскольку зависит от инфраструктуры топливно-энергетического комплекса, уровня урбанизации, природно-климатических факторов. В районах с длительной историей нефтедобычи нефтешламовые накопители формировались на протяжении многих десятилетий, охватывающих периоды смены нормативных требований в сфере природопользования, эволюции технической базы, как нефтедобывающих предприятий, так и предприятий по переработке нефтесодержащих отходов. [10]

1.2 Количественный состав нефтешламов накопленных в специализированных гидросооружениях, предназначенных для размещения отходов

В настоящее время нефтесодержащие отходы, образованные до 2004 года на предприятиях, деятельность которых связана с нефтегазодобычи, накапливаются в объектах размещения отходов, которые внесены в государственный реестр. Используя официальные данные, которые отражены в карточках объектов размещения отходов, числящиеся на балансе дочерних обществ Компании ПАО «НК «Роснефть» был проведен анализ состава нефтесодержащих отходов.

В рамках анализа был рассмотрен состав нефтесодержащих отходов следующих дочерних обществ: АО «Самаранефтегаз», ООО «Краснодарнефтегаз», ОАО «Томскнефть» (таблица 1).

Таблица 1 – Состав нефтесодержащих отходов

№ п.п	Наименование общества	Вид отхода	Состав отхода
1	АО «Самаранефтегаз»	Код ФККО: 40639001313 Смесь нефтепродуктов, собранные при зачистке средств хранения и транспортирования нефти и нефтепродуктов	Грунт – 36,59% Нефтепродукты – 40,11% Вода – 23,30%
2	ООО «Краснодарнефтегаз»	Код ФККО: 93110001393 Грунт, загрязненный нефтью или нефтепродуктами	Грунт – 58,60% Нефтепродукты – 31,20% Вода – 10,2%
3	ОАО «Томскнефть»	Код ФККО: 9112000239 Шлам очистки емкостей и трубопроводов от нефти и нефтепродуктов	Мех.примеси – 15% Нефтепродукты – 60% Вода – 25%

Стоит отметить, что данные виды отходов внесены в реестр объектов размещения отходов на основании информации, которая составлена еще во времена эксплуатации объектов. Фактический состав отходов можно

определить, только с помощью проведения комплексного обследования, которое было проведено в данной работе.

1.3 Комплексное обследование объекта размещения отходов числящейся на балансе АО «Самаранефтегаз»

С целью определения входных параметров нефтесодержащих отходов необходимо было произвести обследование объекта размещения отходов.

Также данное обследование позволило определить оптимальные характеристики требуемого оборудования с целью выделения вторичного сырья для нужд предприятия.

В рамках комплексного обследования было проведено:

- отбор проб верхнего слоя амбара;
- отбор проб среднего слоя амбара;
- отбор проб нижнего слоя амбара.

Определение входного состава нефтесодержащих отходов производилось с привлечением аккредитованной лаборатории. Для проведения данных работ использовались следующие ресурсы:

- пробоотборник;
- щуп;
- лот;
- стеклянная трубка;
- вакуумный насос;
- тара для транспортировки;
- экскаватор (для отбора донного слоя, который находится на глубине 2-х метров);
- сумма холодильник.

Для отбора проб верхнего слоя нефтесодержащих отходов использовали стеклянную тарированную трубку диаметров 50 мм и длиной 700 мм. С помощью данного инструмента производилось прокалывание верхнего слоя нефти и воды, после чего верхнее отверстие закрывалось и стеклянную трубку

поднимали на поверхность (рисунок 1). После поднятия данной трубки необходимо было произвести ее очистку внешней поверхности от нефтепродуктов, как только поверхность была очищена, проводили регистрацию толщины слоя нефтепродуктов. Для повторного применения, тарированная трубка подлежала к промывке внутренней поверхности дизельным топливом. С целью более точного определения уровня верхнего слоя, замер повторялся с другого борта плавательного средства в том же месте. Полученные результаты после 3-4 замеров подлежали к усреднению. На основании проведенного исследования было выявлено, что толщина верхнего слоя нефтепродуктов в шламонакопители варьируется от 0,3 – до 0,5 метров.

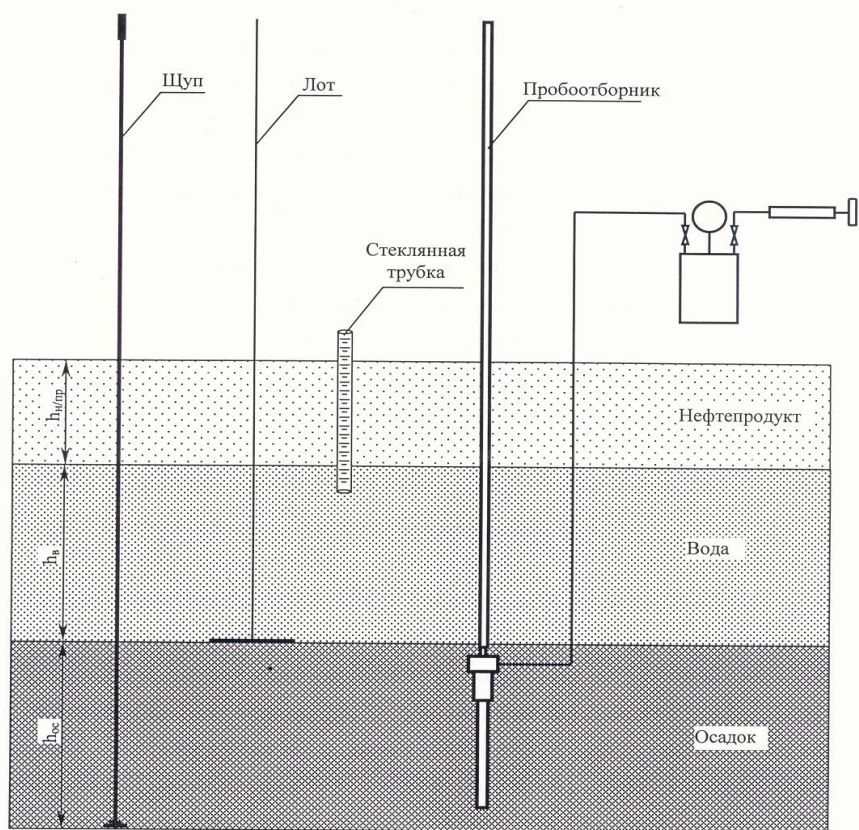


Рисунок 1 – Структура отбора проб послойно

Отбор проб из накопителя отходов производилось точно с трех уровней (слоев) с наглядно выраженным различием основных компонентов.

Учитывая геометрические параметры объекта размещения отходов, количество проб было, определено основываясь на нормативный документ [75].

Объект размещения отходов был поделен на четыре сектора «пробная площадка» для проведения отбора проб. В каждом секторе необходимо было произвести отбор проб исходя и расчета не менее 5 штук из каждого слоя. Каждая проба должна была представлять собой типичную часть отхода для данной области. Отбор проб отходов производился с различных мест объекта размещения отходов, данный подход позволил составить наиболее полную картину объема и качества накопленных нефтешламов.

Для проведения отбора проб жидких нефтепродуктов из верхнего слоя использовали металлический черпак (рисунок 2). Непосредственно с зеркала шламонакопителя производилось погружение металлического черпака в массу отходов, на глубину, не превышающую толщину верхнего слоя.

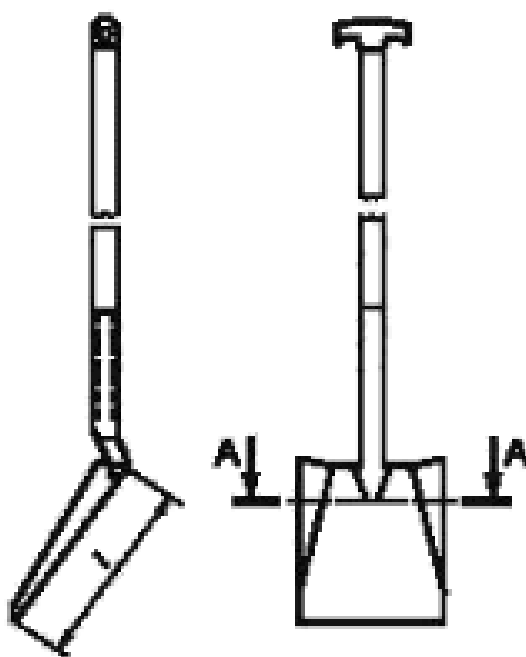


Рисунок 2 – Металлический черпак

В том случае, когда уровень верхнего слоя жидких нефтепродуктов является значительно ниже, отбор проб производился с применением переносного металлического пробоотборника (рисунок 3).

Его устанавливали с помощью зажимной металлической ленты на обойме промерного лота. Затем производили его погружение на необходимую глубину,

после чего закреплённым на корпусе тросом, производили открытие верхней крышки и закрытие после полного заполнения.

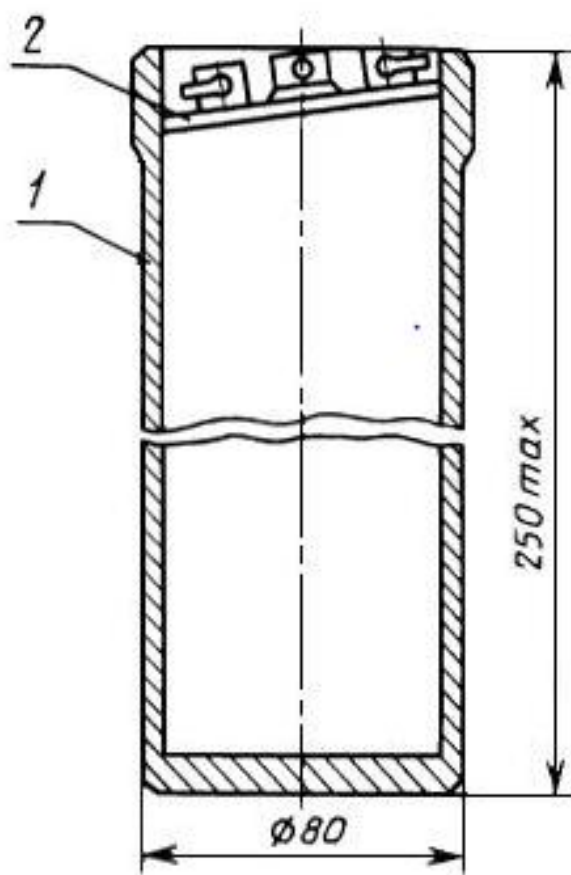


Рисунок 3 – Переносной металлический пробоотборник

Точечный отбор проб нефтешлама в верхнем слое из объекта размещения отходов производился методом конверта из пяти точек. Работы проводились в вегетационный период при температуре 29°C . Данные климатические условия являются наиболее благоприятные в связи с тем, что нефтесодержащие отходы, разогретые до температуры окружающей среды (29°C) обладают хорошей текучестью. Работы проводились в два этапа. Первый этап включал в себя отбор проб по краям амбара. Для перемещения по периметру амбары использовалась лодка, оборудованная лебедкой с металлическим тросом. В рамках второго этапа было произведено отбор проб в центре амбара.

Отобранные пробы были помещены в сумку холодильник, с целью передачи их в лабораторию.



Рисунок 4 – Отбор проб верхнего слоя

Отбор среднего слоя производился с помощью погружного насоса DW 120. Данный насос был погружен на уровень 1,2 метра с целью откачки данного слоя (рисунок 4). Откаченная водоземulsionная фракция визуальнo представляла собой, воду мутного цвета с содержанием механических примесей. Пробы были отобраны по всему периметру объекта размещения отходов.



Рисунок 5 – Отбор проб среднего слоя

Для определения высоты донных отложений использовали следующие устройства: лот и щуп.

Лот это устройство, которое представляет собой стальной диск $d = 250$ мм в котором имеется 4 отверстия $d = 50$ мм (рисунок 6). Масса данного устройства достигает 1,5 - 2 кг. К стальному диску прикреплен измерительный шнур. Принцип измерения с использованием лота следующий. Диск погружают вниз горизонтально к поверхности дна объекта размещения. Вырезанные отверстия на металлическом диске позволяют ему без труда проходить через нефтепродукт и задерживаться на поверхности осадка. Нанесенные на шнур метки, позволили определить фактическую глубину накопителя до поверхности донного слоя.



Рисунок 6 - Лот

В связи с отсутствием проектной документации на объект размещения отходов, для определения полного объема отходов в амбаре необходимо знать его фактическую глубину. Для определения полной глубины объекта размещения, было использован щуп (рисунок 7).

Щуп представляет собой металлический стержень $d = 12$ мм, длиной 5,5 м с мерными делениями. У нижнего торца стержня приварена металлическая пластинка $d = 32$ мм.

Измерения с помощью данного устройства производилось следующим образом. Щуп погружали вертикально в глубь объекта размещения продавливая его через твердый осадок. Металлическая пластина в нижней части щупа позволяла производить четкую фиксацию при достижении естественного подстилающего грунта.

Учитывая разность полной глубины объекта размещения отходов и глубины до осадка, была определена толщина донного слоя отходов.

Погрешность измерения варьируется в пределах +0,05 м. Отбор проб донного слоя является сложным процессом, который требует дополнительные вспомогательные мероприятия. Для отбора проб применялась специально плавательное средство, которое представляет собой лодку марки «Progress». Для стабильной устойчивости плавучего средства по бортам были установлены понтоны. В связи с тем, что нефтешлам размещенный на поверхности объекта размещения имеет повышенную вязкость, перемещение плавучего средства производилось с применением металлического троса, через блок, вездеходом «Bronto».

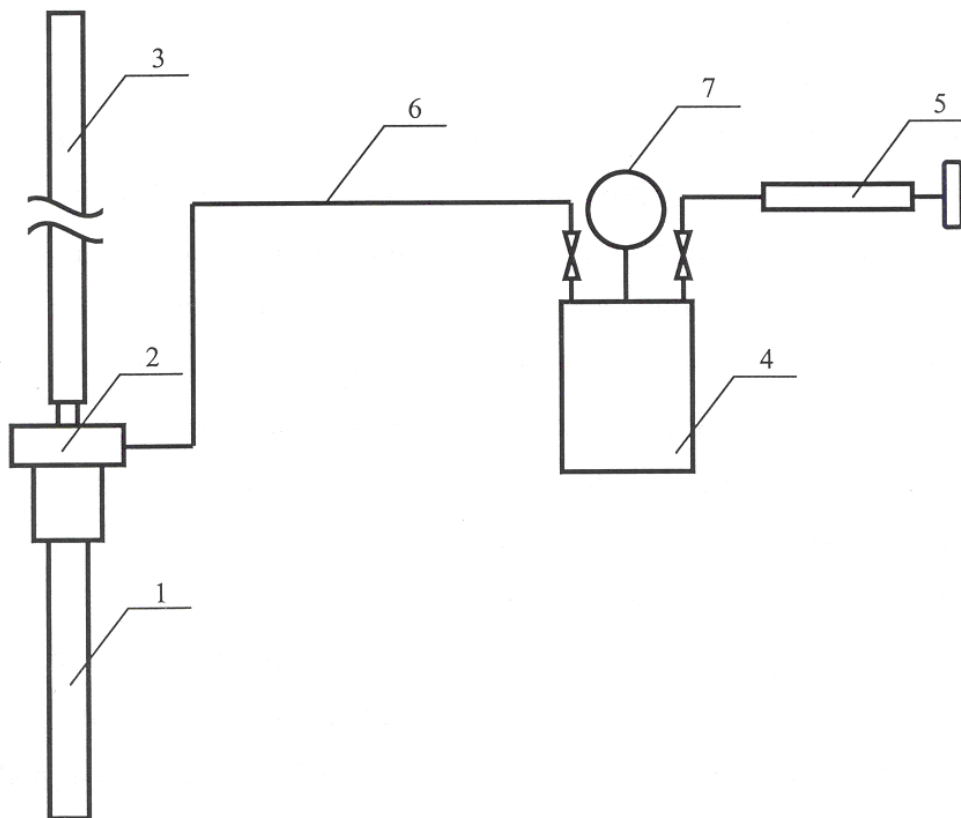
Отбор проб донного осадка осуществлялся вакуумным пробоотборником (рисунок 7) состоящий из:

- заборное устройство (1);
- соединительная головка (2);
- подъемно - опускных штанг (3),
- вакуумный сосуд (4);
- вакуумный насос (5)
- вакуумный соединительный шланг (6).

Принцип действия вакуумного пробоотборника следующий:

- к соединительной головке (2) присоединяют заборное устройство (1), в основном в качестве заборного устройства используют металлическую трубу $d = 57$ мм, и длиной 500 мм. К соединительной головке сверху присоединяют штанги, количество штанг определяется с учетом фактической глубины погружения. Средняя длина одной штанги составляет 1,5 метра.

В момент погружения заборного устройства в вакуумном сосуде, при помощи насоса (5) создают избыточное давление воздуха. Погружение заборного устройства происходит медленно с постепенным сбрасыванием давления с целью предотвращения попадания в заборное устройство нефтепродуктов и водоэмульсии.



1- заборное устройство, 2 – соединительная головка, 3 – штанга, 4 – вакуумно-напорный сосуд, 5 – вакуумный насос, 6 – вакуумный шланг, 7 – мановакууметр.

Рисунок 7 - Вакуумный пробоотборник

Для подтверждения полученных результатов с помощью вакуумного пробоотборника, было проведено дополнительное обследование с помощью привлечения специализированной техники экскаватор Hitachi (рисунок 8).

В глубину амбара было произведено погружение стрелы экскаватора, до того момента пока стрела не упрется в донное отложение. После погружения стрелы до дна, была произведена операция выемки донного отложения на поверхность. Извлеченная фракция отхода визуалью представляла собой механические примеси загрязненные высокопарафинистыми нефтепродуктами.



Рисунок 8 – Отбор проб нижнего слоя

Отбор проб нижнего слоя производился на уровне 3-4 метра. Точки отбора проб учтены на основании технической возможности экскаватора для проведения выемки отхода на данную глубину. Экспериментально определённый уровень отбора проб позволил учесть слой пропитки донных отложений, которые в настоящее время являются проблемой при утилизации нефтесодержащих отходов. После проведения отбора проб, была произведена передача проб в аккредитованную лабораторию ИХАЛ с целью определения состава нефтешламов таблица 2.

Исследование отобранных проб нефтесодержащих отходов проводилось в аттестованной лаборатории ИХАЛ «Испытательная химико-аналитическая лаборатория» АО «СНГ». В рамках лабораторных исследований было определено:

- содержание воды;
- количество нефтепродуктов;
- количество механических примесей;

- содержание смол;
- общее содержание сернистых соединений.

Отобранные пробы были разделены на части, необходимые для проведения лабораторных испытаний, согласно выбранным методикам.

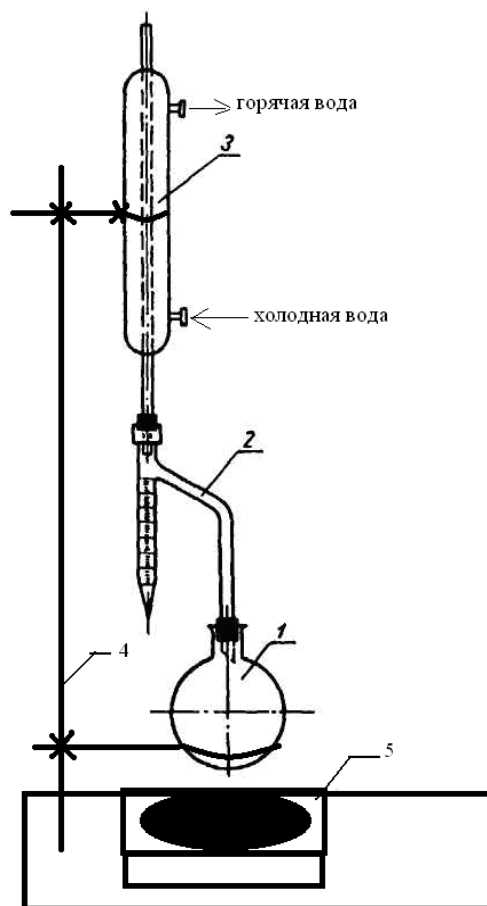
Для определения содержания воды в нефтешламе, проводилось по стандартной методике [76], которая включает в себя использование аппарата для количественного определения содержания воды в нефтяных, пищевых и других продуктах (рисунок 9).

Работы по определению содержания воды в нефтешламе включали в себя следующий этап, подготовка навески пробы в дистилляционной колбе с добавлением 100 см³ толуола.

Количество испытуемого образца было подобрано с учетом того, чтобы объем воды, собравшейся в приемнике, не превышал 10 см³.

После того, когда все было готово к испытанию, содержимое колбы доводили до кипения. Вследствие чего происходил процесс перегонки водной фракции в приемник-ловушку. Данный процесс прекращали, как только объем воды в приемнике-ловушке переставала увеличиваться. По факту прекращения процесса перегонки, была организована фиксация объема воды, собравшееся в приемнике-ловушке.

С целью упрощения вычислительных действий, плотность воды при комнатной температуре была принята за 1 г/см³, а числовое значение объема воды в см³ - за числовое значение массы воды в г.



1 - дистилляционная колба; 2 - приемник-ловушка; 3 - холодильник водный; 4 – штатив с держателем колбы и зажимом; 5 - электроплитка
 Рисунок 9 - Установка для определения содержания воды

Для определения содержания фракции обладающая температурой кипения до 350 °С использовался метод [77]. Данный метод включает в себя:

- подготовку навески испытуемого нефтешлама в предварительно взвешенной перегонной колбе;
- подготовка перегонной установки;
- процесс перегонки;
- установка под трубку холодильника взвешенного цилиндра (установленного на электрических технических весах с погрешностью измерения $\pm 0,01$ г и функцией обнуления массы тары).

Для определения фракции с температурой кипения до 350 °С был произведен постепенный нагрев колбы с навеской нефтешлама. После этого производилась фиксация температуры, показываемая термометром с момента

падения первой капли конденсата с конца трубки холодильника в мерный цилиндр. Данная температура записывалась как температура начала перегонки.

Для всех испытуемых проб она была равна 100 ± 5 °С из-за наличия воды и первоначального отгона азеотропной смеси.

После достижения температуры 350°С (или пока ртутный столбик термометра не останавливался на некоторой высоте, а после этого начинал спускаться), нагрев колбы прекращали и записывали массу жидкости в цилиндре.

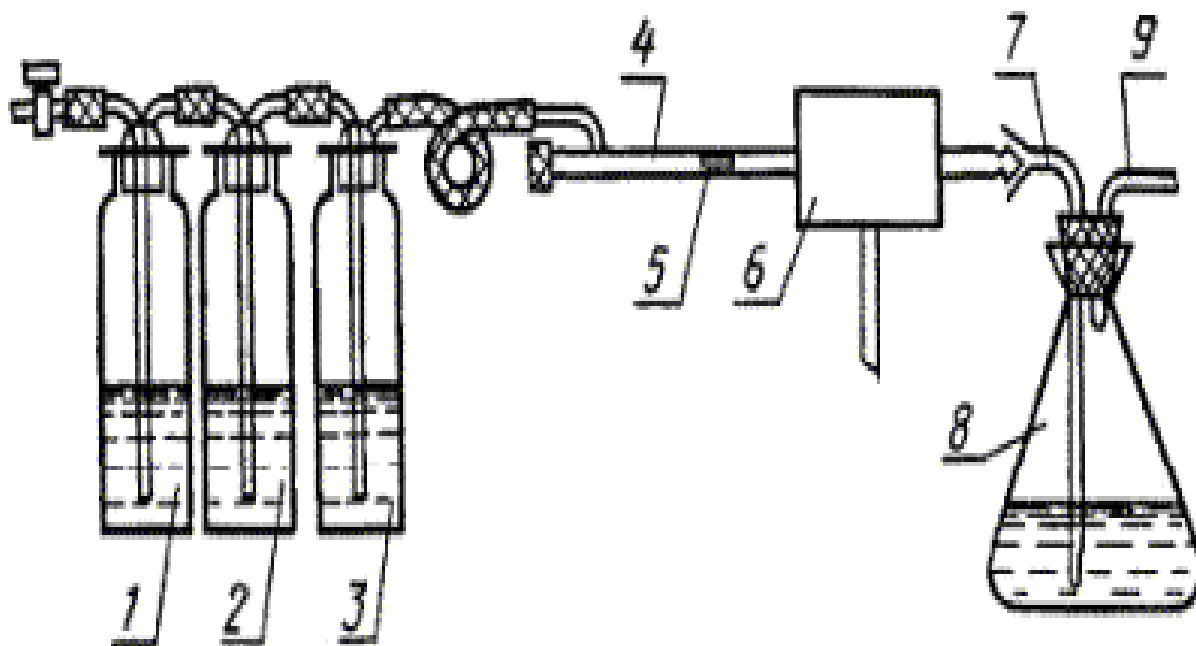
Так же записывали массу остатка в колбе по разнице массы пустой колбы и колбы с остатком после перегонки.

Содержание минеральной части определяли путем озоления навески нефтешламов. Взвешивание фарфорового тигеля производилось с точностью до 0,0002 грамма. В тигель помещалась навеска пробы нефтешлама, а затем ее взвешивали. После взвешивания данную навеску помещали муфельную печь. При воздействии температуры на нефтешлам, происходило испарение нефтепродуктов, а также горение нефтешлама. Процесс сжигания проводили до получения сухого остатка. Перед началом сжигания данный процесс регулировали так, чтобы нефтепродукт не выплескивался и не вытекал из тигля.

Повышение температуры печи производили до 775 °С с целью доведения нефтешлама до полного озоления остатка. После полного озоления тигель, подлежал охлаждению в «эксикаторе», после чего его взвешивали.

Определение тяжелой фракции нефтепродуктов «смола» производили с учетом разницы между массой пробы и суммой масс воды, «минеральных примесей» и нефтепродуктов «дизельной фракции».

Содержание соединений серы в нефтешламе проводилось по стандартной методике [78]. Сущность данного метода заключается в сжигании нефтепродукта в струе воздуха, улавливании образующихся сернистого и серного ангидридов раствором перекиси водорода с серной кислотой и титровании раствором гидроксида натрия. Схема установки представлена на рисунке 10.



1 - склянка с марганцовокислым калием; 2- склянка с 40 %-ным раствором гидроокиси натрия; 3 - склянка с гигроскопической ватой; 4 - кварцевая трубка; 5 - лодочка; 6 - электропечь; 7 - кварцевое колено; 8 - приемник; 9 - отводная трубка

Рисунок 10 - Схема установки определения валового содержания серы

После приготовления необходимых растворов собирали систему для очистки воздуха. Для этого первую склянку заполняли приблизительно на половину объема $0,1 \text{ моль/дм}^3$ раствором марганцовокислого калия, вторую - концентрированным раствором гидроокиси натрия и третью - ватой и соединяли их последовательно резиновой трубкой. В приемник наливали 150 см^3 воды, 5 см^3 пергидроля и 7 см^3 $0,01 \text{ моль/дм}^3$ ($0,02 \text{ н.}$) раствора серной кислоты. Приемник присоединяли к кварцевой трубке, которую устанавливали горизонтально в печи. Другой конец трубки закрывали резиновой прокладкой и через боковой отросток присоединяли к очистительной системе, соединенной с приспособлением для нагнетания воздуха.

Печь нагревали до $900 - 950 \text{ }^\circ\text{C}$. Для регулирования температуры нагрева печи включали автотрансформатор (ЛАТР-2).

Анализируемый образец взвешивали с погрешностью не более 0,0002 г в фарфоровой лодочке. Навеску помещали в кварцевую трубку перед входом в печь. Трубку быстро закрывали пробкой и пропускали через систему воздух .

Сжигание образца проводили в течение 60 мин, постепенно передвигая трубку с лодочкой вдоль печи в центральную, наиболее раскаленную часть печи.

По окончании сжигания содержимое приемника титровали 0,02 моль/дм³ (0,02 н.) раствором гидроокиси натрия в присутствии 8 капель смешанного индикатора до перехода фиолетовой окраски раствора в ярко-зеленую и вычисляли по соответствующей формуле.

Определение плотности нефтешлама и отгона производили путём взвешивания 100 мл образца на весах с погрешностью не более 0,0002 грамма.

Пробу шлама или отгона помещали в чистый сухой мерный цилиндр, выравнивали объём нефтешлама в цилиндре до 100 мл и обтирали стенки в случае загрязнения. После этого взвешивали.



Рисунок 11 - Автотрансформатор ЛАТР-2

Таблица 2 – Результаты анализов аккредитованной лаборатории

Состав в%	Нефтешламы		
	Верхний слой - флотошлам	Средний слой – водоэмульсия	Нижний слой – донный шлама
«Мех.примеси»	10-15	30-40	15-50
«Нефть, нефтепродукты»	25-30	15-20	10-30
«Асфальтены»	3	5-10	42
«Смолы»	-	8	20
«Парафины»	-	1	10
«Вода»	35-40	до 60	40

Полученные результаты анализов указывают на потенциальное наличие в их составе техногенного образца преемственного преимущественно жидким, пастообразным и твердым отходам, которые схожи по своему составу со следующими отходами:

- смесь нефтепродуктов, собранные при зачистке средств хранения и транспортирования нефти и нефтепродуктов ФККО 4 06 39001313;
- шлам очистки емкостей и трубопроводов от нефти и нефтепродуктов – ФККО 9 11 200 02 39 3;
- грунт, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов более 15%) –ФККО 9 31 100 01 39 3.

Также комплексное обследование объекта размещения отходов позволило определить процентное соотношение образованных слоев в течение длительного размещения данных отходов в открытых типах «шламонакопителях» (рисунок 12).

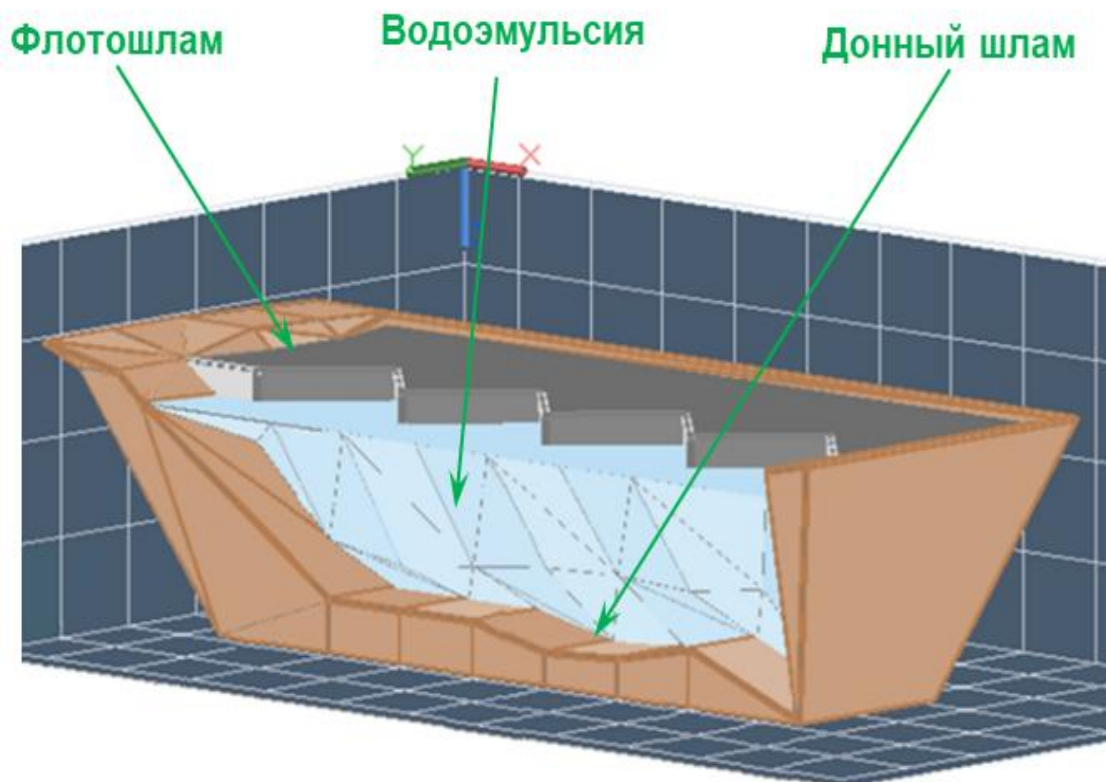


Рисунок 12 – Структурная схема послойного разделения отходов в амбаре

Общий объем обследуемого объекта составляет 5 000 м³. Верхний слой в виде «потенциального продукта» составляет 20% от общего объема отходов размещенных в амбаре. Средний слой «водоземulsionия» составляет около 40% от общего объема отходов. Нижний слой «донные отложения» ориентировочно составляет 40%.

На основании экспериментального исследования по определению фракционного состава образцов нефтешлама, выполненного на базе аккредитованной лаборатории ИХАЛ, было определено содержание компонентов в образцах, отобранных с объекта размещения отходов АО«Самаранефтегаз». С учётом полученных результатов можно сделать следующие выводы о состоянии массы отходов в аналогичных в этом объекте:

- отобранные образцы содержат 29-50% масс. широкой фракции светлых нефтепродуктов, выкипающих в диапазоне температур > 100 – 350⁰С;

- данные нефтепродукты могут быть использованы в качестве ценного компонентов нефтехимическом производстве.

На основании вышеизложенной информации целесообразно рассмотреть данные объекты размещения отходов в качестве источников, обладающих высоким ресурсным потенциалом.

Оперируя полученными данными, был произведен анализ мирового опыта по реализации нефтесодержащих отходов в качестве вторичного сырья.

1.4 Использование нефтешламов в качестве вторичного сырья

На сегодняшний день основное применение нефтешламов в качестве вторичного сырья используется в дорожном строительстве. Получаемый продукт после утилизации нефтешламов используется в качестве инертной добавка, повышающая положительные характеристики асфальтобетонной смеси, за счет улучшения показателя прочности, водопоглощения, а также снижения финансовых затрат на дорожное покрытие (рисунок 13).



Рисунок 13 – Инертный материал

Также одним из ключевых способов применения вторичного сырья полученного из нефтешлама является изготовление строительного материала. Нефтешламы добавляются в состав изготовления фасадной плитки, для повышения прочности и морозостойкости бетона, применяются технологии с добавлением до 2,5% в бетонную смесь нефтешлама. Нефтешламы могут применяться для получения кирпича, керамзита, а также в качестве смазочной добавки к буровым растворам сырой нефти (рисунок 14).

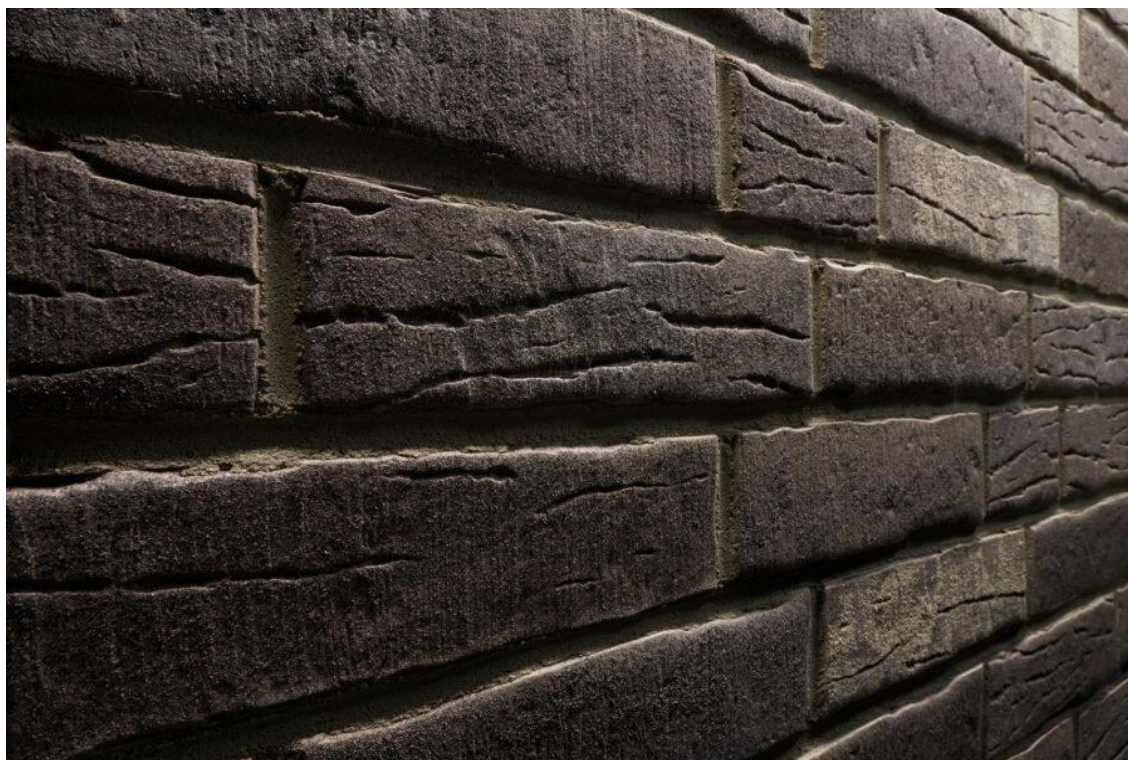


Рисунок 14 – Фасадная плитка

В настоящее время передовые оборудования позволяют разделять отход на следующие фракции: нефтепродукт, водоэмульсия, мех.примеси. Полученный на выходе нефтепродукт, возможно, использовать в качестве сырья, которое поступает в голову процесса на установку подготовки нефти. Водоэмульсионный слой, после дополнительной обработки используется как вода техническая, а механические примеси соответствуют качеству инертного материала для использования на землях промышленности.

Учитывая политику и цели развития компании в области охраны окружающей среды, можно сделать вывод, что востребованным сырьем после

проведения работ по утилизации отходов будет, явятся нефтепродукт, вода - техническая, инертный материал.

Для определения параметров получаемого качества вторичного сырья с целью использования его для нужд предприятия, было организован технико-технологический экспертный совет, на котором приняли решения.

Решение №1. После утилизации нефтесодержащих отходов полученный нефтепродукт должен соответствовать входным параметрам принимаемого сырья на установку подготовки нефти (УПН). В таблице 3 представлены характеристики принимаемого сырья на УПН №3.

Таблица 3 – Характеристики исходного сырья, изготавливаемой продукции УПН №3

Гост	Показатели качества	Норма
ГОСТ 3900-85	1. Плотность (г/см)	1,05
	2. Вязкость (мм ² /с)	
ГОСТ 33-82	- при 20 °С	16
ГОСТ 33-82	- при 50 °С	6
	3. Содержание:	
ГОСТ 2477-65	-воды, %	2
ГОСТ 21534-76	-солей, мг/дм ³	2 500
ГОСТ 1437-75	- серы, %	2,1
ГОСТ 11851-86	-парафина, %	5,5
ГОСТ 11858-86	- смол, %	4
ГОСТ 22985-78	- сернистый водород, мг/дм ³	54,9
ГОСТ 14891-69	- механические примеси, мг/дм ³	0,03

Решение №2. После утилизации нефтесодержащих отходов полученная жидкая фракция должна соответствовать требованиям ОСТ 39-225-88 с целью закачки данной фракции в скважину для поддержания пластового давления.

Утилизации накопленных нефтешламов является одним из приоритетных направлений в экологической безопасности нефтедобывающих предприятий. Для решения данной проблемы, необходимо подобрать оптимальное

оборудование для реализации технологического решения. В таблице 4 представлены характеристики требуемого качества воды.

Таблица 4 - Характеристики требуемого качества воды после утилизации

Показатели	Норма
Водородный показатель (рН)	рН - от 4,5 до 8,5
Совместимость с пластовой водой и породой	Совместимо
Размер частиц механических примесей и эмульгированной нефти	При закачке воды в поровые коллекторы проницаемостью свыше 0.1 кв. мкм должно быть 90% частиц не крупнее 5 мкм
Содержание нефти и механических примесей	Мех.примеси – до 50 мг/л Нефть – до 50 мг/л
Содержание растворенного кислорода	Содержание растворенного кислорода не должно превышать 0,5 мг/л
Содержание сероводорода	Отсутствует
Наличие сульфатовосстанавливающих бактерий	Отсутствует

Решение №3. После утилизации нефтесодержащих отходов полученный на выходе инертный материал должен соответствовать нормам грунта органоминерального, который может использоваться на землях промышленности. В таблице 5 представлены характеристики требуемого качества инертного материала.

Таблица 5 - Характеристики требуемого качества инертного материала.

Показатель	Единица измерений	Норма
1	2	3
рН	ед. рН	7,6
Влага	%	11,30
Нефтепродукт	мг/кг	3100
Ртуть (в/с)	мг/кг	<0,005
Ртуть (п/ф)	мг/кг	<0,005
Мышьяк (в/с)	мг/кг	<1,00

Продолжение таблицы 5

1	2	3
Мышьяк (п/с)	мг/кг	<1,00
Свинец (в/с)	мг/кг	<1,00
Свинец (п/ф)	мг/кг	<1,00
Кадмий (в/с)	мг/кг	<1,00
Кадмий (п/ф)	мг/кг	<1,00
Медь (в/с)	мг/кг	72
Медь (п/ф)	мг/кг	<1,00
Цинк (в/с)	мг/кг	81
Цинк (п/ф)	мг/кг	<1,00
Никель (в/с)	мг/кг	66
Никель (п/ф)	мг/кг	<1,00
Хром (в/с)	мг/кг	<5,00
Хром (п/ф)	мг/кг	<1,00
Органические вещества	%	4,30
Фосфор (подвижный)	Млн ⁻¹ (мг/кг)	47
Калий	Моль/100г	0,04
Азот общий	% Нобщ	<0,20

1.5 Передовые технологии утилизации нефтесодержащих отходов

Для проведения анализа передовых технологий была использована информация, выгруженная с сайта закупок услуг tegtorg.ru. В настоящее время потенциальные исполнители услуг в части утилизации нефтесодержащих отходов используют технологии в основе методов:

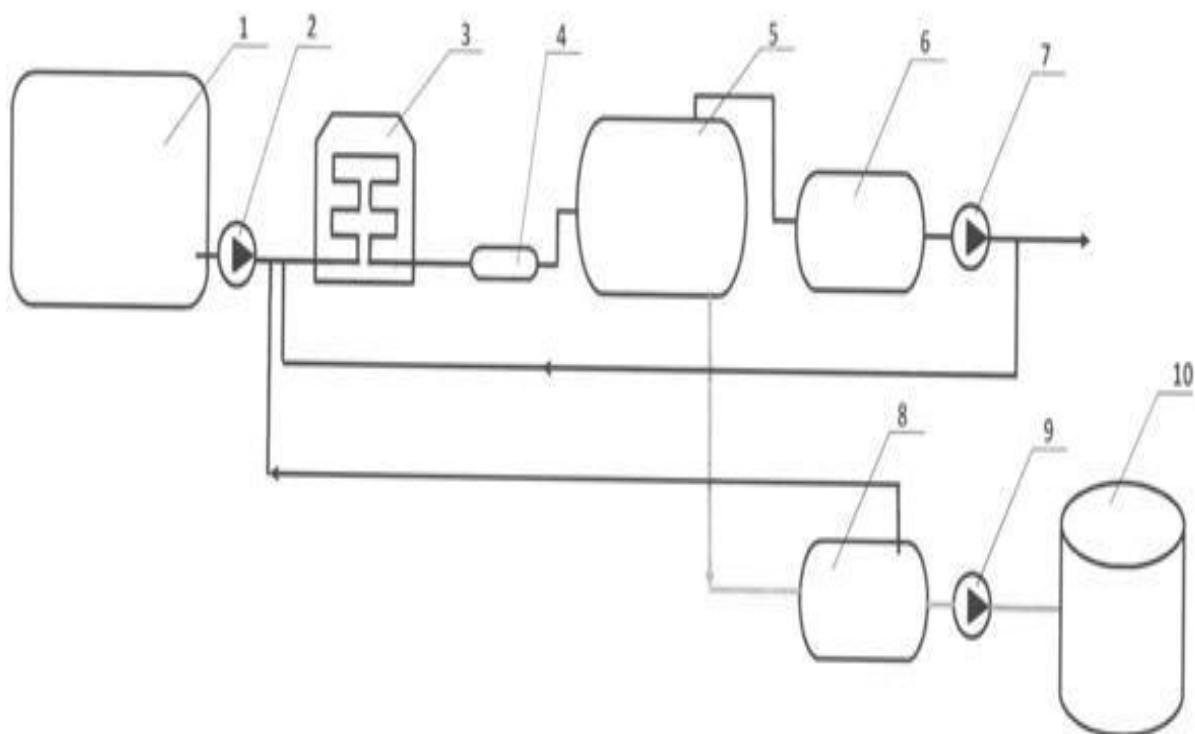
- термические методы;
- химические методы;
- биологические методы;
- физические методы;
- кавитационный метод.

Анализ технологий был проведен на основании технологий, которые в настоящее время используются в дочерних обществах компании ПАО «НК«Роснефть»».

1.4.1 Термический метод

Для анализа данного метода была выбрана полезная модель, которая описана в патенте № 2513196. В основе всех термических методов лежит нагрев подаваемого сырья до температуры 100-1200°С с избытком кислорода. Принцип действия данной технологии заключается в следующем:

- нефтесодержащие отходы откачиваются насосом под давлением до 1,0МПа в трубчатую печь, где происходит нагрев до температуры 120°С, после чего данное сырье подают в коалесцирующее устройство, заполненное коалесцирующим материалом в виде гранитного щебня с объемнонасыпным весом 1,36 т/м³ и размером до 50 мм, где происходит по центру и периметру обработка паром, а на выходе водой. Пройдя через устройство, продукт обработки подается в горизонтальную емкость-отстойник. В отстойнике происходит отстаивание на нефтяную и водную фазу. Данное изобретение позволяет разделять трудно разделяемые нефтешламы. После чего очищенная вода из отстойника откачивается в резервуар, для дополнительного отстоя. Подготовленная вода затем подается в систему поддержания пластового давления. А нефть, уловленную в отстойнике, по верхнему уровню подают в голову процесса УПН (рисунок 15).



1 – шламонакопитель; 2 – насос; 3 – трубчатая печь; 4 – коалесцирующее устройство; 5 – горизонтальная ёмкость; 6 – буферная емкость; 7 – насос; 8- гидроизоляционный отстойник; 9 – насос; 10 резервуар

Рисунок 15 – Схема технологического оборудования

Ключевым недостатком термических методов является тот факт, что сжигание нельзя использовать для переработки отходов, если последние содержат фосфор, галогены, серу. В этом случае могут образовываться продукты реакции, например диоксины и фураны, по токсичности во много раз превышающие нормативы.

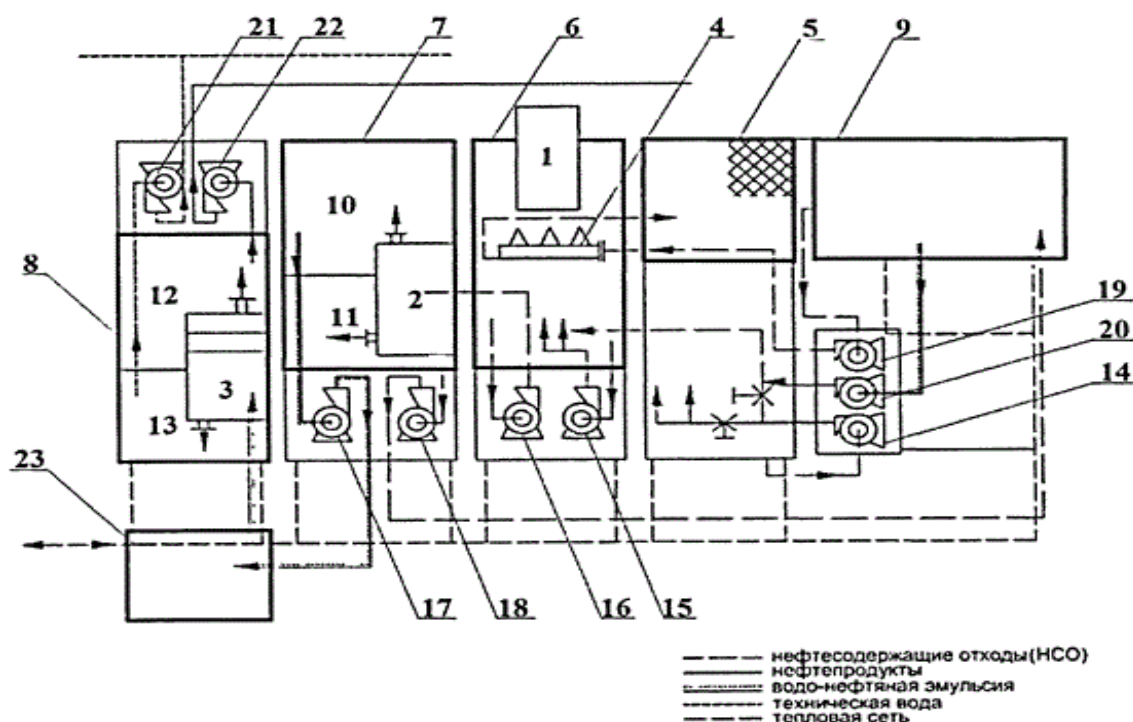
1.4.2 Химический метод

Данный способ утилизации (переработки) нефтесодержащих отходов основан на подачи реагентов в подаваемое сырье. Наглядно принцип действия данного метода описан в патенте № 2536906. Изобретение позволяет перерабатывать нефтесодержащие отходы различного происхождения. Принцип действия данной технологии заключается в следующем:

- производится подача нефтесодержащих отходов и химических реагентов – ПАВ в блок загрузки, в котором происходит нагрев подаваемого

сырья до 30-40°C и механическое перемешивание, после этого образовавшиеся суспензия подается в центрифугу, где с помощью центробежной силы происходит разделение на водно-нефтяную эмульсию и мех.примеси. Механические примеси на выходе из центрифуги направляют в отсек блока центрифугирования, в котором осуществляют перемешивание гидромониторным способом с добавлением ПАВ и воды, откуда механические примеси направляют в блок-бункер, а затем в илоотделитель и через осушающие сетки вибросита сбрасывают в контейнер.

Водо-нефтяная эмульсия после центрифуги направляется в блок-отстойник в гравитационно-динамический сепаратор где происходит в вод деэмульгатора, в котором происходит разделение на водную и нефтяную фракции. Нефтяная фракция поступает в один отсек блока-сепаратора, а водная фракция - в другой отсек блока-сепаратора, из которого подается в блок загрузки для подготовки к переработке очередной партии отходов. На рисунке 16 наглядно показана схема работы данной установки.



1 – вибросито; 2 – центрифуга; 3 – сепаратор; 4 – илоотделитель; 5 – блок загрузки; 6 – блок обработки; 7 – блок центрифугирования; 8 – блок; 9 – блок-бункер; 10,11,12,13 – отсеки; 14,15,16,17,19,20,21,22 – насосные агрегаты; 23 – отстойник

Рисунок 16 – Технологическая схема утилизации нефтесодержащих отходов

Ключевым недостатком термических методов является тот факт, что для создания благоприятных условий протекания процессов необходимо применять специальное оборудование, а также для разделения стойкой эмульсии необходимо введение большого количества дорогостоящих реагентов.

1.4.3 Биологический метод

Это один из наиболее практичных и эффективных по стоимости методов обращения с нефтесодержащими отходами. Данный метод широко применяется на сегодняшний день при обращении с нефтесодержащими отходами.

Сущность биологического метода заключается в том, что функциональный потенциал микроорганизмов позволяет превращать сложные вещества в простые. Таким образом, происходит биологический круговорот. Углеводороды трансформируются, то есть происходит минерализация с последующей гумификацией. При протекании процесса биоремедиации происходит образование вторичного загрязнения в виде выброса газа (аммиак, сероводород), который образуется во время гниения структур клеток микроорганизмов [17].

В России при использовании данного метода применяют бактериальные препараты «Деворойл» [43], «Ленойл», «Азолен» [4,5], «Биоприн», «Путидойл», «Руден», «Сойлекс». Жидкие препараты «Экойл» в основе, которых применяются штаммы бактерий. Внесение штаммов бактерий осуществляется, как правило, при нефтяных загрязнениях или при отсутствии развитого естественного биоценоза. В работе [45] наглядно представлена положительная динамика улучшению экологической обстановки в условиях «Поволжья», «Урала» и «Западной Сибири».

Для переработки нефтешлама и очистки замазученных грунтов в запатентованном способе [55, 56] передвнесение биологических препаратов и биостимулятором в нефтяной шлам производят внесение структуратора в виде

чистого грунта и древесные опилки, с последующим проведением периода инкубации не менее 50 суток и проводят дополнительную аэрацию. Данный метод имеет положительный опыт в разложении нефтешлама с содержанием нефтепродукта менее 15%.

Ключевыми недостатками данного метода является, низкая производительность, что сильно увеличивает капитальные вложения при сооружении промышленных объектов, ограничение в температурном режиме, необходимость отчуждения большого количества площадей земельных участков, а также данный метод имеет ограничение по содержанию нефтепродуктов (до 15%) в нефтешламе.

1.4.4 Физический метод

Сущность данного метода патент №2261894 заключается в способности центробежной силы разделять нефтешлам на фракции. Для эффективной обработки нефтешлама производится его нагрев до 70 °С. После нагрева нефтешлам поступает на вибросито, где происходит отделение механических примесей с размером частиц более 0,15мм. Отделив нефтешлам от крупного мусора, производится его подача в декантер (рисунок 17).



Рисунок 17 – Декантер

Пройдя через полость декантера, сырьеразделяется на фракции под действием центробежной силы, которая создается установкой. Нефтепродукт поступает в накопитель для дальнейшей откачки в УПН, вода техническая направляется в бункер отстоя, после чего она подвергается биологической очистки на очистных сооружениях. Механический осадок в виде кека отделенный от нефтепродукта и воды на выходе накапливается в бункере. Далее механические примеси направляются на полигон для проведения дополнительной очистки методом биоремедиации [58].

Проанализировав опыт применения данного метода в работе можно выделить основные ключевые недостатки. К недостаткам относится тот факт, что декантерная установка способна принимать шлам низкой вязкостью, в случае не выполнения данного требования, установка будет, выходит из строя и даже были случаи, когда взрывом выбивало защитный корпус. Также для нагрева нефтешлама до 70 °С понадобятся большие энергетические затраты, что приведет к удорожанию стоимости утилизации за 1 м³.

1.4.5 Кавитационный метод

В настоящее время в рамках производственной программы на 2019 год в АО «Самаранефтегаз» проводится поиск передовых технологий утилизации нефтесодержащий отходов, которые позволят снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду, за счет кратного сокращения нефтесодержащих отходов, а так же позволит наиболее эффективно использовать вторичное сырье, полученное после утилизации отходов. В связи с этим был проанализирован действующий рынок с инновационными разработками оборудования предназначенных для утилизации нефтешлама.

К таким оборудованьям можно отнести установку активации процессов (рисунок 18).



Рисунок 18 – Установка активации процессов

Сущность действия данной установки (патент №2276658) заключается в утилизации нефтешлама в ультразвуковой кавитационной установке. Перед тем, как нефтешлам поступает в установку, его нагревают паром в бункере приема до температуры 50°C . Далее производится откачка разогретого нефтешлама под давлением до 6 кг/см^2 в установку, где под действием ультразвука частотой до 50 кГц , осуществляется трехкратная обработка нефтешлама. Полученное сырье далее направляется в голову процесса подготовки нефти, где вода на УПН направляется в скважину поддержания пластового давления, а нефтепродукт направляется в установку подготовки нефти. Механические примеси образованные после разделения, направляются на засыпку амбара.

Данный метод позволяет на выходе приблизить качество получаемого продукта к требуемым параметрам. Отсутствует потребность в применении дополнительной обработки получаемого продукта. Производительность данной установки $60 \text{ м}^3/\text{час}$, что позволяет проводить утилизацию нефтесодержащих отходов за вегетационный период в большем объеме. Данный подход можно

применять непосредственно на месте размещения отходов, что позволит исключить большие транспортные затраты.

В рамках дополнительного анализа были рассмотрены существующие методы утилизации нефтесодержащих отходов, которые представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Анализ существующих методов утилизации нефтесодержащих отходов

№ п.п.	Наименование метода	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4
1	Сжигание	<ul style="list-style-type: none"> - Широкая сфера применения в рамках утилизации нефтесодержащих отходов; - Кратное уменьшение объема поступающего сырья, которое на выходе превращается в золу; - Высокая эффективность метода. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ключевыми недостатками данного метода является то факт, что углеводороды, входящие в состав нефтесодержащих отходов при протекании процесса сжигания, выделяют большое количество продуктов сгорания, большинство из которых токсичны
2	Пиролиз	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая степень разложение сырья при воздействии высокой температуры - Возможность использования продуктов разложения для производственных нужд 	<ul style="list-style-type: none"> - При использовании данного метода, существует потребность в высоких энергетических затрат, которые влекут за собой финансовые затраты
3	Сушка	<ul style="list-style-type: none"> - Кратное уменьшение объемов отходов; - Сохранение ценных компонентов; - Возможность комбинирования с другими методами утилизации. 	<ul style="list-style-type: none"> - В рамках данного метода необходимо создать благоприятные условия, в виде подачи большого количества тепла.

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
4	Термодесорбция	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая степень разложение сырья - Возможность использования продуктов разложения для нужд предприятия. 	<ul style="list-style-type: none"> - Данный метод обладает высокими материальными и энергетическими затратами
5	Фильтрование	<ul style="list-style-type: none"> - Низкие капитальные и операционные затраты на реализацию данного метода; - При использовании данного метода для фильтрации взвешенных твёрдых частиц, достигается максимальная эффективность 	<ul style="list-style-type: none"> - Ключевым ограничением применяемого метода является необходимость многократной замены или регенерации фильтров очистки
6	Экстракция	<ul style="list-style-type: none"> - Низкие капитальные и операционные затраты на реализацию данного метода; - Экологически безопасный 	<ul style="list-style-type: none"> - К ограничением данного метода можно отнести необходимость замены или регенерации фильтров, применение дорогостоящего растворителя, высокие энергозатраты из-за необходимости многократной регенерации растворителей, что влечет за собой финансовые затраты
7	Центрифугирование	<ul style="list-style-type: none"> - Мобильность применяемого оборудования; - Возможность полной автоматизации; 	<ul style="list-style-type: none"> - Трудность последующей утилизации получаемого продукта

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
8	Сепарирование	<ul style="list-style-type: none"> - Компактность применяемого оборудования; - Возможность использования оборудования в виде мобильного контейнерного исполнения 	<ul style="list-style-type: none"> - Трудность последующей утилизации получаемого продукта
9	Отстаивание	<ul style="list-style-type: none"> - Низкие капитальные и операционные затраты на реализацию данного метода; - Возможность высокой очистки твердой фракции 	<ul style="list-style-type: none"> - Основными недостатками применяемого метода является низкая производительность и высокая чувствительность к термодинамическим условиям процесса
10	Сорбция	<ul style="list-style-type: none"> - Низкие капитальные и операционные затраты на реализацию данного метода; - Возможность высокой очистки поступающего сырья 	<ul style="list-style-type: none"> - Низкая работоспособность сорбента, в связи с чем, необходимо проводить частую замену сорбента
11	Биоремедиация	<ul style="list-style-type: none"> - Низкие капитальные и операционные затраты на реализацию данного метода; - Возможность получение экологически чистого продукта 	<ul style="list-style-type: none"> - Ограничение температурного режима (данный метод утилизации не применим при температуре +5 °С)
12	Анаэробная очистка	<ul style="list-style-type: none"> - Отсутствует капитальные вложения 	<ul style="list-style-type: none"> - Низкая эффективность утилизации отходов, а также ограничение температурного режима

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
13	Окисление / нейтрализация с помощью химических реагентов	- При применении данного метода переработки отходов существует возможность с высокой эффективностью превращать поступаемое сырье в гидрофобный материал.	- Данный метод имеет ряд ограничений, таких как: - неустойчивость образующихся композитов к грунтовой и атмосферной воде, а также для реализации положительного эффекта необходимо использовать качественные дорогостоящие компоненты.

1.6 Патентный поиск технологий утилизации нефтешламов с использованием кавитационного метода

В рамках патентного поиска были рассмотрены технологии утилизации нефтесодержащих отходов, запатентованные за последние 5 лет [61].

Таблица 7 – Патентный поиск технологий утилизации нефтешламов

Номер патента	Наименование	Срок публикации	Принцип действия (основные характеристики)
1	2	3	4
2566407	Способ переработки нефтяных отходов	27.10.2015	Данное изобретение используется в нефтехимической и энергетической промышленности. Работа данного метода заключается в следующем, первым этапам производится подача отходов в реактор, которые обогреваемый высокотемпературными дымовыми газами. Высокотемпературные

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
			<p>дымовые газы образуются в результате</p>
			<p>сжигания генераторного газа Образованные в результате газификацией твердого остатка из реактора, а также жидких углеводородов и воды, подвергнутых кавитационному воздействию. Полученные высокотемпературные газы, смешиваются с водяным паром в соотношении (0,1÷0,5):1 после чего и также направляются на обогрев реактора. Охлаждение смеси горючих газов, осуществляется в конденсаторе до 20 - 100°С используя теплоноситель, который далее применяется для сушки исходных отходов. Данная разработка позволит:</p> <ul style="list-style-type: none"> - уменьшить энергозатраты; - получать на выходе более качественное вторичное сырье; - уменьшить вредные выбросы в окружающую среду [62].

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
2512450	Дезинтегратор для переработки нефтесодержащих отходов	10.04.202015	<p>Данное изобретение относится к оборудованию для утилизации нефтесодержащих отходов с целью выделения из них ценных углеводородных компонентов.</p> <p>Принцип работы дезинтегратора для переработки нефтесодержащих отходов заключается в следующем:</p> <ul style="list-style-type: none"> - исходное сырье поступает в смеситель, по чему по трубопроводам поступает на всасывающий патрубок вихревого насоса, в котором происходят дробление поступаемого сырья на фракции и образование эмульсии за счет действия вихревого насоса, который создает движение среды между лопастями в рабочем объеме насоса. После этого через напорный патрубок готовой продукции, полученная эмульсия направляется в резервуар. С помощью дросселирующих устройств, происходит регулирование объема подачи эмульсии в резервуар, качество эмульсии регулируется за

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
			<p>счет воздействия кавитационных свойств УАП на поступаемое сырье, что позволяет, получит на выходе мелкодисперсную гомогенную структуру эмульсии</p> <p>Данная разработка позволит:</p> <ul style="list-style-type: none"> - получать на входе разделения исходного сырья на фракции, пригодные для дальнейшего использования; - кратно уменьшить накопленный объем отходов рамочных в илонакопителях; - уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.
2455341	Способ кавитационной обработки жидких нефтепродуктов	10.07.2016	<p>Изобретение относится к обращению с жидкими нефтесодержащими отходами и может быть использовано в нефтеперерабатывающей, нефтехимической промышленности. К данному изобретению относится кавитационная обработка поступающих жидких веществ, которые содержат нефтепродукты. Эмульгирование поступающего сырья происходит путем интенсивного</p>

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
			<p>Способ действия данной технологии реализуется следующим образом. Нефтепродукт поступает на обработку через расходомер, далее через смеситель отходы с содержанием нефти направляются в кавитационную установку и через поточный анализатор параметров жидких углеводородов обработанная смесь направляется на выходную линию в виде готового продукта. Исходная мощность кавитационной установки регулируется с помощью блока управления в зависимости от сигналов расходомера и анализатора. Выходное качество полученного продукта контролируется поточным анализатором. В случае если полученное качество вторичного сырья не соответствует выходным параметрам, то блок управления автоматически производит оповещение об открытии регулирующего вентиля, через который часть готового продукта ответвляется напрямую с помощью насоса в</p>

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
			смеситель, в котором происходит смешивание с исходным сырьем и вновь подается на кавитатор. Данный подход позволяет достигать требуемое качество вторичного сырья, оптимизируя мощность кавитационного устройства.

1.7 Выводы по главе 1

В рамках проведенного комплексного обследования объекта размещения отходов было определено фактические характеристики размещенных нефтешламов, которые подлежат к утилизации. Полученные результаты анализов указывают на потенциальное наличие в их составе техногенного образца преемственного преимущественно жидким, пастообразным и твердым отходам, которые схожи по своему составу со следующими отходами:

- смесь нефтепродуктов, собранные при зачистке средств хранения и транспортирования нефти и нефтепродуктов ФККО 4 06 39001313;
- шлам очистки емкостей и трубопроводов от нефти и нефтепродуктов – ФККО 9 11 200 02 39 3;
- грунт, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов более 15%) – ФККО 9 31 100 01 39 3.

Также проведенное обследование позволило определить, что объект размещения состоит послойно.

Процентное содержание каждого слоя амбара от общего объема числящихся отходов составляет: верхний слой «флотошлам» составляет 20%, средний слой «водоэмульсия» составляет около 40%, нижний слой «донные отложения» ориентировочно составляет 40%.

На основании экспериментального исследования по определению фракционного состава образцов нефтешлама, выполненного на базе аккредитованной лаборатории ИХАЛ, было определено содержание компонентов в образцах, отобранных с объекта размещения отходов АО «Самаранефтегаз». С учётом полученных результатов был сделан вывод о состоянии массы отходов размещенных в аналогичных объектах размещения отходов:

- отобранные образцы содержат 29-50% масс. широкой фракции светлых нефтепродуктов, выкипающих в диапазоне температур $> 100 - 350^{\circ}\text{C}$;
- данные нефтепродукты могут быть использованы в качестве ценного компонентов нефтехимическом производстве.

На основании полученной информации принято решение о возможности использования данных объектов размещения отходов в качестве источников, обладающих высоким ресурсным потенциалом.

Проведенный анализ подбора эффективной технологии утилизации нефтесодержащих отходов позволил определить передовые методы переработки, которые позволяют получать из нефтешламов «исторического наследия» вторичные ресурсы пригодные для использования, с целью дальнейшей реализации потенциального продукта. К таким технологиям относятся кавитационные методы обработки исходно состава нефтешлама. Ключевыми параметрами применяемых в данных методах являются, извлечение нефтешлама для дальнейшего его нагрева. Нагрев производится для предания исходному сырью благоприятной текучести. Это позволяет производить транспортировку нефтешлама по отводящим технологическим линиям с помощью насосов. Подготовленное сырье, после нагревателя направляется в кавитационную установку, в которой происходит воздействие электромагнитных полей высокой мощностью, позволяющее изменять строение исходного сырья.

Применение кавитационного метода позволит исключить существующие ограничения используемой технологии «биологической деструкции»

нефтесодержащих отходов в АО «Самаранефтегаз». К таким ограничениям относятся:

- отчуждение большого количества площадей земельных участков требуемых для строительства временной технологической площадке;
- ограничение температурного режима;
- длительно время утилизации отходов;
- низкая ликвидность полученного продукта.

Результатами предлагаемого метода будет являться эффективная обработка нефтешлама с дальнейшим получения ценного продукта, который будет подлежать к использованию для нужд самого предприятия. А также, при выделении ценного продукт, будет возможна его реализация на УПН №3 с целью получения дополнительной прибыли.

Глава 2. Применение кавитационного метода утилизации нефтесодержащих отходов на объектах АО «Самаранефтегаз»

2.1 Выбор ультразвуковой установки

В настоящее время на Российском рынке имеется ряд уникальных запатентованных оборудований, в основе которых используется метод ультразвуковой кавитации. Разработчиком данного оборудования является – ЗАО «Атлант», ООО «ЗЭСТ», ООО «Экоинвест». Ценовой диапазон варьируется от 8,2 млн. рублей до 10,5 млн. рублей. В таблице 8 указаны характеристики и стоимость оборудований.

Таблица 8 – Характеристики кавитационных установок

Производитель установки	Производительность (м ³)	Расход эл. энергии (кВт/ч)	Габариты (м)	Стоимость (млн. руб.)
ООО «ЗЭСТ»	80	70	Диаметр – 5,3 Длина – 2,5	10,5
ЗАО «Атлант»	60	65	Диаметр – 5 Длина – 2	8,2
ООО «Экоинвест»	65	60	Диаметр – 4,5 Длина – 2	8,6

Проведя анализ рынка, было подобрано оборудование, отвечающее входным характеристикам по наименьшей цене. Производителем такой установки является компания ЗАО «Атлант». В рамках проведения опытных промышленных испытаний была организована встреча с разработчиками данного оборудования в экспериментальной лаборатории. Для проведения опыта были отобраны пробы донного нефтешлама в объеме 20 литров.

Опыт по утилизации донного нефтешлама проводился в четыре этапа:

1. Нагрев нефтешлама до рабочей температуры (50⁰С).
2. Разделение нефтешлама на фракции с применением кавитационной установки.

3. Отстаивание полученного продукта.
4. Отбор проб для определения качества полученного продукта.

2.1.1 Экспериментальное исследование разделение нефтешлама с использованием кавитационной установки

Этап №1.

В рамках лабораторных исследований нефтешлам был помещен в металлическое ведро, которое было нагрето до рабочей температуры. После нагрева, характеристика нефтешлама в части текучести улучшились. Положительная динамика снижения вязкости, позволяет производить откачку отхода менее затратным оборудованием (нефтешламовый насос). На рисунке 19 представлен фото отчет нагрева нефтешлама.



Рисунок 19 – Нагрев нефтешлама

Этап №2.

После нагрева нефтешлама отход был помещен в кавитационную установку, где под действием ультразвука с частотой 20-50кГц происходит воздействие на поступающее сырье. На рисунке 13 представлена подробная схема действия кавитационной установки.

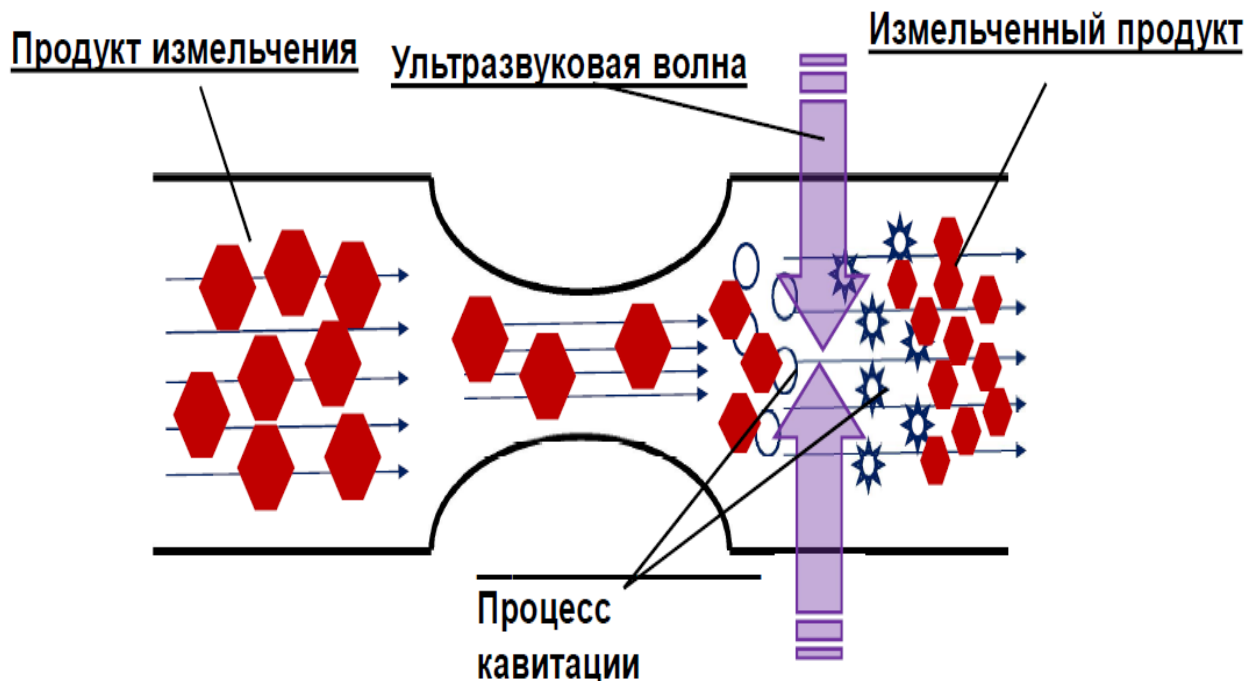


Рисунок 20 – Схема действия кавитационной установки

При поступлении нефтешлама в полость установки ультразвуковая волна производит воздействие на металлические частицы, которые находятся в камере выхода. Хаотичное движение данных частиц с высокой скоростью позволяет, проводить измельчение сырья на низкомолекулярной уровне. На рисунке 21 представлена загрузка и работа данной установки [62-64].



Рисунок 21 – Загрузка нефтешлама

Этап №3.

После разделения нефтешлама на кавитационной установке происходит отстаивание полученных фракций на выходе. С целью качественного отстоя фракций требуется проводить данный процесс в течение 24 часов, это оптимальное время для отстаивания механических примесей взвешенном состоянии.



Рисунок 22 – Результат отстаивания механических примесей

Этап №4.

По результатам проведенного опыта отобраны пробы каждой фракции с целью определения параметров полученного продукта (рисунок 23).



Рисунок 23 –Пробы полученных продуктов

Полученные результаты анализов были проанализированы на соответствие параметров требуемого продукта. Нефтепродукт, находящийся в верхнем слое пробы соответствует качеству поступающей продукции в установку подготовки нефти №3 (рисунок 24).



Рисунок 24 – Входная зона в установку УПН

Водная фракция соответствует параметрам вода-техническая. Данная вода применима для закачки в голову процесса, после чего она будет направлена в скважину поддержания пластового давления (ППД) (рисунок 25).

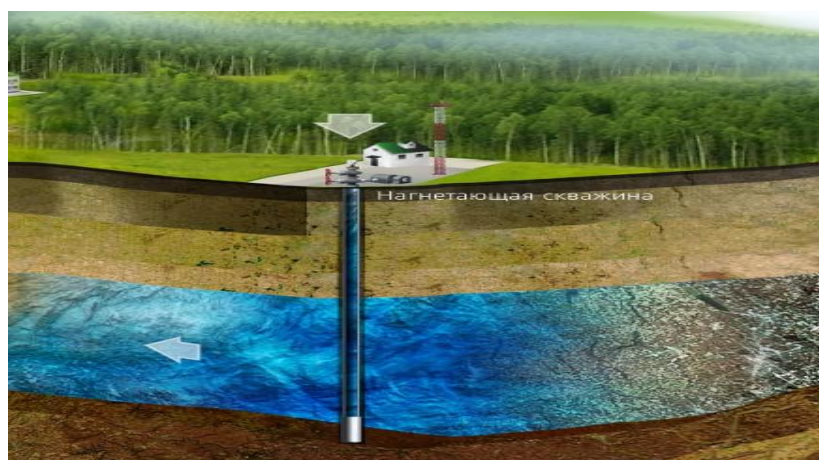


Рисунок 25 – Закачка воды в ППД

Инертный материал, полученный в результате отстаивания после обработки на кавитационной установке подлежит замешиванию 1:1 со структуратором (грунт). После структурирования инертного материала, возможно будет произвести им засыпку того же амбра, где проводилась выемка отхода.

По результатам проведения положительного опыта, принято решение использовать данную установку на объектах АО «Самаранефтегаз».

2.2 Технологическое решение утилизации нефтесодержащих отходов на объектах АО «Самаранефтегаз»

Для реализации технологического решения по утилизации нефтесодержащих отходов методом кавитационного разделения на объектах АО «Самаранефтегаз» необходимо оценить имеющиеся коммуникации для поддержания работы кавитационно установки.

Объекты размещения отходов территориально находятся на производственном объекте, где присутствует совокупность электроустановок, предназначенных для распределения электроэнергии (рисунок 26).

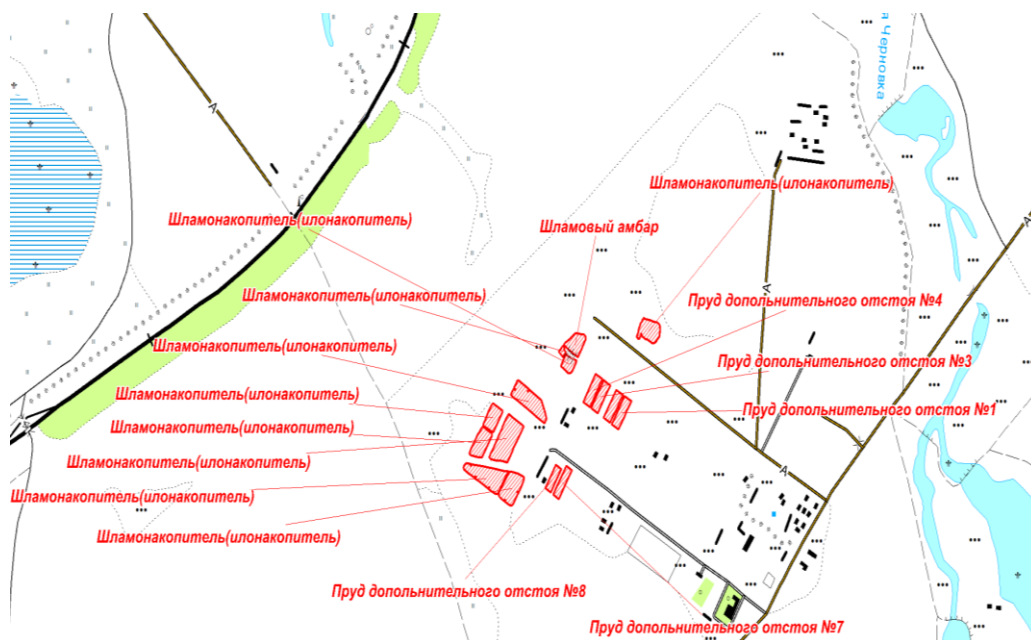


Рисунок 26 – Схема расположения объектов размещения отходов

Для реализации технологического решения, в рамках которого будет использоваться кавитационный метод, необходимо произвести отчуждение прилегающей территории площадью 0,36га для размещения требуемого оборудования (рисунок 27).



Рисунок 27 – Технологическая площадка для размещения оборудования

Удаленность данной площадки от установки подготовки нефти составляет 700 метров, что является положительным фактором для реализации работ по закачки получаемого продукта на выходе в голову процесса.

Для утилизации нефтесодержащих отходов будет использовано следующее оборудование:

- Шламовый насос (производительность до 150 м³/час);
- Бункер со змеевиком для нагрева;
- Насос НБ-50;
- Кавитационная установка (производительность 60 м³/час);
- Гидроизоляционный накопитель (объем 2000 м³);
- КАМАЗ с насосом ЦА (производительность 150 м³/час);

Схема проведения работ по утилизации нефтесодержащих отходов представлена на рисунке 28.

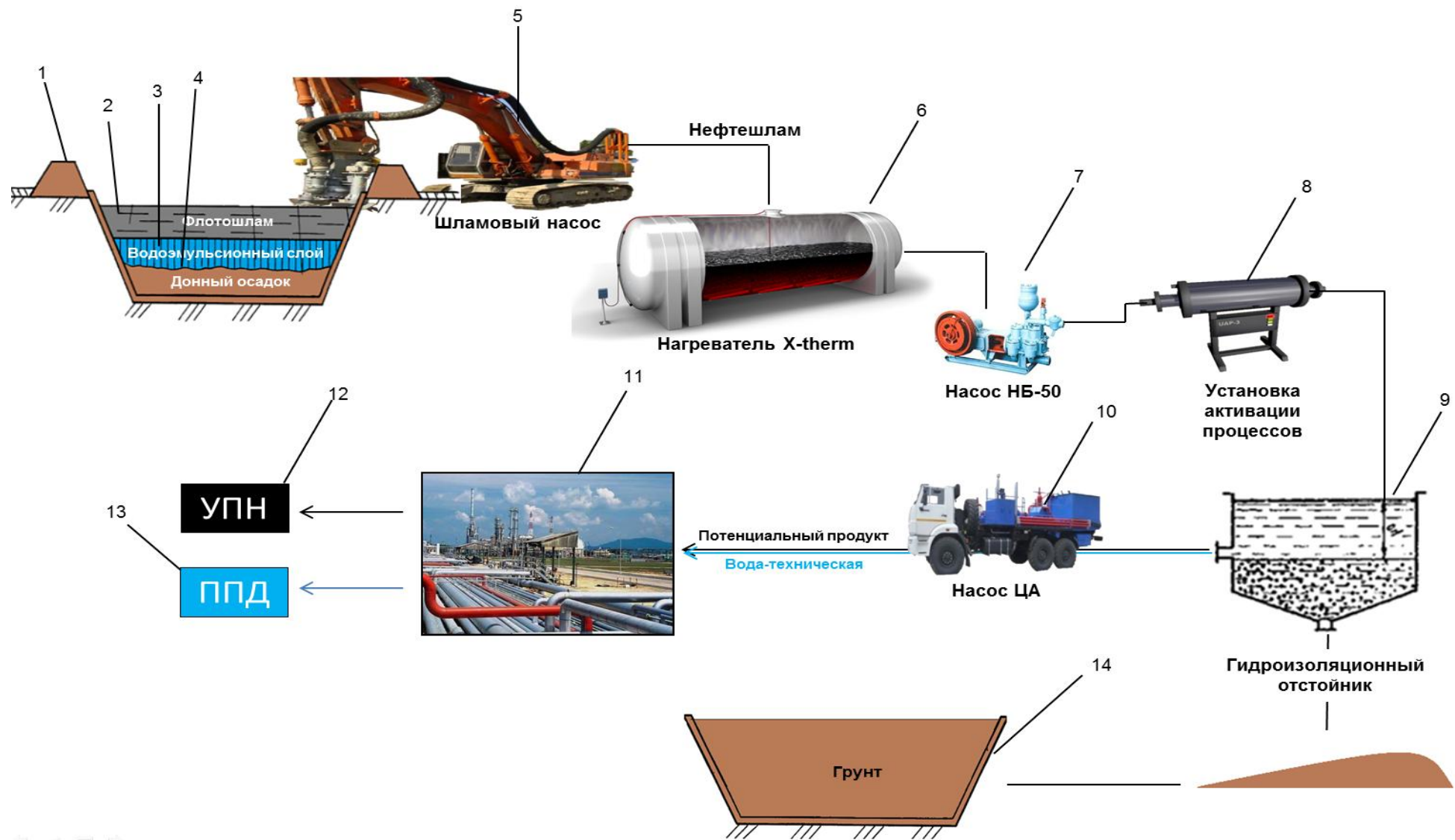


Рисунок 28 – Схема реализации технологии утилизации нефтесодержащих отходов

Принцип работы данной технологии состоит в следующем. Первым этапом работ будет являться откачка верхнего 2 и среднего слоя 3 из объекта размещения отходов с помощью шламowego насоса производительностью 150м³/час в нагреватель X-therm 6. Нагреватель имеет внутри стеклопластиковый погружной нагреватель для нагрева поступающего сырья для нагрева до 40-50⁰С. После чего нагретый нефтешлам откачивается насосом НБ-50 в установку активации процессов 8. Данная установка создает мощное ультразвуковое поле, которое позволяет воздействовать на поступающее сырье, изменяя строение. После обработки сырья на установки активации процессов, разделенные фракции направляются в гидроизоляционный отстойник 9. Данный накопитель представляет собой емкость объемом 2 000 м³, которая расположена от технологической линии подготовки на расстоянии 500 метров [65]. В гидроизоляционном накопителе происходит отстаивание механических примесей в течение 24 часов. После чего мобильным насосам ЦА50 происходит подача жидкой фракции в голову технологического процесса подготовки нефти. Пройдя этап разделения нефти от воды, нефть направляется в установку для подготовки нефти 12, а вода направляется по технологической линии в скважину для поддержания пластового давления 13.

Полученный инертный материал выгружается из гидроизоляционного отстойника на прилегающую территорию объекта размещения, с целью дополнительного снижения влажности под действия окружающей среды. Также полученный инертный материал разбавляется со структуратором 1:1, что позволяет получить на выходе грунт-органоминеральный, который соответствует требованиям применения на землях промышленности. Полученный грунт можно использовать для следующих целей:

- засыпка чаши объекта размещения отходов;
- восстановления обвалований скважин;
- обустройство дороги;
- в качестве структуратора.

Данный подход является наиболее перспективным. На сегодняшний день нефтедобывающие компании утилизируют свои отходы, получая на выходе низко ликвидный продукт, который накапливается у них на производственных объектах. Предложенный метод кратно минимизирует негативное воздействие на окружающую среду, а также позволит выделить ценный продукт, который пройдя через установку подготовки нефти будет, является товарным продуктом в виде топлива. Вода техническая будет направлена на нужды предприятия с целью создания пластового давления. Инертный материал будет являться дополнительными грунтом для засыпки того же объекта, из которого были экскавированы отходы. Таким образом, данная технология будет, является ресурсосберегающей, а самое главное, что применяя ее на нефтшламах с большим содержанием нефтепродуктов, возможно добиться выделения ценного продукта до 50% от общего объема отходов.

2.3 Расчёт экономического эффекта от внедрения данной технологии

В рамках возможной реализации технологического решения, произведен расчет экономического эффекта, включающий в себя капитальные и операционные затраты.

Капитальные затраты включают в себя закупку требуемого оборудования необходимого для проведения утилизации нефтесодержащих отходов. Проведя анализ технико - коммерческих предложений на рынке, по наименьшей цене и требуемым характеристикам, подобрано оборудование, позволяющее реализовать данную схему.

Были рассчитаны капитальные затраты, которые составляют 12,4 млн. рублей с НДС 20%. Материальная ведомость капитальных затрат представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Капитальные затраты

№ п.п.	Наименование статьи затрат	Краткая характеристика продукта	Предложенная сумма тыс. рублей НДС 20%
1	Шламовый насос (DW-150)	Максимальная производительность данного насоса - 150 м ³ /час	1 200
2	Нагреватель t-herm	Объем нагревателя 2500 м ³ .	1 600
3	Насос НБ-80	Производительность данного насоса - 80 м ³ /час	700
4	Кавитационная установка	Производительность - 60 м ³ /час	8 240
5	Гидроизоляционный отстойник	Объем отстойника - 2000 м ³	1 500
Итого			13 240

Расчет операционных затрат производился с помощью ресурсного метода включающий в себя весь перечень работ. Работы по утилизации нефтесодержащих отходов планируется проводить на прилегающей территории амбара. Для определения операционных затрат было рассчитано время утилизацию отходов в объеме 5 000 м³ из одного объекта размещения отходов.

2.3.1 Расчет затрат на проведение работ по утилизации нефтесодержащих отходов

Этап №1 - «Откачка нефтешлама из объекта размещения отходов».

В рамках данного этапа производится откачка нефтешлама с помощью шламового насоса. Его максимальная производительность составляет 150м³/час. Проведя опыт по откачке нефтешлама, было определено, что нефтешлам повышенной вязкостью снижает производительность насоса ~ 80м³/час. Используя данную информацию, сформирован расчет затрат на

реализацию откачки всего объема нефтешлама (5 000 м³). Подробная расшифровка сметного расчета представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет затрат на откачку 5000 м³

Наименование затрат	Время работы маш./час	Расценка за ед.	Стоимость без НДС	Стоимость без НДС 20%
Работа экскаватора с насосом DF 150	62,50	2 700,00	168 750,00	202 500,00

Этап №2 - «Нагрев нефтешлама нагревателем t-herm»

Нагрев нефтешлама производится с помощью нагревателя t-herm. При реализации нагрева нефтешлама на объектах АО «Самаранефтегаз» будет организовано подключение электросети для подачи электричества. Необходимая частота тока составляет 50 Гц, напряжение 220 В. Согласно паспорту характеристик нагревателя *t-herm*, нагрева 2 500м³ нефтешлама теплоемкостью 4,1Дж/ кг•град возможно осуществить за 3 часа, от начальной температуры 10-15 °С до конечной температуры 40°С. Для нагрева данного объема понадобится затратить 50кВт/час. Для нагрева всего объема нефтешлама 5 000 м³ понадобится учесть дополнительное поддержание температуры в нагревателе до полной откачки нефтешлама в кавитационную установку. С учетом того что производительность насоса составляет 80м³/час, а производительность кавитационной установки 60м³/час, необходимо будет наладить благоприятный режим для бесперебойной работы данного оборудования. Оптимальная подача нагретого нефтешлама в кавитационную установку будет составлять 60м³/час, что позволит произвести обработку всего объема в течении 89,3 часов. Расчет потребления электроэнергии подробно представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет электроэнергии для работы нагревателя *t-herm*

Объем нагрева исходного сырья, м ³	Исходная температура сырья °С	Конечная температура сырья	Время нагрева и поддержания температуры	Потребление кВт/час	Затраты электроэнергии кВт/час	Сумма затрат, (4,7 руб. за 1 кВт/ч)
5 000,00	15,00	40,00	89,30	50	4 465,00	20 985,50

Этап №3 - «Откачка нагретого нефтешлама в кавитационную установку».

Откачка нагретого нефтешлама производится насосом НБ-80 оптимальной производительностью 50м³/час. Потребляемая мощность насоса составляет 55кВт/час. Для расчета финансовых затрат были использованы следующие показатели. Откачка 5 000 м³ нефтешлама производительностью 50 м³/час производится в течение 83,3 часов. Затраты на электроэнергию составит:

$$83,3\text{ч} \cdot 55\text{кВт} \cdot 4,7 \text{ руб} /1\text{кВт} = 21\,541,67 \text{ рублей} \quad (1)$$

Этап №4 –«Отстаивание взвешенных механических примесей».

Нагретые нефтешламы, пройдя кавитационную обработку, направляются в гидроизоляционный отстойник. В данном отстойнике в течение 24 часов будет происходить отстаивание полученных фракций, между которыми ранее была разрушена молекулярная связь. По истечении указанного срока, силами аккредитованной лаборатории будут отобраны пробы с целью определения полученного качества продукта на выходе. После получения положительных анализов будет проведена раскочка верхнего и среднего слоя в технологическую линию подготовки с помощью насос цементировочного агрегата ЦА-320 [65]. Технические характеристики ЦА-320 приведены в таблице 11.

Таблица 12 – Характеристики ЦА-320

Наименование	Показатель
Шасси агрегата	Камаз
Вместимость	6 м ³
Производительность насоса	20 м ³
Тип насоса	ЦНС-38154 – 2950 об/мин

При проведении комплексного обследования было выявлено, что из общего объема отходов, возможно, выделить около 60 – 70% процентов жидкой фракции, в которую входит нефтепродукт (верхний слой) и вода-техническая (средний слой). Данную информацию можно использовать для расчета затрат на реализацию откачки жидкой фракции. Учитывая тот факт, что максимальная вилка объема жидкой фракции составляет 70%, время на откачку объема жидкой фракции из общего объема нефтесодержащих отходов составит:

$$3500 \text{ м}^3 / 20 \text{ м}^3/\text{час.} = 175 \text{ час.} \quad (2)$$

Расценка стоимости работы ЦА-320 в рублях маш/час по существующим договорам на транспорт составляет 2 100. Вследствие чего, затраты на закачку жидкой фракции в голову технологического процесса составят:

$$175 \text{ час.} \cdot 2 \text{ 100 руб.} = 367 \text{ 500 руб.} \quad (3)$$

После откачки жидкой фракции из отстойника, осевшая механическая примеси будет готово к выемки.

Этап №5 «Обращение с инертным материалом».

Заключительным этапом по утилизации нефтесодержащих отходов станет выгрузка инертного материала через конусообразный выход, который размещен в нижнем уровне отстойника.

Полученный после утилизации инертный материал необходимо замешать со структуратором в объеме 1:1. Это позволит уменьшить содержание нефтепродуктов в полученном материале до норм пригодных к его использованию на землях промышленности. Объем получаемого инертного материала будет достигать до 500 м³. В качестве структуратора будет использоваться обезвреженный грунт после отказов трубопроводов, который размещен на площадке переработки грунтов с территориальной удаленностью около 12км от места проведения работ. Финансовые затраты по данному этапу включают в себя:

- транспортные затраты грунта для засыпки тела амбара (таблица 13);
- работу экскаваторной техники;
- работу бульдозера для планировки территории амбара и прилегающую к ней.

Таблица 13 – Транспортные затраты

Наименование работ	Используемая техника	Кол-во техники	Вместимость груза м ³	Время работы	Расценка маш.час руб.	Стоимость
Завоз структуратора в объеме 3500 м ³	Экскаватор	2	0,65	134,62	1800	242 307,69
	Самосвал	2	10	330	1600	528 000,00
Планировка площадки	Бульдозер	1	-	24	2200	52 800,00

Составив подробный финансовый расчет можно сделать вывод, что реализация данного технологического решения позволит уменьшить затраты на утилизацию нефтесодержащих отходов до 2 935,12 без НДС 20% / 1 м³.

2.4 Расчёт возможной прибыли от реализации потенциального продукта

В настоящее время технология биологической деструкции, применяемая в АО «Самаранефтегаз», не позволяет получать ценный продукт, который имел бы высокую ликвидность на рынке. Предлагаемый инновационный метод утилизации отходов, в основе которого будет использоваться кавитационная установка, позволяет выделять 20% – 50% объема нефтепродукта, пригодного для закачки в установку подготовки нефти. Получаемая продукция после обработки на установки подготовки нефти соответствует качеству товарной нефти. Проанализировав рынок продажи товарной нефти можно сделать вывод, что средняя стоимость одной тонны нефти составляет 20 000 руб./м³. Используя данную информацию, был проведен расчет выделения возможной прибыли от реализации нефтепродукта, полученного после утилизации в объеме 1 000 м³ или 20% от общего объема отходов, числящиеся в объектах размещения отходов (таблица 14).

Таблица 14 – Расчет возможной прибыли от реализации потенциального продукта

Объем потенциального продукта (м ³)	Себестоимость подготовки товарной нефти на УПН (руб./м ³)	Стоимость товарного продукта (руб./м ³)	Стоимость товарного продукта с учетом затрат на подготовку (руб./м ³)	Возможная прибыль от реализации продукта (млн. рублей)
1000	4 466	20 000	15 534	15,5

Реализация данного подхода утилизации нефтесодержащих отходов позволит:

- сократить негативное воздействие на окружающую среду за счет кратного уменьшения объема размещенных отходов в открытой среде;
- сократить транспортные затраты;

- исключить дополнительные затраты на покупку дорогостоящих препаратов, которые составляют на сегодняшний день 50 % от общей суммы договора;

- сократить время утилизации отходов в 2 раза;

- выделить потенциальный продукт высокой ликвидностью, стоимость которого за 1 м³ составляет 15 534 руб.;

- проводить работы на месте размещения отходов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проанализировав состав нефтесодержащих отходов, следует сделать вывод, что в Самарской области согласно данным государственного реестра ОРО, числится большое количество нефтесодержащих отходов, объем которых превышает более 500 тыс. м³. Нефтесодержащие отходы, накапливаемые на объектах размещения, содержат значительное количество ценных компонентов (легкие фракции нефтепродуктов, водоземлюльсия, битумную фракцию) которые обладают высоким ресурсным потенциалом, поэтому на сегодняшний день существует потребность максимального использования данных отходов в виде вторичного сырья для получения продукта высокой рентабельностью.

2. Экспериментальные исследования по определению фракционного состава образцов нефтешлама, выполненного на базе аккредитованной лаборатории ИХАЛ, позволили определить содержание ценных компонентов в образцах, отобранных с объекта размещения отходов АО«Самаранефтегаз».

Результаты подтверждают следующий факт состояния массы отходов размещенных в аналогичных объектах размещения отходов:

- наличие в объекте размещения 29-50% масс. широкой фракции светлых нефтепродуктов, выкипающих в диапазоне температур $> 100 - 350^{\circ}\text{C}$;

На основании полученной информации принято решение о возможности использования данных объектов размещения отходов в качестве источников, обладающих высоким ресурсным потенциалом.

Проведенный анализ подбора эффективной технологии утилизации нефтесодержащих отходов позволил определить передовые методы переработки, которые позволяют получать из нефтешламов «исторического наследия» вторичные ресурсы пригодные для использования, с целью дальнейшей реализации потенциального продукта. К таким технологиям относятся кавитационные методы обработки исходно состава нефтешлама.

3. Для того чтобы определить эффективность используемой технологии утилизации отходов, необходимо знать его входные параметры (фракционный состав, влажность, количество нефтепродуктов, количество механических примесей, вязкость, теплоемкость, содержание хлоридов, серы и т.д.).

4. Для того, чтобы повысить эффективность обращения с нефтешламом, потребуется определить вязкость данного сырья и фракционный состав. Пониженная вязкость исходного сырья позволяет уменьшить энергетические затраты на его транспортирования до нужного места.

5. На основании проведенного анализа передовых технологий используемые на сегодняшний день в мире, можно выделить метод кавитационного разложения. Достоинства данного метода позволяют проводить утилизацию в соответствии с существующими нормами природоохранного законодательства, ключевыми достоинствами которого является снижение негативного воздействия на окружающую среду, с возможностью выделения вторичных ресурсов. Ключевыми параметрами данного метода является, извлечение нефтешлама для дальнейшего его нагрева, с целью предания исходному сырью «благоприятной» текучести. Это позволяет производить транспортировку нефтешлама по отводящим технологическим линиям с помощью насосов. Подготовленное сырье, после нагревателя направляется в кавитационную установку, в которой происходит воздействие электромагнитных полей высокой мощностью, позволяющее изменять строение исходного сырья. Полученная готовая продукция подлежит к вторичному использованию для нужд самого предприятия. Использование данного сырья внутри организации позволяет исключить риски не корректной оценки стоимости полученного объема готовой продукции.

6. Применение кавитационного метода позволит исключить существующие ограничения используемой технологии «биологической

деструкции» нефтесодержащих отходов в АО «Самаранефтегаз». К таким ограничениям относятся:

- отчуждение большого количества площадей земельных участков требуемых для строительства временной технологической площадке;
- ограничение температурного режима;
- длительно время утилизации отходов;
- низкая ликвидность полученного продукта.

Результатами предлагаемого метода будет являться эффективная обработка нефтешлама с дальнейшим получения ценного продукта, который будет подлежать к использованию для нужд самого предприятия. А также, при выделении ценного продукт, будет возможна его реализация на УПН №3 с целью получения дополнительной прибыли.

7. Ключевыми достоинствами предлагаемой технологии будет являться

- сокращение негативного воздействия на окружающую среду за счет кратного уменьшения объема размещенных отходов в отрытой среде;
- сокращение транспортных затрат;
- исключение дополнительных затрат на покупку дорогостоящих препаратов, которые составляют на сегодняшний день 50 % от общей суммы договора;
- сокращение времени утилизации отходов в 2 раза;
- возможность выделения потенциальный продукт высокой ликвидностью, стоимость которого за 1 м³ составляет 15 534 руб.;
- возможность организации работ по утилизации отходов в местах размещения отходов.

СПИСКА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Айвазян, С.А., Енюков, И.С., Мешалкин, Л.Д. Прикладная статистика. Исследование зависимостей [Текст]: С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: изд-во МГУ, 1985. – 130 с.
2. Бакастова, Н.В. Решение проблем по переработке нефтешламов методом центробежной сепарации / Н.В. Бакастова // Экологическая и промышленная безопасность. -2005. №3 - С. 36-37.
3. Берне Ф., Кордонье Ж. Водоочистка сточных вод нефтепереработки. – М.: Химия, 1997. – 288 с.
4. Биккинина, А.Г. Биорекультивация промышленных отвалов отбелевающей земли, содержащей нефтепродукты / А.Г. Биккинина, О.Н. Логинов, Н.Н. Силищев и др. // Экология и промышленность России -2007. №2 - С. 8-9.
5. Биккинина, А.Г. Повышение эффективности процесса биоремедиации отработанной отбеливающей земли, загрязненной углеводородами, при совместном использовании комплекса биопрепаратов Ленойл и Азолен / А.Г. Биккинина, О.Н. Логинов, Н.Н. Силищев и др.// Биотехнология -2006. №5 - С. 57-62.
6. Браун Д., Флорд А., Сейнзбери М. Спектроскопия органических веществ./ Пер. с англ. – М.: Мир, 1992. – 300 с.
7. Бурлака В.А. Методы восстановления плодородия почв. В сборнике: Доклад управления Россельхознадзора по Самарской области, 2006 г., с. 76-81.
8. Быков, Д.Е. Комплексная многоуровневая система исследования и переработки промышленных отходов. Монография. Самара, 2003 г.
9. Возная, Н.Ф. Химия воды и микробиология. – М.: Химия, 1979. – 340 с.
10. Гладышев, Н. Г. Быков, Д. Е., Мешалкин, В. П., Шишканова А. А. Эколого-логистический аудит. Экология и промышленность России [Текст] :

ежемес. обществ. науч.- техн. журн./ РАН и др. -М. : Экология и промышленность России . - 2006г. N 11- С.32-35

11. Краткий справочник по химии Гороновский, И.Т., Назаренко, Ю.П., Некряч Е.Ф., изд. 5, «Наукова думка», Киев, 1987 г.С. 404-405

12. Григорьев, М. Такая разная нефть / М. Григорьев // Нефть России. - 2003. - №6. - с. 33-36.

13. Гринин, А.С., Орехов, Н.А., Новиков, В.Н. Математическое моделирование в экологии [Текст]: А.С. Гринин, Н.А. Орехов, В.Н. Новиков. - М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2003.-269 с.-ISBN 5-238-00440-0.

14. Дворецкий, Д.С., Дворецкий, С.И., Муратова, Е.И., Ермаков, А.А.. Компьютерное моделирование биотехнологических процессов и систем. Учеб. пособие. Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 80 с.

15. Евлахов, С.К. Банк качества нефти: результаты испытаний / С.К. Евлахов, Н.А. Козобкова // «Трубопроводный транспорт нефти». - 2004. - № 12. -. 13-15.

16. Емцев, В.Т. Новый микробный препарат «Псевдомин» для рекультивации почв, загрязненных нефтепродуктами / В.Т. Емцев, О.В. Селицкая, В.Г. Алехин // Тез. докл. Всерос. конф. «Микробиология почв и земледелие», -Спб.,- 1998.-С. 133.

17. Жаров, О.А. Современные методы переработки нефтешламов / О.А. Жаров, В.Л. Лавров // Экология производства, -2004. №5. - С. 43-51

18. Ибатуллин, Р.Р. Исследование свойств нефтешламов и способы их утилизации / Р.Р. Ибатуллин, И.И. Мутин, Н.М. Исхакова, К.Г. Сахабутдинов // Экологическая и промышленная безопасность. -2006. №11 -С. 116-118.

19. Ибатуллин, Р. Р. Исследование свойств нефтешламов и способы их утилизации / Р. Р. Ибатуллин, И. И. Мутин, Н. М. Исхакова, К. Г. Сахабутдинов // Нефтяное хозяйство. - 2006. - № 11. - С. 116-118.

20. Исмаилов, Н.М., Ахмедов А.Г., Ахмедов В.А. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – 222 с.

21. Киреева, Н.А., Новоселова, Е.И., Хазиев, Ф.Х. Изменение свойств серолесной почвы при загрязнении нефтью и в процессе рекультивации.// Башкирский экологический вестник. – 1998. – № 3. С. 3-7.
22. Кисин, Д.В., Препараты серии "Биодеструктор" эффективные средства для ликвидации нефтяных загрязнений / Д.В. Кисин, А.И. Колесов // Нефтяное хозяйство. -1995, №5-6. - С. 83-85.
23. Статистический словарь / Гл. ред. М.А.Королев. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 623с.: ил.
24. Лебедев, Н.Н., Манаков, М.Н., Швец, В.Ф. Теория технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1975. – 412 с.
25. Лейте, В. Определение органических загрязнений питьевых, природных и сточных вод. – М.: Химия, 1975.
26. Мазлова, Е.А., Мещеряков, С.В. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 2001. – 56 с.
27. МакМиллен, С., Смарт, Р., Берне, Р. Хоффман Р. «Биологическое обезвреживание нефтесодержащих отходов: Уроки полученные за 1992-2002 г.» ChevronTexaco Corporate Responsibility Report 2002
28. Малкин, В.П., Кузин, В.И. Промывно-пропарочные станции для очистки подвижного состава.// Экология и промышленность России, сентябрь, 2000. – С. 26-29.
29. Мансуров, З.А. Разработка способов термической переработки и окисления нефтяных отходов / З.А. Мансуров, Е.К. Онгорбаев, Б.К. Тушутаев и др. // Нефтехимия и нефтепереработка.- 2004.- С. 49-54.
30. Маценко, Г.Г. Установка утилизации нефтяных шламов / Г.Г. Маценко, Е.Б. Окуяев, А.Ф. Ахметов // Нефть и газ. - 1997.- №2.- С. 137.
31. Мостовой, Н. Перед тем как смешать / Н. Мостовой, А. Хохлов, Ю. Цодиков // Нефть России. – 2000. - №3. - с. 39-41.

32. Нефти СССР: справочник. — Дополнительный том. Физико-химическая характеристика нефтей СССР. — М.: Химия, 1975. — 88с.
33. Окунев, Е.Б., Промышленная установка к утилизации нефтешлама / Е.Б. Окунев, В.Т. Ливенцов // Материалы 46 Науч.- техн. конф. студ., аспирантов и мол. учёных УГНТУ. - Уфа, 1995. - С. 118.
34. Пиковский, Ю.И., Солнцева, Н.П. // Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. 3 Междунар. симпозиум, Рига 12-15 декабря 1978. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – С. 149.
35. Пономарева, Л.В. Биоремедиация нефтезагрязненной почвы с использованием биопрепарата "БИОСЭТ" и пероксида кальция / Л.В. Пономарева, В.Г. Крунчак, В.А. Торгованова, Н.П. Цветкова, А.И. Осипов // Биотехнология, - 1998, №1. - С. 79-84.
36. Раскатов, А.В. Опыт внедрения центрифуг для обезвоживания шламов / А.В. Раскатов, Е.Н. Прошин // Экология производства. -2006. №7. - С. 41-45
37. Рахманкулов, Д.Л., Бикбулатов, И.Х., Шулаев Н.С., Шавшукова С.Ю. Микроволновое излучение и интенсификация химических процессов: Монография. –М.: Химия, 2003. – 220с.
38. Садехи, К., Садехи, М.-А., Чилингарян, Д.В. Извлечение битума из битуминозных песков с помощью ультразвука и силиката натрия // Химия и технология топлив и масел. — 1988. — №8. —С.24—28.
39. Сайфуллин Н.Р. Практика переработки жидких нефтешламов в ОАО «Ново-Уфумский НПЗ» / Н.Р. Сайфуллин, А.Ф. Махов, В.Б. Файзуллин и др.// Нефтепереработка и нефтехимия.- 1998. - №3.- С. 46-49.
40. Самедова, Ф.И., Мир-Бабаев М.Ф. Разделение асфальтенов способом физического воздействия //Химия и технология топлив и масел. — 1995. — №5. — С.41.
41. Сегерлинд, Л.А. Применение метода конечных элементов [Текст]/ Пер.с англ.- М.:Мир, 1979.-390 с., ISBN 5-901675-50-9.

42. Сергиенко, СР., Таимова, Б.А., Талалаев, Е.И. Высокомолекулярные неуглеводородные соединения нефти. — М.: Наука, 1979. —269с.

43. Сидоров, Д.Г. Микробиологическая деструкция мазута в почве при использовании биопрепарата «Деворойл» / Д.Г.Сидоров, И.А. Борзенко, Е.И. Милехина, С.С. Беляев, М.В. Иванов // Прикладная биохимия и микробиология. 1998.-Т.34.- №3. - С 281-286.

44. Смыков, В.В. О проблеме утилизации нефтесодержащих отходов / В.В. Смыков, Ю.В. Смыков, А.И. Ториков // Экологическая и промышленная безопасность. -2005. №3 - С. 30-33.

45. Стабникова, Е.В. Применение биопрепарата «Лестан» для очистки почвы от углеводов нефти / Е.В. Стабникова, М.В. Селезнева, А.Н. Дульгеров, В.Н. Иванов // Прикладная биохимия и микробиология. -1996.-32, №2.-С. 219-223.

46. Сухонослова, А.Н. Сопоставление результатов определения класса опасности нефтешламов расчетным и экспериментальным методом / А.Н. Сухонослова, Д.Е. Быков, Д.А. Пирожков // 65-ая Всероссийская научно-техническая конференция по итогам НИР университета за 2007 г. «Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование.Наука.Практика», сб. мат. Самара СГАСУ – 2008, с. 418.

47. Тараканов, Д. И. «Технология обработки нефтезагрязнённых грунтов и осадков сточных вод с целью их использования в качестве изолирующих материалов на полигонах захоронения твёрдых бытовых отходов», Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, г. Самара, 2001 г.

48. Фридланд, С. В., Т. Ш. Аксанов, Н. Л. Солодова. - //Интенсификация обезвоживания нефтешламов [Текст] / Вестник машиностроения. - 2006. - N 2. - С.84-87. - ISSN 0042-4633. - Библиогр.: с. 87 (11 назв.)

49. Чугунов, В.А. Разработка и испытания жидких препаратов «Экойл» на основе нефтеокисляющих бактерий / В.А. Чугунов, В.П. Холоденко, В.С. Кобелев и др. // Тез. докл. 6-ой конф. РФ "Новые направления биотехнологии", ГосНИИ прикладной микробиологии, - 1994. - С. 56.

50. Шахгириев, И.Б. Использование нефтешламов в качестве исходного сырья для производства строительных битумов / И.Б. Шахгириев, Магомедбеков У.Г. // Экол. пробл. Чечено-Ингушетии и сопредельных территорий. Тез. докл. сев.- кавк. регион, науч.-практ. конф.- Грозный, 1991.- С 80-81.

51. Эмануэль, Н.М., Кнорре, Д.Г. Курс химической кинетики. – М.: Высшая школа, 1974. – 467 с.

52. Ягафарова, Г.Г. Биоремедиация нефтезагрязненной почвы / Г.Г. Ягафарова, В.Б. Барахнина, А.Х. Сафаров, Е.Г. Ильина, И.Р. Ягафаров // Материалы секции Д III Конгресса Нефтепромышленников России «Нефтепереработка и нефтехимия: проблемы и перспективы», г. Уфа, 22-25 мая 2001 года. Уфа, 2001.-С.207-208.

53. Ягафарова, Г.Г. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе / Г.Г. Ягафарова, Л.А. Насырова, Ф.А. Шахова, СВ. Балакирева, В.Б. Барахнина, А.Х.Сафаров - Уфа: Изд-во УГНТУ 2007. - 334 с.

54. Ягафарова, Г.Г. Экологическая биотехнология в нефтегазодобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности: Учеб. пособие. / Г.Г. Ягафарова - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. - 214 с.

55. Ягафарова, Г.Г. Испытания биопрепарата "Родотрин" для ликвидации нефтяных загрязнений на территории Татарстана / Г.Г. Ягафарова, Р.Н. Хлесткий, В.Б. Барахнина //Нефтехимия и нефтепереработка. - 1998, №7 -С. 21-23.

56. Ягафарова, Г.Г. Испытания биопрепарата «Родотрин» для ликвидации нефтяных загрязнений / Г.Г. Ягафарова, Э.М. Гатауллина и др. //Башкирский химический журнал. - 1995. - Т.2, №3-4. - С. 69-70.

57. Ягафарова, Г.Г. Биоремедиация нефтезагрязненной почвы / Г.Г. Ягафарова, В.Б. Баряхнина, А.Х. Сафаров, Е.Г. Ильина, И.Р. Ягафаров // Материалы секции Д III Конгресса Нефтепромышленников России «Нефтепереработка и нефтехимия: проблемы и перспективы», г. Уфа, 22-25 мая 2001года. Уфа, 2001.-С.207-208.

58. Янкевич, М.И. Комплексная биотехнология очистки воды промышленных предприятий от нефтезагрязнений / М.И. Янкевич, В.В. Хадеева и др. // Тез. докл. 3 Междунар. конф. "Освоение Севера и проблемы рекультивации", - Сыктывкар, - 1996. - С. 234-235.

59. Янкевич, М.И. Биоремедиация природных и промышленных территорий с применением нефтеокисляющих препаратов / М.И. Янкевич, В.В. Хадеева, А.В. Лизунов // Тез. докл. Всерос. конф. "Микробиология почв и земледелие". - Санкт-Петербург, - 1998.- 133 с.

60. Янкевич, М.И. Технология очистки нефтезагрязненных территорий с помощью биопрепаратов / М.И. Янкевич, В.В. Хадеева, А.С. Яненко // Тез. докл. 3 Междунар. конф. «Освоение Севера и проблемы рекультивации», - Сыктывкар, - 1996. - С. 236-237.

61. R.G. Brereton. Chemometrics: Data analysis for the laboratory and chemical plant. Wiley, Chichester, UK. 2003.

62. Dyson, R.M., Hazenkamp, M., Kaufmann, K., Maeder, M., Studer, M., Zilian, A. Modern tools for reaction monitoring: hard and soft modelling of non-ideal, on-line acquired spectra [Text] / R.M. Dyson, M. Hazenkamp, K. Kaufmann, M. Maeder, M. Studer, A. Zilian // Chemom. – 2000. – Vol. 14. – p. 700.

63. Everitt, B. Cluster analysis/ B. Everitt, 1981.-2en ed.

64. Greys K. Kopp-Holtwiesche Bettina / K. Greys // BFE: Biotech. Forum Eur. -1992. - 9, №6. - P. 350-370.

65. Johnson, S.C. Hierarchical clustering schemes / S.C. Johnson // Psychometrica. – 1967. – Vol. 32. – Pp 210-230.