

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Т. А. Кулагина

подпись

« _____ » _____ 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность»

«Разработка схемы ликвидации разливов нефтепродуктов на почву»

Научный консультант	_____	д.т.н., профессор	Т.А. Кулагина
	подпись, дата		
Руководитель	_____	ассистент	Р.Н. Крылышкин
	подпись, дата		
Выпускник	_____		Е.И. Исаева
	подпись, дата		
Нормоконтролер	_____	ст. преподаватель	Е.Н. Зайцева
	подпись, дата		

Красноярск 2019

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Т. А. Кулагина

подпись

« _____ » _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту: Исаевой Елене Игоревне

Группа ЗФЭ 13-02Б Направление (специальность) 20.03.01 «Техносферная
безопасность»

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка схемы
ликвидации разливов нефтепродуктов на почву»

Утверждена приказом по университету: №18983/с от 2018-12-17

Руководитель ВКР: Р. Н. Крылышкин, ассистент каф. ИЭиБЖД

Исходные данные для ВКР: технологическая инструкция, нормативная,
справочная и другая литература.

Перечень разделов ВКР: введение; аварийные разливы нефти и
нефтепродуктов на почве, общие сведения; нефть, общие сведения; свойства
нефти; аварийные разливы нефти и нефтепродуктов; последствия загрязнения
почвы нефтепродуктами; методы локализации и ликвидации разливов нефти и
нефтепродуктов на почве; локализация разливов нефтепродуктов; ограждения

для предотвращения растекания нефти; контролируемое сжигание; локализация разливов с помощью сорбентов; методы ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов; биологические методы; фиторемедиация; биодegradация; биоventилирование; естественное разложение; физико-химические методы; стабилизация и отвердевание; электрокинетическая очистка грунтов; промывка почвы; экстракция грунта; использование сорбентов; термические методы; витрификация; сжигание; газификация; пиролиз; комбинированные методы; разработка схемы ликвидации разлива нефтепродуктов на почве; условия разлива; дизельное топливо; схема ликвидации разлива нефтепродуктов на почве; подпорная стенка ПС-0,75; сорбент «Унисорб»; одноковшовый погрузчик В-138; транспортировка нефтезагрязненного сорбента; полигон «Серебристый»; обезвреживание нефтезагрязненного сорбента на установке УЗГ-1М; Расчет выбросов загрязняющих веществ от установки УЗГ-1М; расчет выбросов загрязняющих веществ от сжигания топлива в установке УЗГ-1М; расчет выбросов оксидов азота; расчет выбросов оксидов серы; расчет выбросов оксидов углерода; расчет выбросов твердых частиц; расчет выбросов загрязняющих веществ от обезвреживания нефтесодержащих отходов в установке УЗГ-1М; расчет рассеивания загрязняющих веществ от установки УЗГ-1М; расчет максимальных приземных концентраций загрязняющих веществ; расчет расстояния, на котором наблюдается максимальная приземная концентрация; расчет опасной скорости ветра; расчет приземной концентрации вредных веществ в атмосфере на различных расстояниях от источника выброса; расчет приземной концентрации загрязняющих веществ с учетом фоновой концентрации вредных веществ в атмосфере; расчет приземной концентрации загрязняющих веществ в долях ПДК; расчет стоимости ликвидации нефтяного разлива; заключение, список использованных источников.

Перечень графического и иллюстрационного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

Лист 1: Схема ликвидации разлива дизельного топлива на почву (ч.1)

Лист 2: Схема ликвидации разлива дизельного топлива на почву (ч.2)

Лист 3: Принципиальная схема установки УЗГ-1М

Лист 4 : Результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере от установки УЗГ-1М

Лист 5: Результаты расчета стоимости ликвидации разлива дизельного топлива на почву

Руководитель

Р.Н. Крылышкин

подпись

Задание принял к исполнению

Е. И. Исаева

подпись

« » _____ 2019 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа	Срок выполнения
Сбор и анализ исходной литературы и документации	11.05.2019 – 23.06.2019
Постановка основной задачи, освоение расчетных методик	24.06.2019 – 28.06.2019
Выполнение расчетов, оформление результатов, составление выводов	29.06.2019 – 04.07.2019
Работа над нормативно-правовой базой, оформление расчетно-пояснительной записки	05.07.2019 – 07.07.2019
Графическое оформление чертежей	08.07.2019 – 11.07.2019
Оформление прочей документации	12.07.2019 – 15.07.2019

«__» _____ 2019 г.

Руководитель

подпись

Р. Н. Крылышкин

Задание принял к исполнению

подпись

Е. И Исаева

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка схемы ликвидации разливов нефтепродуктов на почву» содержит 95 страниц, включает 22 таблицы, 12 рисунков, 19 литературных источников и 5 листов графического материала.

АВАРИЙНЫЕ РАЗЛИВЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ, ГРУНТ, ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, ЛОКАЛИЗАЦИЯ, ЛИКВИДАЦИЯ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ, РАСЧЕТ РАССЕЙВАНИЯ, РАСЧЕТ СТОИМОСТИ.

Объект исследования: разлив нефтепродукта на почву.

Цели работы: разработка эффективной схемы ликвидации разлива нефтепродуктов на почву при заданных условиях.

В результате выполнения ВКР была разработана схема ликвидации разлива нефтепродуктов на почву.

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка схемы ликвидации разливов нефтепродуктов на почву» выполнена на 95 страницах, включает 22 таблицы, 12 рисунков, 19 литературных источников и 5 листов графического материала.

Целью работы является разработка схемы ликвидации аварийного разлива нефтепродуктов на почву при заданных условиях.

Во введении раскрывается актуальность бакалаврской работы по выбранному направлению, ставится проблема, цель и задачи.

В первой главе описаны общие сведения об аварийных разливах нефтепродуктов на почве.

Во второй главе рассказывается о существующих методах локализации и ликвидации разливов нефтепродуктов на почву.

В третьей главе описана схема ликвидации разлива нефтепродуктов для заданных условий.

В четвертой главе производится расчет выбросов загрязняющих веществ, образующихся при обезвреживании нефтесодержащих отходов.

В пятой главе производится расчет рассеивания загрязняющих веществ.

В шестой главе производится расчет стоимости ликвидации разлива нефтепродуктов по предложенной схеме.

В заключении сформированы основные заключения по выпускной квалификационной работе.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	11
1 Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов на почве. Общие сведения	13
1.1 Нефть. Общие сведения.....	13
1.1.1 Свойства нефти	14
1.2 Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов.....	16
1.3 Последствия загрязнения почвы нефтепродуктами	18
2 Методы локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на почве	23
2.1 Локализация разливов нефтепродуктов.....	23
2.1.1 Ограждения для предотвращения растекания нефти.....	24
2.1.2 Контролируемое сжигание.....	24
2.1.3 Локализация разливов с помощью сорбентов	25
2.2 Методы ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.....	27
2.2.1 Биологические методы	28
2.2.1.1 Фиторемедиация	29
2.2.1.2 Биодегградация.....	30
2.2.1.3 Биовентилирование	31
2.2.1.4 Естественное разложение	31
2.2.2 Физико-химические методы	32
2.2.2.1 Стабилизация и отвердевание	32
2.2.2.2 Электрокинетическая очистка грунтов	34
2.2.2.3 Промывка почвы	35
2.2.2.4 Экстракция грунта	35
2.2.2.5 Использование сорбентов	36
2.2.3 Термические методы.....	41
2.2.3.1 Витрификация	42
2.2.3.2 Сжигание	42
2.2.3.3 Газификация	42

2.2.3.4 Пиролиз.....	43
2.2.4 Комбинированные методы.....	43
3. Разработка схемы ликвидации разлива нефтепродуктов на почве.....	45
3.1 Условия разлива	45
3.1.1 Дизельное топливо.....	45
3.2 Схема ликвидации разлива нефтепродуктов на почве.....	47
3.2.1 Подпорная стенка ПС-0,75.....	47
3.2.2 Сорбент «Унисорб»	48
3.2.3 Одноковшовый погрузчик В-138	52
3.2.4 Транспортировка нефтезагрязненного сорбента	53
3.2.5 Полигон «Серебристый»	54
3.2.6 Обезвреживание нефтезагрязненного сорбента на установке УЗГ-1М.....	55
4 Расчет выбросов загрязняющих веществ от установки УЗГ-1М	59
4.1 Расчет выбросов загрязняющих веществ от сжигания топлива в установке УЗГ-1М.....	59
4.1.1 Расчет выбросов оксидов азота	59
4.1.2 Расчет выбросов оксидов серы	62
4.1.3 Расчет выбросов оксидов углерода	63
4.1.4 Расчет выбросов твердых частиц	64
4.2 Расчет выбросов загрязняющих веществ от обезвреживания нефтедержащих отходов в установке УЗГ-1М.....	65
4.2.1 Расчет выбросов оксидов азота	65
4.2.2 Расчет выбросов оксидов серы	68
4.2.3 Расчет выбросов оксидов углерода	68
4.2.4 Расчет выбросов твердых частиц	69
5 Расчет рассеивания загрязняющих веществ от установки УЗГ-1М	71
5.1 Расчет максимальных приземных концентраций загрязняющих веществ	71
5.2 Расчет расстояния, на котором наблюдается максимальная приземная концентрация	75

5.3 Расчет опасной скорости ветра.....	76
5.4 Расчет приземной концентрации вредных веществ в атмосфере на различных расстояниях от источника выброса.....	77
5.5 Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ с учетом фоновой концентрация вредных веществ в атмосфере.....	80
5.6 Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ в долях ПДК...	84
6. Расчет стоимости ликвидации нефтяного разлива.....	89
Заключение	91
Список использованных источников	93

ВВЕДЕНИЕ

На данном этапе развития человечества одними из самых ценных ресурсов являются энергетические. С древнейших времен люди совершенствовали способы получения энергии, для достижения максимальной эффективности их использования. Сейчас, главными энергетическими ресурсами являются: природный газ, каменный уголь и нефть. Нефть – является самым ценным и незаменимым ресурсом.

Россия входит в число ведущих стран по добычи и переработки нефтепродуктов. На 2018 год количество запасов нефти на территории России оценивается в 106,2 млрд. барр., что соответствует 15 млрд. т. Красноярский край входит в число лидирующих регионов по добыче нефти в России, и занимает третье место. За 2018 год в России было добыто 547,5 млн. т., из них 25 млн. т. пришлось на Красноярский край.

С каждым годом способы добычи и переработки нефти совершенствуются, что позволяет странам добывать большее количество сырья. Развитие нефтяного комплекса несет за собой колоссальную нагрузку на окружающую природную среду, в которую входит формирование антропогенных геологических процессов, уничтожение растительного и почвенного покрова, а также химическое и биологическое загрязнение окружающей среды. Одной из приоритетных проблем в этой сфере являются аварийные разливы нефтепродуктов.

Аварийные разливы нефтепродуктов происходят при добыче, хранении, транспортировке и эксплуатации топлива в результате несоблюдения техники безопасности, износа оборудования, стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций. Территория разлива подвергается негативному воздействию, в результате которого наблюдается не только загрязнение окружающей среды, но и вымирание многих представителей флоры и фауны. Для полного восстановления таких территорий требуется продолжительное время, которое нередко составляет несколько десятков лет.

Одним из самых крупных разливов нефтепродуктов на территории России является авария на нефтепроводе «Коминнефть». Авария произошла в 1994 году в Усинском районе Республики Коми, в результате появления свищей (небольших дырочек). По некоторым данным в окружающую среду разлилось около 576000 барр. нефти. В результате разлива, жители окрестных поселений потерпели значительные убытки. В результате резкого ухудшения состояния окружающей среды ведение сельского хозяйства, животноводства и рыболовного промысла стало почти невозможным. Также, отмечалось повышение заболеваемости среди населения.

Каждый год в России происходит до 10 тысяч аварий, связанных с разливом нефтепродуктов. При ликвидации разливов нефтепродуктов большую роль играет время реагирования, выбранный способ ликвидации, эффективность используемого оборудования и количество используемых ресурсов. Правильно разработанная схема ликвидации поможет предотвратить растекание нефти в короткие сроки, а также снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка эффективной схемы ликвидации разлива нефтепродуктов на почву при заданных условиях.

Задачами выпускной квалификационной работы являются:

- Изучение общих сведений и методов локализации и ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов на почву.
- Расчет выбросов загрязняющих веществ при обезвреживании нефтесодержащих отходов.
- Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере от обезвреживания нефтесодержащих отходов.
- Расчет стоимости работ по ликвидации разлива нефтепродукта.

1 Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов на почве. Общие сведения

Нефть является одним из самых ценных полезных ископаемых на Земле. В наше время, из нее получают до 7000 наименований продукции, которые играют важную роль в формировании топливно-энергетического потенциала страны.

Керосин, бензин, дизельное топливо – самые известные продукты переработки нефти, с которыми мы сталкиваемся в повседневной жизни. Именно эта повсеместность делает нефть одним из самых опасных загрязнителей окружающей среды.

1.1 Нефть. Общие сведения

Нефть представляет собой вязкую, маслянистую жидкость со специфическим запахом. Она практически нерастворима в воде. При взаимодействии с водой нефть способна образовывать стойкие эмульсии. Глубина залегания нефти составляет от нескольких десятков метров до 5-6 км.

В зависимости от месторождения нефть имеет различный цвет: от почти прозрачного (белого) до черного. Например, в самом старинном нефтедобывающем районе – Баку, нефть имеет вишнево – красный цвет. Тогда, как в селе Марково Иркутской области, нефть прозрачная. Такая разница в цвете обусловлена различным количественным и качественным составом. Окраску нефти придают смолы и асфальтены, которые содержатся в ней. Смолы обладают большой интенсивностью окрашивания и красящей способностью [1].

К основным элементам, входящим в химический состав нефти относятся углерод (до 87 %) и водород (до 14%). Остальные доли процентов делят между собой сера, азот, кислород и незначительные примеси минеральных соединений и тяжелых металлов.

В зависимости от содержания серы, нефти подразделяют на малосернистые (менее 0,2 %), сернистые (0,2 – 2 %) и высокосернистые (более 2

%). Большое содержание серы в химическом составе нефти ухудшает ее качество. Что ведет к осложнению переработки, подготовки и транспортировки нефти.

В зависимости от плотности, нефти подразделяют на легкие (плотность менее 850 кг/м^3), средние (плотность от 850 кг/м^3 до 885 кг/м^3) и тяжелые (плотность более 850 кг/м^3) [2].

1.1.1 Свойства нефти

Физико-химические свойства нефти зависят от преимущественного содержания того или иного класса углеводородов. В нефти содержатся парафиновые (30-35%), нафтеновые (25-75%) и ароматические (10-20%) углеводороды. Исходя из этого, нефть может быть парафиновой, нафтеновой или ароматической.

Вязкость – это показатель текучести материалов. Она является важной характеристикой эксплуатационных свойств топлив и других нефтепродуктов. Масштабы перемещения нефти в природных условиях определяют при помощи вязкости. Эта характеристика также важна при определении качества масляных фракций, которые получают при переработке нефти. По значению вязкости можно судить о возможности распыления и перекачивания нефтепродуктов при транспортировке нефти по трубопроводам.

Любая жидкость способна изменять свою форму под действием внешних сил. Это одна из наиболее характерных ее особенностей. Такое свойство жидкости объясняется скольжением ее молекул относительно друг друга. Вязкость – это способность сопротивляться взаимному перемещению частиц жидкости, которое вызвано действием приложенной силы.

Среди различных групп нефтей наибольшую вязкость имеют нафтеновые нефти, а наименьшую - парафиновые. Вязкость нефтяных фракций пропорциональна температуре кипения: чем выше вязкость, тем выше

температура кипения. Также, при понижении температуры, вязкость нефтепродуктов увеличивается.

Поверхностное натяжение – это работа, которую нужно произвести, чтобы увеличить свободную поверхность жидкости на 1 см^2 , не меняя ее температуры. Другими словами, поверхностное натяжение – это результат действия молекулярных сил. У разных веществ различные молекулярные силы. Например, молекулярные силы сцепления между водой и породой больше, чем между породой и нефтью. Это означает вытеснение нефти водой из мелких пустот породы в более крупные, что может привести к миграции нефти в грунте. Поверхностное натяжение жидкости можно изменить, если добавить к ней поверхностно-активные вещества.

Одно из главных свойств нефти – это способность гореть и выделять тепловую энергию. Нефть имеет наибольшую теплотворную способность из всех горючих ископаемых. Основными параметрами, характеризующие свойства нефти являются температуры вспышки и температура застывания.

Температура вспышки – это самая низкая температура, при которой нефтепродукт выделяет такое количество паров, которое образует с окружающим воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении к ней источника зажигания. Максимальная температура, при которой продукт при поднесении пламени загорается и продолжает гореть в течении некоторого времени, называется температурой воспламенения.

Температура застывания - это самая низкая температура, при которой масло ещё не обладает способностью течь. Высокозастывающие нефти имеют сложности в транспортировании их по трубопроводу и в железнодорожных цистернах.

Температура застывания нефти определяется лабораторным способом. За это значение принимают температуру, при которой налитый в стандартную пробирку нефтепродукт застывает так, что, если наклонить пробирку на 45° градусов, уровень жидкости останется неизменным в течении одной минуты.

Отсюда, сформировалось такое понятие, как предел подвижности. Это температура, при которой нефтепродукт сохраняет подвижность и способен вытекать из стандартного сосуда [3].

1.2 Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов

Объекты нефтедобывающей промышленности относятся к опасным производственным объектам, а в случае аварии могут представлять серьезную угрозу для человека и окружающей природной среды. Разливы и утечки нефтепродуктов неизбежны при их добыче, транспортировке и хранении. К числу основных причин роста количества аварийных разливов нефти относят:

- Высокий уровень износа производственных фондов.
- Зачастую низкое качество проектной документации.
- Недостаток инженерно-производственной культуры.
- Отсутствие договоров на обслуживание с профессиональными аварийно-спасательными формированиями.

Кроме того, как и во многих ситуациях, связанных с необходимостью финансирования природоохранных мероприятий, значительный рост количества аварий связан с недостаточным выделением средств на их предупреждение.

Недостаточно высокий уровень подготовки проектной документации и планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН) и продуктов обуславливает длительные сроки их утверждения, и, как следствие, общее ухудшение инвестиционного климата в топливно-энергетическом комплексе.

Таблица 1 – Классификация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов

Масштаб разлива	Значение
1	2
Локальный	Разлив до 100 т нефти и нефтепродуктов на территории объекта

Окончание таблицы 1

1	2
Муниципальный	Разлив от 500 до 1000 т нефти и нефтепродуктов в пределах административной границы города (района) либо до 100 т нефти и нефтепродуктов, выходящих за пределы объекта
Территориальный	Разлив от 500 до 1000 т нефти и нефтепродуктов в пределах республики либо разлив от 100 до 500 т нефти и нефтепродуктов за пределы административной границы города (района)
Региональный	Разлив от 1000 до 5000 т нефти и нефтепродуктов либо разлив от 500 до 1000 т нефти и нефтепродуктов, входящих за пределы административной границы республики
Федеральный	Разлив свыше 5000 т нефти и нефтепродуктов либо разлив любого объема, выходящий за пределы государственной границы РФ, а также разлив нефти и нефтепродуктов, поступающий с территории сопредельных государств (трансграничного значения)

Аварийно-спасательное формирование – это самостоятельная или входящая в состав аварийно-спасательной службы структура, предназначенная для проведения аварийно-спасательных работ,

Различают три вида аварийно-спасательных формирований: профессиональные, нештатные и общественные.

Профессиональные аварийно-спасательные формирования создаются на постоянной штатной основе: в организациях, в которых при осуществлении той или иной хозяйственной деятельности, в соответствии с Законодательством Российской Федерации, необходимо наличие штатных аварийно-спасательных формирований; в органах местного самоуправления.

Нештатные аварийно-спасательные формирования создаются организациями из числа своих работников в обязательном порядке в соответствии с Законодательством Российской Федерации или по заключению администрации организации.

Общественные аварийно-спасательные формирования создаются общественными объединениями, с целью, участия в проведении работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций [4].

1.3 Последствия загрязнения почвы нефтепродуктами

Аварийные разливы нефтепродуктов на грунт несут за собой значительные негативные последствия. Загрязнение почвы нефтью оказывает влияние на состояние почвы в целом, растения и животных, обитавших на территории разлива. Человек также подвергается отрицательному влиянию разливов.

Почва – верхний слой горных пород, отличающийся тесным сочетанием неорганических и минеральных веществ с органическими. Попадание нефтепродуктов на грунт представляет собой следующую последовательность процессов. В первую очередь, нефть растекается по поверхности грунта. Далее происходит испарение углеводородов легких фракций в атмосферный воздух. Вместе с этим, тяжелые фракции нефти сорбируется в глубь грунта [5].

Таблица 2 - Формы содержания нефти и нефтепродуктов в почве

Структура пористой среды	Форма содержания нефтепродуктов
Пористая среда	Парообразное и жидкое легкоподвижное состояние, в свободной или растворенной водной или водно-эмульсионной фазе
Пористая среда и трещины	Свободное неподвижное состояние. Играет роль вязкого цемента между частицами и агрегатами почвы. В сорбированном состоянии на частицах горной породы или почвы
Поверхностный слой почвы	Плотная органо-минеральная пленка

Существует два уровня загрязнения почвенного покрова продуктами нефтедобычи: умеренное и сильное. В первом случае, нейтрализация загрязнения длится в течении пяти лет. Происходит это в результате процесса

самоочищения почвы. В случае умеренного загрязнения достаточно проведения санитарно-гигиенических мер, без проведения дополнительных специальных мероприятий. При сильном загрязнении ликвидация последствий происходит в течении длительного времени. Проведение интенсивных агротехнических воздействий на почву способствует ускорению процессов восстановления.

Почва, загрязненная нефтепродуктами, приобретает следующие морфологические признаки:

- Гумусовый или пахотный горизонт приобретает более темную окраску в сравнении с окружающими почвами. В зависимости от степени загрязнения его цвет может изменяться от серого до смолисто-черного.

- Происходит улучшение структуры гумусового и пахотного горизонтов – пылеватая и комковато-пылеватая становится комковатой. Такой эффект нефти связан с тем, что она склеивает механические элементы почв между собой.

- Резко возрастает водопрочность агрегатов, так как нефть имеет четко выраженные гидрофобные свойства.

- По всему профилю просматриваются расплывшиеся темно-серые или черноватые пятна нефти или продуктов ее разложения.

- Отмечается повышенная влажность почвенного горизонта, появляются признаки оглеения в виде сизых и ржавых пятен различной формы и размера, реже чёрных точечных пятнышек.

- Почва приобретает характерный запах нефти, который держится первые 1-2 года.

- Растительный покров загрязненной почвы сильно изреживается, резко обедняется его видовой состав, часто он полностью отсутствует.

Загрязнения почвы нефтепродуктами несет за собой непоправимые изменения. К таким изменениям относятся: битуминизация, цементация и гудронизация почвенного покрова. В результате такого воздействия могут возникать следующие нежелательные процессы: эрозия почв, деградация и

криогенез. Физико-механические и фильтрационные свойства грунта также претерпевают изменения [6].

Таблица 3 - Классификация загрязненности почвы по глубине проникновения нефтепродукта

Уровень загрязнения	Глубина проникновения нефти, м	Классификация загрязнения
1	Менее 0,15	Поверхностное замазучивание
2	0,15 - 0,30	Мелкопрофильное замазучивание
3	0,30 - 0,60	Среднепрофильное замазучивание
4	Более 0,60	Глубокопрофильное замазучивание

Абсолютно все элементы, которые входят в состав нефти и нефтепродуктов имеют высокую токсичность. В результате просачивания нефтепродуктов через почвенный покров происходит изменение структуры грунта, его химического состава и свойств. Гумусовый слой прежде всего подвержен влиянию нефтяных загрязнений. Внезапное повышение числа углеводородов в почве делает ее непригодной для растительности. Избыток углеродосодержащих соединений приводит к нарушению нормального соотношения углерода к другим элементам, что приводит к их недостатку. Гидрофобные свойства нефти способствуют образованию так называемых гидрофобных пленок вокруг почвенных агрегатов, что затрудняют поступление влаги к корневой системе растений. В результате чего последние претерпевают физиологические изменения: наблюдается суховершинность деревьев и кустарников, повреждение листьев и хвои, а также отслаивание коры. При значительном загрязнении наблюдается изреживание растительности, а также ее гибель на больших территориях.

При загрязнении почвы нефтепродуктами, происходит заполнение нефтью различных трещин и пор грунтов, что приводит к вытеснению почвенного воздуха. В результате, в почвенном покрове происходит нарушение

кислородного режима, а также окислительно-восстановительных процессов. Затрудненный воздухообмен является благоприятным условием для протекания глеевых процессов в почве.

Почвенный покров является местом обитания большого количества животных. Больше всего нефтяному загрязнению подвержена почвенная мезофауна, состоящая преимущественно из беспозвоночных и членистоногих животных. Основными представителями являются дождевые черви, ногохвостки, микроскопические клещи, мокрицы, муравьи и личинки двукрылых.

Один квадратный метр почвы населяют десятки дождевых червей и миллионы микроскопических беспозвоночных. Все почвенные микроорганизмы участвуют в переработке органических остатков, что ускоряет круговорот веществ почвенного покрова. Также они принимают участие в структурировании грунта. Это происходит за счет рыхления почвенной массы, перемешивание ее с органическими остатками и склеивании отдельных частичек грунта между собой.

Нефтяные загрязнения способствуют сокращению популяции отдельных видов почвенной мезофауны, а в некоторых случаях их полному вымиранию. Крупные беспозвоночные, к которым относятся черви и насекомые, погибают в первую очередь. Членистоногие более устойчивые, но также испытывают сильное угнетение, особенно в молодом возрасте. В течении нескольких часов после контакта с загрязненной почвой погибают и взрослые особи.

Почвенная фауна подвергается негативному воздействию нефтяного загрязнения по следующим причинам:

- Контакт загрязненной среды с живыми тканями животных оказывает смертельное для них воздействие.
- Поедание животными растений, расположенных на загрязнённых почвах.
- Сокращение места обитания животных, в результате уничтожения растительного покрова и нарушение круговорота питательных веществ.

- Ухудшение самой среды обитания вследствие нарушения кислородного режима почв.

Загрязнение почвенного покрова продуктами нефтедобычи несет вред здоровью человеку, а также его потомству. Токсичные вещества попадают в организм человека вместе с употреблением в пищу сельскохозяйственных продуктов, произрастающих на загрязненной территории. Потребление загрязненных продуктов может привести к нарушению нервной, сердечно-сосудистой, иммунной, а также желудочно-кишечной и кровеносной систем организма [7].

2 Методы локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на почве

2.1 Локализация разливов нефтепродуктов

В результате аварийного разлива нефтепродуктов, загрязнение несет залповую нагрузку на окружающую природную среду, что вызывает быструю ответную реакцию.

Задачи локализации разлива нефти на грунт:

- Предотвратить распространение нефти по поверхности грунта.
- Ограничить попадание нефти в водотоки, а также грунтовые воды.
- Дегазация места разлива. Производится для перехода к следующим действиям по ликвидации разлива.
- Подготовить нефтепродукт к сбору.

При аварийном разливе нефти на грунт необходимо определить количество разлившейся нефти, ее тип, состав и свойства; установить масштаб разлива. После этого, осуществляется прогноз о перемещении и изменении нефти при попадании на поверхность. На конечном этапе проводится анализ состояния окружающей среды, для выбора соответствующих природоохранных мероприятий.

Легкие нефти испаряются достаточно быстро, но ввиду своей высокой токсичности они легко проникают через почву в грунтовые воды. Тяжелые нефти обладают более низкой токсичностью. При загрязнении они оказывают долговременное воздействие на окружающую природную среду.

В свою очередь, проницаемость грунта характеризует чувствительность окружающей среды к нефтяным разливам. Последовательность типов грунтов в порядке увеличения их восприимчивости к нефтяным загрязнениям следующий:

- Непроницаемые (скальные породы, антропогенные твердые материалы, лед).

- Проницаемые (глинисто-илистые породы грунта, мелкозернистый и среднезернистый песок, крупнозернистый песок, валуны и щебень, снег, болотные грунты).

Выбор метода локализации разливов нефтепродуктов выбирают исходя из типа грунта, периода года, месторасположения и доступности загрязненного объекта. Обычно, локализацию осуществляют с использованием лопат, землеройной техники, грузовых автомобилей, материалов для сооружения обваловки, сорбентов, сооружают бермы, дамбы, барьеры и траншеи [8], [9].

2.1.1 Ограждения для предотвращения растекания нефти

Традиционным методом локализации нефтяных загрязнений являются ограждения. Самый простой вид ограждений изготавливают из грунта или глины, закрепленных цементом. Другие представлены в виде специальных сооружений или противодиффузионных гибких прокладок.

Все ограждения можно разделить на две большие группы:

- Ограждения, ограничивающие растекание нефти и нефтепродуктов по поверхности (насыпи, подпорные стенки, перехватывающие траншеи, заграждения из сорбирующих материалов).

- Ограждения, ограничивающие попадание нефти и нефтепродуктов в грунтовые воды (биополимерные мембраны, стена в грунте).

2.1.2 Контролируемое сжигание

Локализация разливов нефти методом сжигания используется очень редко, только когда невозможно и нецелесообразно применять другие методы. Это обусловлено тем, что процесс сжигания сам по себе является неэкологичным и дорогостоящим.

Данный метод применяется в районах, где риск распространения пожара очень мал. Такими областями могут стать льды, скальные породы или гравий,

береговые линии, болота и тундра. В зависимости от масштаба разлива, сжигание может проводиться по всей территории сразу, или по очереди в отдельных ее частях. В Российской Федерации для того, чтобы реализовать данный метод необходимо получить специальное разрешение органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации.

Применение сжигания в качестве метода локализации снижает отрицательное воздействие от использования механических средств, а также снижает затраты на транспортировку и размещение нефтезагрязненных отходов. В некоторых случаях использование данного метода является более эффективным, чем использование методов очистки.

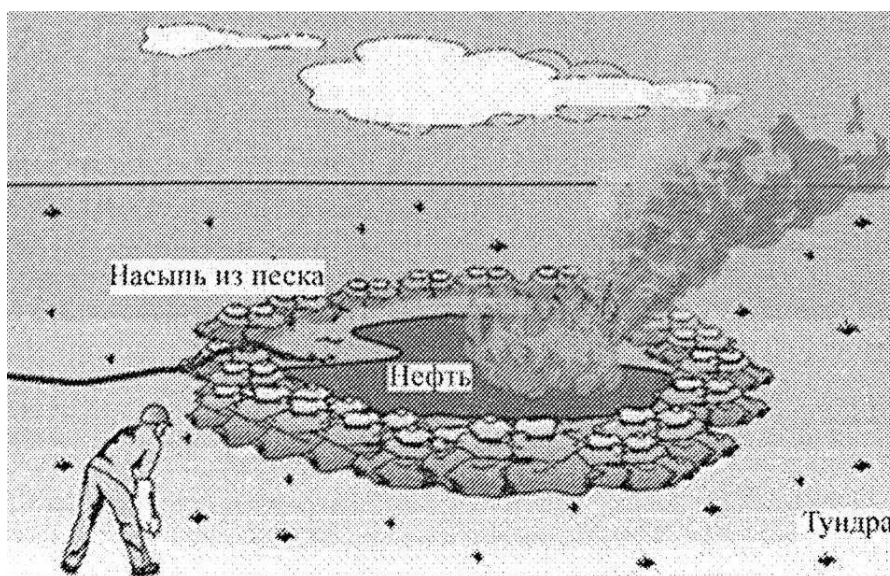


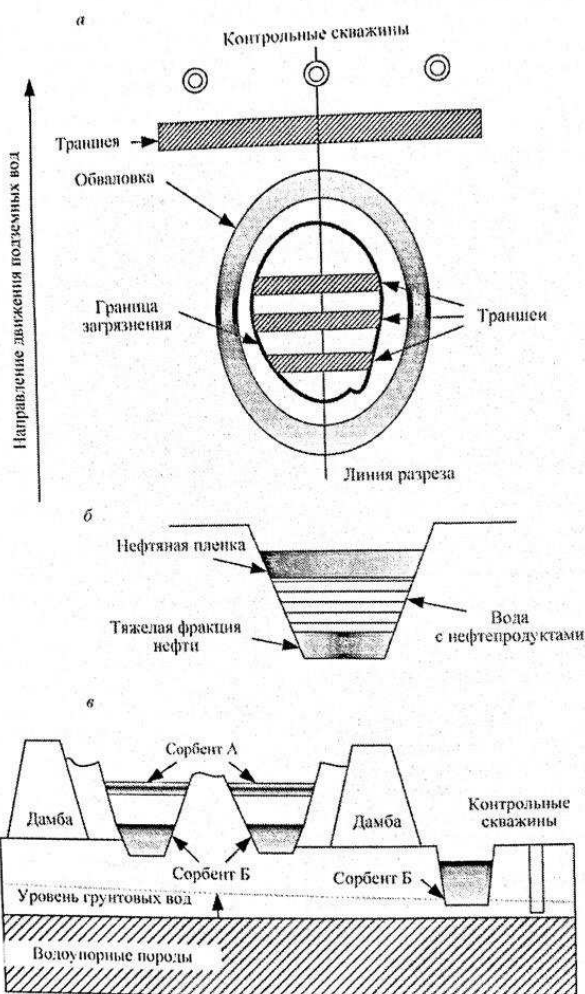
Рисунок 1 – Локализация разлива нефти на грунте методом сжигания

2.1.3 Локализация разливов с помощью сорбентов

Существуют два вида работ по локализации нефтяных загрязнений при помощи сорбентов: предотвращение загрязнения нефтью грунтовых вод; дегазация участка.

Для предотвращения загрязнения грунтовых вод вокруг территории разлива сооружают обваловки. Далее, на загрязненной территории вырываются

специальные траншеи, которые заполняются двумя видами сорбентов: плавучими и неплавучими. Спустя некоторое время траншеи заполняются нефтью и водой, которая представляет собой осадки и талые воды. Неплавучий сорбент фильтрует загрязненную воду, тем самым очищая ее, а плавучий сорбент собирает нефтяную пленку, образовавшуюся на поверхности воды. После очистки сорбент собирают и отправляют на дальнейшую утилизацию. Существует вероятность просачивания части нефтепродуктов через тело дамбы. Поэтому, за пределами обваловки разрабатывают дополнительную траншею по направлению движения грунтовых вод. Траншею засыпают сорбентом.



а) вид в плане; б) траншея в разрезе; в) площадка в разрезе

Рисунок 2 – Возможная защита подземных вод от загрязнения нефтепродуктами

Для дегазации участка вокруг места разлива строится ограждение. Далее, площадь разлива обрабатывают водопенным составом, поливают водой и обрабатывают негорючим сорбентом. Через некоторое время сорбент собирают и отправляют на утилизацию.

Метод локализации при помощи сорбентов экономичен, прост в применении и не требует наличие сложного оборудования.

2.2 Методы ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов

К ликвидации разлива продуктов нефтедобычи приступают после его локализации. При этом необходимо учитывать структуру пористой среды и форму содержания нефтепродуктов в ней.

Грунты считаются загрязнёнными нефтью и нефтепродуктами в том случае, если их концентрация достигает такого наименьшего значения, при котором наблюдается: оскуднение и деградация растительности на территории загрязнения; снижение плодovitости сельскохозяйственных угодий; нарушение естественного баланса в почвенном биоценозе; возникновение стремительно растущей растительности нескольких видов, которая угнетает остальные; торможение жизненных процессов почвенной мезофауны; снижение видового разнообразия; изменение структуры и свойств почвы; увеличение содержания углеводов в почвенном покрове; вымывание нефти и нефтепродуктов из почв в подземные и поверхностные воды.

Таблица 4 - Классификация почв по степени их загрязнения

Классификация почвы	Значение
Сильнозагрязненная	Повышение ПДК в несколько раз, существенные изменения физико-механических и биологических характеристик
Среднезагрязнённая	Превышение ПДК без видимых изменений состава почвы
Слабозагрязненная	Содержание химических веществ не превышает ПДК, но выше естественного фона

Известны такие технологии ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов как *in situ* и *ex situ*.

Технология *ex situ* подразумевает обработку загрязненного грунта на некотором расстоянии от места разлива. Это подразумевает непосредственное извлечение загрязненного почвенного слоя и перемещение его на специально подготовленные полигоны. При использовании такой технологии следует учитывать, что извлечение грунта может нарушать структурность почвенного покрова, а также изменять течение грунтовых вод. При транспортировке загрязненного грунта личный состав может быть подвергнут его токсическому воздействию.

С другой стороны, обезвреживание загрязненного грунта на расстоянии от места разлива позволяет применять усложненные способы обработки, которые являются не только более результативными и быстродействующими, но и более безопасными, по отношению к поверхностным и грунтовым водам, животным, растительности и местным жителям.

Технология *in situ* применяется на месте загрязнения, что является ее бесспорным преимуществом.

При выборе и применении той или иной технологии особое внимание обращают на качество обрабатываемой поверхности, экологические и гидрометеорологические особенности территории, географическое местоположение разлива, а также наличие особо охраняемых территорий вблизи загрязнения.

Среди существующих методов ликвидации загрязнений почвы нефтью и нефтепродуктами наибольшее распространение получили следующие: биологические, физико-химические, термические и комбинированные.

2.2.1 Биологические методы

Биологические методы основаны на процессе биологической обработки, посредством которого загрязняющие вещества, попавшие в почву, разлагаются

или трансформируются в безвредные субстанции, такие как диоксид углерода, вода, жирные кислоты и биомасса.

Преимущества методов:

- Очищение большой гаммы органических веществ.
- Широкая область применения.
- Достижение низкого остаточного содержания загрязняющих веществ.
- Низкая стоимость ликвидации разливов нефти.

Недостатки методов:

- Невозможность применения для ликвидации неорганических веществ.
- Низкая скорость ликвидации разлива.
- Требовательность к характеристикам места применения и необходимость использования на всей территории разлива.

2.2.1.1 Фиторемедиация

Фиторемедиация – это метод ликвидации нефтяных загрязнений, который основан на засеве загрязненной территории растениями, устойчивыми к нефтяным загрязнениям. Они не только ускоряют процессы распада, происходящие в почвенном покрове, но также удаляют из грунта загрязняющие вещества. Данный метод является самым дешевым и не требует сложного технического обслуживания.

Таблица 5 - Наиболее перспективные нефтестойкие растения

Семейство	Виды
1	2
Злаки	Ежа борная, полевица белая, тимофеевка луговая, лисохвост короткоостный, овсяница луговая, овсяница красная, кострец безостный, кострец прямой, бекмания восточная, волоснец сибирский, мятлик высокогорный, луговик северный

Окончание таблицы 5

1	2
Бобовые растения	Люпин многолетний, лядвенец рогатый, клевер шведский, клевер луговой, клевер ползучий, люцерна, эспарцет
Дикорастущие виды местной флоры	Пырей ползучий, вейник наземный, канареечник тростниковидный, частуха подорожниковая, рогоз широколистный, хвощ лесной, осока, ситник жабий
Сорные растения	Щавель конский, марь белая, сурепка обыкновенная, лебеда копьевидная, клоповник сорный, щирица обыкновенная
Древесные растения	Береза, осина, сосна, тополь, ива, кедр

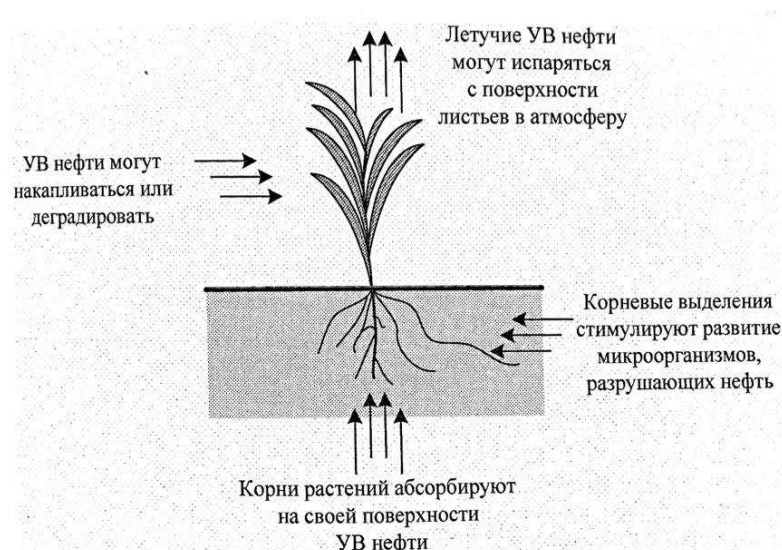


Рисунок 3 – Основные механизмы фиторемедиации почвы, загрязненной нефтью или нефтепродуктами

2.2.1.2 Биодegradация

Метод заключается в:

- Перемешивании органических отходов с кислородом, с целью возбуждения микроорганизмов, использующих эти отходы в качестве пищи.

- Внесение в почвенный покров некоторых видов микроорганизмов, ускоряющих процесс разложения.

С целью активизации почвенной микрофлоры используют следующие методы: механическое перемешивание; соблюдение температурного режима; использование электрического тока; ультразвуковое разрушение крупных почвенных агрегатов на более мелкие; добавление минеральных удобрений, поверхностно-активных веществ, отходов целлюлозосодержащих и сточных вод с ферм.

2.2.1.3 Биовентиляция

Данный метод ликвидации нефтяных загрязнений используется в песчаных грунтах или в грунтах, содержащих крупные фракции. В загрязненной почве просверливают скважины для принудительного вентилирования. Это способствует увеличению скорости процессов биоразложения. Иногда данный метод используют в совокупности с откачкой грунтовых испарений. В этом случае часть скважин используется для подачи воздуха, а другая часть для откачки испарений и очистке их от загрязняющих веществ.

2.2.1.4 Естественное разложение

Данный метод основан на способности почвы к самоочищению. Исследования показали, что углеводородные соединения могут трансформироваться в почве в три этапа. На первом этапе происходит физико-химическое разложение углеводородов. На втором этапе разрушаются низкомолекулярные углеводороды и смолистые вещества. На третьем этапе происходит трансформация высокомолекулярных соединений – смол, асфальтенов и полициклических углеводородов. Сложность естественного разложения заключается в постоянном мониторинге состояния окружающей среды до полной ее очистки. Большим недостатком данного метода является

длительность процесса полной очистки территории от нефтяного загрязнения до требуемого уровня.

2.2.2 Физико-химические методы

Физические методы характеризуются процессом массового переноса загрязняющих веществ, химические – изменением химической структуры загрязняющих веществ в результате химических реакций. При этом уменьшается токсичность загрязняющих веществ и улучшается их выведение из почвы. Физико-химические методы представляют собой комбинацию химической и физической обработки.

Преимущества физико-химических методов:

- Большая скорость ликвидации разлива.
- Возможность обработки достаточно большого спектра загрязняющих веществ.
- Небольшая стоимость ликвидации разлива.

Недостатки физико-химических методов:

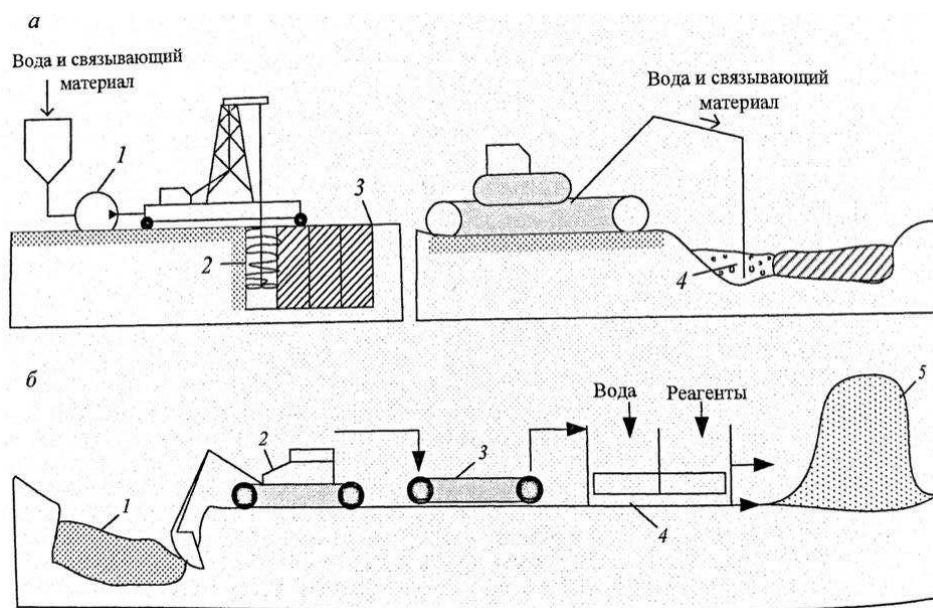
- Очень часто происходит простое перемешивание, вместо удаления загрязняющих веществ.
- Большое остаточное содержание загрязняющих веществ, что требует дополнительной обработки биологическим методом.
- Требовательность к условиям места применения и типам почв.

2.2.2.1 Стабилизация и отвердевание

Стабилизация – это процесс снижения враждебности загрязняющего вещества, в результате химических взаимодействий. Она обезвреживает опасные вещества и снижает способность растворяться в окружающей природной среде. Стабилизация предотвращает фильтрацию нефтяных загрязнений в грунтовые воды.

Отвердевание заключается в нанесении материалов с низкой проницаемостью на загрязняющее вещество. При этом загрязняющее вещество заключают в так называемую капсулу и формируют твердый материал. Это позволяет сдерживать загрязнитель и препятствовать его распространению. Затвердевание происходит в результате химического взаимодействия между загрязняющим веществом и скрепляющим реактивом.

Метод осуществляется следующим образом: нефтяное пятно или его границу покрывают слоем поверхностно-активных веществ. В результате, жидкость преобразуется в гелевую массу и затвердевает. В некоторых случаях загрязнитель превращается в единый монолит, который увозят на утилизацию или оставляют на месте.



- а) 1 – насос; 2 – буровая установка с эжектором; 3 – обработанный грунт;
 4 – перемешиватель; б) 1 – загрязненная порода; 2 – экскаватор; 3 – весовой дозатор; 4 – смеситель; 5 – отвал

Рисунок 4 – Метод стабилизации (отвердевания) в технологиях in situ (а) и ex situ (б)

2.2.2.2 Электрокинетическая очистка грунтов

Электрокинетические методы применяют для очистки глинистых и суглинистых почв от нефтяных загрязнений. Они основаны на физико-химических процессах, происходящих в почвенном покрове, под воздействием электрического поля. При использовании данного метода, к нефтезагрязненному грунту подносят электрическое поле. Далее на некотором расстоянии устанавливают электродные резервуары. Загрязняющие вещества, растворенные в воде, перемещаются в эти резервуары, откуда их извлекают и отправляют на последующую очистку. Основными методами электрокинетической очистки грунтов являются: электроосмос, электромиграцию и электрофорез.

Электроосмос – процесс движения жидкости в пористой среде под действием электрического тока. По этому методу жидкость, содержащая ионы перемещается относительно неподвижной заряженной поверхности частиц грунта, как в капиллярной поре, увлекая при этом загрязнения.

В процессе электромиграции происходит движение заряженных ионов в пористом растворе почв. При этом, ионы, которые заряжены различными знаками, передвигаются с разной скоростью. Самые подвижные ионы собираются около электрода с противоположным зарядом. Электромиграция не зависит от пористой структуры грунта, поэтому является основным методом массопереноса загрязнителя.

Электрофорез – это процесс, при котором в поровом растворе почв заряженные ионы передвигаются относительно незаряженного раствора. Данный метод неэффективен в грунтах с высокой плотностью и низкой проницаемостью

Реже используются следующие электрокинетические методы:

- Электрофлотация – удаление загрязняющих частиц из образующихся при электролизе пузырьков газа.
- Электрокоагуляция – слипание загрязненных частиц под действием электрического поля.

- Электродеструкция – разрушение загрязненных соединений на электродах с образованием нетоксичных веществ.

2.2.2.3 Промывка почвы

Промывка подразумевает создание дренажной сети на загрязненной территории с последующим ее затоплением. Данный процесс длится от одного года, до двух лет, при этом нефтезагрязненный грунт не очищается полностью. Организация дренажной сети помогает избежать растекания загрязняющих веществ за пределы территории загрязнения.

Для очистки почвы от растворимых солей загрязняющих веществ применяют подземное и поверхностное затопление выщелачивающими растворами. Применение данного метода может вызвать загрязнение почвенных горизонтов и подземных вод. Поэтому его применение возможно только в совокупности с другими физико-химическими методами.

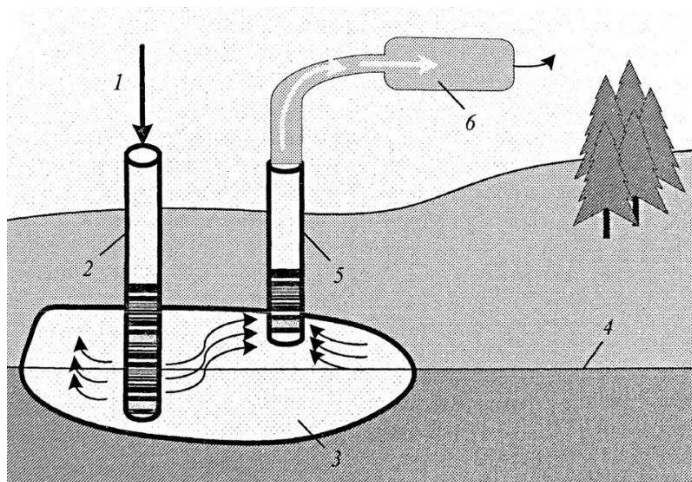
2.2.2.4 Экстракция грунта

Метод предназначен для применения в относительно пористых грунтах. Экстракция грунта – это процесс удаления углеводородов или летучих соединений посредством испарения загрязняющих веществ с почвенной поверхности. На территории загрязнения бурят шурфы, в которые подается горячий воздух, вода или пар. Летучие соединения, содержащиеся в почве, испаряются и поднимаются на поверхность, где попадает в системе очистки от загрязняющих веществ.

Данный метод позволяет очистить загрязненную территорию за 6 месяцев и не требует наличие сложного оборудования. Экстракция подходит для очистки поверхности от всех загрязняющих веществ способных к испарению.

Иногда, для очистки территории от нефтяных загрязнений, вместе с экстракцией грунта применяют ультразвуковую очистку. Ультразвук позволяет

удалять не только сами загрязнители, но и пленки, которые они образуют на поверхности [10].



1 – закачка воздуха; 2 – скважина закачки; 3 – загрязнение; 4 – уровень воды; 5 – скважина откачки; 6 – контроль загрязнения воздуха

Рисунок 5 – Метод экстракции

2.2.2.5 Использование сорбентов

Нефтяные сорбенты хорошо зарекомендовали себя не только, при ликвидации аварийных разливов нефти, но и при их локализации. Современная промышленность позволяет изготавливать сорбенты различных свойств, что позволяет использовать их при любых условиях разливов. Это способствует снижению трудоемкости работ и количества потраченного времени на ликвидацию разлива нефти.

Сорбентом называют материал, в объеме которого (или на поверхности) происходит накопление поглощаемого вещества. Вещество, которое удерживается сорбентом принято называть сорбатом.

Технология ликвидации разливов нефти при помощи сорбентов проста в применении и не требует наличия сложного оборудования. Нефтяной сорбент разбрасывают по загрязненной территории ручным или механизированным

способом. Через некоторое время, когда сорбент полностью впитает нефть или нефтепродукт, его собирают и отправляют на дальнейшую утилизацию.

Нефтяные сорбенты имеют довольно обширную классификацию. Обусловлено это большим количеством материалов, из которых производятся сорбенты. В зависимости от используемого материала, сорбенты имеют различные свойства и структуру, что позволяет классифицировать сорбенты по различным параметрам.

Все нефтяные сорбенты делятся по принципу действия на две большие группы: абсорбенты и адсорбенты.

Абсорбенты поглощают нефть всем своим объемом, посредством капилляров, расположенных на их поверхности. Адсорбенты поглощают нефть своей сильно развитой поверхностью. Явление адсорбции возникает в результате взаимного притяжения молекул нефти и адсорбента на границе раздела соприкасающихся фаз.

По используемому материалу нефтяные сорбенты делят на органические и неорганические. Органические сорбенты делятся на: каустобиолиты (уголь, графит, торф), природное сырье растительного и животного происхождения и отходы их переработки (шелуха зерновых, сено, мох, кора, опилки), органоминеральные сорбенты (сланцы, сапропель, нефтешламы) и синтетические сорбенты (полипропилен, полиуретан, тефлон). Неорганические сорбенты, в свою очередь, делятся на: естественные минералы и искусственные минералы. К первым относятся: дисперсный кремнеземы, цеолиты и слоистые силикаты. К искусственным минералам относят перлит, керамзит и силикагель. Другие различные классификации сорбентов представлены в таблицах 6 – 12 [11].

Таблица 6 - Классификация сорбентов по характеру смачивания

Гидрофильные	Безразличного смачивания	Гидрофобные
Статический угол смачивания < 90	Статический угол смачивания = 90	Статический угол смачивания > 90

Таблица 7 - Классификация сорбентов по дисперсности

Дисперсные		Формованные		
Мелкодисперсные	Крупнодисперсные	Волокнистые	Прессованные	Комбинированные
Порошки	Крошка Гранулы Хлопья	Тканые и нетканые рулонные материалы Салфетки, маты	Плиты	Сорбирующие бонны Подушки Маты с оболочкой из проницаемого материала

Таблица 8 - Классификация сорбентов по назначению

Наносимые на поверхность для удаления поверхностных загрязнений воды и почвы	Загружаемые в фильтры для удаления объемных загрязнений воды
Объемно-пористые Торфяные Волокнистые-природные	Полиакриламидное волокно Дисперсные кремнеземы Цеолиты Слоистые силикаты

Таблица 9 - Классификация сорбентов по плавучести

Высокой плавучести	Ограниченной плавучести	Неплавучие
Более 72 часов	3-72 часа	До 3 часов

Таблица 10 - Классификация сорбентов по структуре

Структура сорбента		
Закрытая	Открытая (глобулярная)	Волокнистая
Полистирольный гранулированный пенопласт Карабамидформальдегидная смола	Поролон Каучуковая крошка	Нетканый материал Синтепон

Таблица 11 - Классификация сорбентов по преимущественному способу регенерации и утилизации

Способы регенерации и последующей утилизации				
Отжим-сжигание	Отжим-захоронение	Обжиг-захоронение	Сжигание	Биоразложение
Хлопковые-волокнистые Синтетические-волокнистые	Объемно-пористые синтетические Графитовые	Кремнеземистые Слоисто-силикатные	Угольные Лигниновые	Природно-волокнистые Торфяные

Таблица 12 - Классификация сорбентов по специальным свойствам

Магнитные	Содержащие ПАВ диспергаторы нефти	Содержащие реагенты-сгустители и нефти	Содержащие микробиологические культуры для биоразложения нефти	Иные
«Сорбойл марки Б» Керамзит	Corexit-7664, ЭПН-5, ДН-75 на носителях	ДН-75 на носителе	Деворойл, Путидойл, Биокрин на биоразлагаемых носителях	Переменной плотности Ионнообменные

При выборе сорбента для тех или иных условий разлива учитывают следующие критерии:

- **Насыщение.** Этот критерий показывает, как быстро сорбент будет насыщаться нефтью. Нефть может быстро впитываться в сорбент, и когда количество нефти будет достигнуто критической точки, она начнет выливаться из сорбента обратно в среду, что ведет к повторному ее загрязнению. Поэтому, при заполнении сорбента нефтью, необходимо как можно скорее удалить его из среды.

- **Удерживание нефти.** Это способность сорбента удерживать собранную нефть. При извлечении сорбента нефть может вытекать обратно в среду. Это связано с тем, что сорбент может деформироваться, под воздействием внешних

сил. Сорбенты из органических материалов плохо удерживают нефть. Вытекание нефти зависит от структуры сорбента. Чем меньше его поры, тем лучше он удерживает нефть. Вытекание нефти зависит также от ее свойств. Более легкие нефтепродукты высвобождаются быстрее, как и менее вязкие.

- Прочность и долговечность. Нарушение надежности сорбента может привести к повторному загрязнению среды.

- Температура окружающей среды. Некоторые сорбенты способны терять свои сорбционные свойства при низких температурах.

- Стоимость. Стоимость сорбентов напрямую зависит от их эффективности. Органические сорбенты являются наиболее дешевыми, а синтетические самыми дорогими. При выборе наиболее подходящего сорбента стоит учитывать объемы разлива. Как правило, дешевые сорбенты необходимо использовать в большом количестве, так как их эффективность сравнительно мала. Синтетические сорбенты нужны в меньшем количестве, при этом их можно использовать повторно после обжаривания специальными отжимными катками.

Требования, предъявляемые к технологиям получения сорбентов:

- Высокая экологическая чистота, то есть при производстве сорбентов не должны накапливаться не утилизируемые отходы, для нейтрализации которых потребуются новые производители.

- Достаточная обеспеченность научными исследованиями.

- Гибкость, возможность получения сорбентов различных типов из однородного сырья и материалов.

- Минимальное использование дорогих и дефицитных реактивов, сырья и материалов, энергоресурсов.

- Использование в качестве сырья вторичных материальных ресурсов, ежегодно возобновляемых отходов сельского хозяйства, пищевой и микробиологической промышленности.

- Возможность органически вписываться в существующие промышленные инфраструктуры или являться их логическим продолжением.
- Низкая стоимость, что позволит перейти на одноразовое использование сорбентов.
- Относительная селективность и высокая емкость нефтепоглощения.
- Простота, надежность и технологичность использованных сорбентов при минимальных затратах.
- Ограниченность возврата сорбированных нефтепродуктов в круговорот веществ в природе [12], [13].

2.2.3 Термические методы

Термические методы призваны ускорить процессы разложения, дробления, сжигания и выпаривания загрязняющих веществ под воздействием тепла.

Преимущества методов:

- Применимы к неорганическим загрязняющим веществам.
- Возможность применения к затвердевшим субстанциям.
- Существенное уменьшение объема разлившихся загрязняющих веществ.

Недостатки методов:

- Довольно высокое остаточное содержание загрязняющих веществ, что требует дополнительной обработки другим методом.
- Зависимость эффективности от типа загрязняющих веществ.
- Достаточная высокая стоимость ликвидации разлива.
- Существенное изменение свойств обрабатываемых субстанций.

Термические методы по технологии *in situ* заключаются в основном в нагревании почвы для ее очистки. В пределах данной технологии применяют: термическую экстракцию; электромагнитный, жидкостный и токовый нагрев;

промывку почвы горячей водой или паром. Особым методом технологии *in situ* является витрификация грунта.

По технологии *ex situ* термические методы используются для обезвреживания и утилизации нефтесодержащих отходов на специальных полигонах. К таким методам относят сжигание, газификацию и пиролиз.

2.2.3.1 Витрификация

Витрификация (иначе остеклование) - это метод очистки грунта от нефтяных загрязнений при температуре 1600 - 2000°C . В процессе витрификации некоторая часть загрязнителей разрушается, а другая стабилизируется. Для нагревания почвы этим методом используют электрический ток, под действием которого грунт становится особенно прочным и менее подверженным выветриванию. После обработки почвы она приобретает микрокристаллическую структуру, а в грунте наблюдается наличие стеклянных включений.

2.2.3.2 Сжигание

Сжигание является самым распространенным и отработанным методом утилизации нефтезагрязненных отходов. Оно производится в различного рода печах и установках при температуре 1200 °С. Отходящие газы, образующиеся при сжигании нефтезагрязненных отходов, необходимо очищать от диоксида углерода, паров воды, оксидов азота, оксидов серы, аэрозолей, оксида углерода, бенз(а)пирена и диоксинов. Полученную при сжигании золу захоранивают на полигонах или используют при производстве цемента.

2.2.3.3 Газификация

Метод газификации обычно используется в металлургии в вихревых реакторах или в печах с кипящим слоем при 600 - 1100 °С в атмосфере

газифицирующего агента (воздуха, кислорода, водяного пара, диоксида углерода или их смеси). Переработка нефтесодержащих отходов проходит в два этапа. На первом этапе отходы становятся объектом паровоздушной газификации в сверхадиабатическом режиме горения. В процессе газификации образуются газы, содержащие углеводороды и другие загрязняющие вещества. На втором этапе эти отходящие газы сжигают в устройствах, предназначенных для получения тепловой или электрической энергии. Такими устройствами могут быть водогрейные и паровые котлы.

2.2.3.4 Пиролиз

Пиролиз представляет собой процесс разложения нефтесодержащих отходов в бескислородной среде. Данный метод проходит при температуре 600-800 °С с вакуумированием реактора. В процессе пиролиза проходят реакции коксообразования и смолообразования, а высокомолекулярные соединения разлагаются на низкомолекулярные.

2.2.4 Комбинированные методы

Ни один из методов ликвидации нефтяных загрязнений не является идеальным. Для получения наибольшей эффективности необходимо применять комбинированные методы ликвидации. На данный момент, одной из актуальных задач ликвидации аварийных разливов нефти, является создание оптимального сочетания методов очистки. комплексные методы.

Схемы ликвидации необходимо детализировать в зависимости от вида нефти или нефтепродукта, типа грунта и условий разлива. Особое внимание должно уделяться утилизации нефтесодержащих отходов и извлечение из них нефти и нефтепродуктов. Отходы необходимо временно складировать на специализированных полигонах. При этом, их необходимо утилизировать как можно быстрее, чтобы избежать вторичного загрязнения среды. Отходы могут

подвергаться промышленной переработке, вторичному использованию или конечному разложению до стадии нетоксичных соединений.

3. Разработка схемы ликвидации разлива нефтепродуктов на почве

3.1 Условия разлива

23 апреля, в 15 километрах от города Красноярска, в районе станции Овсянка, автоцистерна, наполненная дизельным топливом ДТЗ-К5, стала участником аварии, в результате которой произошло разрушение автоцистерны с последующим разливом нефтепродукта на грунт. Вместимость автоцистерны 35 м³. Грунт на месте аварийного разлива – крупный песок с примесью гравия.

В соответствии с [14] при разработке схемы ликвидации аварийного разлива нефти или нефтепродуктов учитывается максимально возможный объем разлившихся нефти и нефтепродуктов. Для автоцистерны принимается 100% ее объема.

3.1.1 Дизельное топливо

Дизельное топливо – вид нефтяного топлива, полученного в результате прямой перегонки нефти и отбора из нее газойлевых фракций. В нефтяной промышленности существует несколько видов дизельного топлива: Л – летнее (используется при температуре окружающего воздуха выше 0°С); З – зимнее (применяется при температуре окружающего воздуха от 0°С до -25°С); А – арктическое (при температуре окружающего воздуха до -50°С).

Дизельное топливо представляет собой прозрачную жидкость желтоватого цвета. По мере охлаждения, при достижении минусовой температуры из топлива начинают выпадать мельчайшие кристаллики парафина, которые входят в состав дизельных топлив. Кристаллы парафина настолько малы, что отдельно каждый из них невооружённым глазом не виден. Но кристалликов так много, что они в массе придают топливу мутный вид. При дальнейшем охлаждении помутневшего топлива количество выпавших микрокристаллов парафина оказывается настолько большим, что они образуют в топливе своеобразную

сетчатую структуру, подобную губке. При этом топливо теряет текучесть – застывает, и переходит из жидкого состояния в студнеобразное. Температура, при которой топливо застывает, обычно на 8-10°C ниже температуры его помутнения. Температура помутнения дизельного топлива – это температура, при которой наблюдаются первые признаки помутнения.

Отличительными свойствами дизельных топлив от других нефтепродуктов, является их вязкость (показатель текучести материалов) и испаряемость. Дизельные топлива обладают очень высокой вязкостью, поэтому они почти не впитываются в поверхность грунта. Вязкость топлив увеличивается при понижении температуры, поэтому в зимнее время следует применять топлива с меньшей вязкостью, чем летом. Вязкость дизельных топлив измеряют при 20°C и выражают в сантистоксах (сСт). Она должна составлять 1,8-3,2 сСт, а летних 3,0-6,0 сСт.

Дизельное топливо имеет самую высокую температуру кипения, по сравнению с другими нефтепродуктами. Она колеблется в пределах от 180°C до 360°C. Так как дизельное топливо является высококипящим топливом, оно не испаряется при естественных условиях [15].

Таблица 13 - Технические характеристики дизельного топлива ДТЗ-К5

Параметр	Значение
Цетановое число	50
Цетанвый индекс	48,1
Плотность, кг/м ³	840
Температуры вспышки, °С	43
Температура самовоспламенения, °С	310
Вязкость, мм ² /с	4,8
Предельная температура фильтруемости, °С	-35
Температура помутнения, °С	-16

3.2 Схема ликвидации разлива нефтепродуктов на почве

Ликвидация аварийного разлива на грунте производится следующим образом. На первом этапе происходит локализация разлива с использованием сборно-разборной подпорной стенки ПС-0,75. На втором этапе, площадь разлива покрывают сорбентом серии «Унисорб» с помощью ранцевого распылителя РС-Р.1. После того, как сорбент впитал нефтепродукт, его собирают одноковшовым погрузчиком В-138, и транспортируют на полигон «Серебристый» на самосвалах КАМАЗ 689011, для дальнейшего обезвреживания на установке УЗГ-1М.

3.2.1 Подпорная стенка ПС-0,75

Для локализации разлива дизельного топлива на грунте используется подпорная стенка ПС-0,75. Устройство предназначено для локализации разлива нефтепродуктов и их задержание с созданием небольших емкостей для временного хранения.

Сборно-разборная подпорная стенка играет роль преграды, которая позволяет предотвратить растекание нефтепродуктов на грунтовой поверхности, что позволяет локализовать место разлива.

Стенка представляет собой устройство из 15 модулей. Каждый модуль имеет опорные устройства и защитный полог из двухстороннего поливинилхлорида. Общая длина подпорной стенки достигает 30 метров. Модули соединяются между собой специальными быстросъемными замками, что позволяет осуществлять локализацию в короткие сроки.

Локализация разливов нефтепродуктов с применением подпорных стенок имеет преимущество, по сравнению с традиционным земляным обвалованием. Использование стенок не требует наличие специально землеройной техники, а также обладает простотой монтажа.



Рисунок 6 – Подпорная стенка ПС-0,75

Таблица 14 – Технические характеристики подпорной стенки ПС-0,75

Параметр	Значение
Габаритные размеры секции, м	
длина	2,0
высота	0,85
Габаритные размеры модуля, м	2×15
Количество секций в базовом варианте	15
Высота в рабочем состоянии, м	0,75
Масса, кг	
секции модуля	22,5
базового модуля с пологом	421,5
без полога	227,5
Максимально допустимый напор перед стенкой, м	0,3
Время развертывания, мин	75
Количество обслуживающего персонала, чел	3
Срок службы, годы	3

3.2.2 Сорбент «Унисорб»

Применяемые в настоящее время методы очистки механического извлечения, выжигания, засыпания и захоронения нефти не отвечает требованиям быстрой, безопасной и экологичной ликвидации загрязнения.

Изначально успех в ликвидации любых видов загрязнений окружающей среды нефтяными продуктами определяется оперативностью и эффективностью принимаемых мер.

Основываясь на результатах практической деятельности по ликвидации последствий нефтяных разливов за последние годы компания «Экосорб» разработала уникальные продукты с высокой сорбирующей способностью для борьбы с нефтяными загрязнениями.

Сорбенты серии «Унисорб» эффективны в использовании, как для ликвидации аварийных разливов, что требует наиболее быстрого реагирования, так и для использования в превентивных мерах.



Рисунок 7 – Сорбент серии «Унисорб»

Сорбенты «Унисорб» изготовлены по единственной в своем роде технологии с приданием материалу уникальных сорбционных свойств. Сорбенты содержат основные биогенные элементы, позволяющие положительно воздействовать на природную среду.

Температурный интервал среды по применению сорбентов серии «Унисорб» ограничен лишь температурой застывания нефтепродуктов.

Сорбенты предназначены для сбора разливов нефти и различных нефтепродуктов, неполярных жидкостей, растворителей, токсичных жидкостей, агрессивных веществ, водно-мазутных и топливных эмульсий с различных поверхностей:

- Почв и грунтовых поверхностей.
- Водоемов и акваторий.
- Отвалов, песчаных и песчано-гравийных подушек, подсыпок, склонов.
- Технических резервуаров.
- Промышленных сточных вод.

Сорбенты «Унисорб» имеют развитую пористую структуру, что позволяет собирать большое количество нефтепродуктов за малый промежуток времени. Время сорбции зависит от вида разлитого нефтепродукта, а также от его объема. Сорбенты серии «Унисорб» имеют уникальные свойства, что позволяет создавать на поверхности разлива негорючее покрытие.

Сорбенты данной серии не обладают влагопоглощением, поэтому из них можно отжать до 97 % сорбированных нефтепродуктов. После отжима сорбент можно использовать в качестве твердого топлива, в обычных котельных.

Еще одним уникальным свойством сорбентов «Унисорб» является способность к разложению. Продукты разложения являются эффективным удобрением, улучшающим фитосанитарное состояние почвы.

Таблица 15 – Характеристики сорбента серии «Унисорб» компании «Экосорб»

Параметр	Значение
1	2
Насыпная плотность, кг/м ³	25
Сорбирующая способность, кг дизельного топлива/ кг сорбентов	30-67
Плавучесть, сут	Не менее 30
Десорбция, %	0
Влажность, %	15-20

Окончание таблицы 15

1	2
Способность к биоразложению	Да
Рабочая температура, °С: сорбции	-25...+250
биологического разложения	0...+60
Степень очистки, %	98-99,5
Для сбора 1 т нефтеразлива требуется сорбента, кг	30
куб.м.	12

Сорбент наносится механизированным способом при помощи ранцевого распылителя сорбента РС-Р.1. Он позволяет наносить сорбент на обширные площади разлива, а также в труднодоступные места. Использование ранцевого распылителя позволяет ускорить процесс ликвидации разливов нефтепродуктов. Для удобства транспортировки и хранения предусмотрена частичная разборка ранца.

Нанесение сорбента производится после подготовки ранца к работе и регулируется путем изменения частоты оборотов. По мере расходования сорбента необходимо производить досыпку. Данную операцию можно осуществлять, не снимая ранца при наличии помощника.



Рисунок 8 – Ранцевый распылитель РС-Р.1

Таблица 16 – Технические характеристики ранцевого распылителя РС-Р.1

Параметр	Значение
Вместимость бункера, м ³	0,08-0,1
Масса устройства в снаряженном состоянии, кг	22
Производительность вентилятора надува, м ³ /ч	До 800
Дальность распыления, м	До 12
Топливо	Бензин Аи-92, Аи-93
Вместимость бункера, м ³	0,1

3.2.3 Одноковшовый погрузчик В-138

При ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов, для сбора нефти чаще всего используется землеройная техника. Скорость сбора напрямую зависит от мощности техники. Сложность данного метода заключается в транспортировке землеройной техники к месту ликвидации разлива. Для сбора сорбированной нефти используется фронтальный одноковшовый погрузчик В-138. Ковш захватывает сорбенты, пропитанные нефтью для погрузки в самосвал и дальнейшей транспортировке.

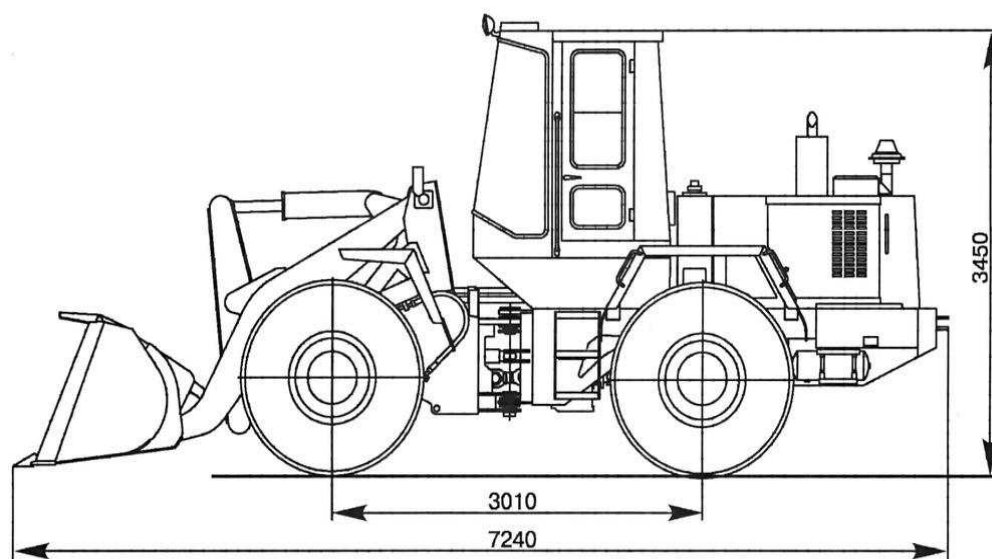


Рисунок 9 – Одноковшовый погрузчик В-138

Таблица 17 - Технические характеристики одноковшового погрузчика В-138

Параметр	Значение
Вместимость ковша номинальная, м ³	2,1
Максимальная высота разгрузки ковша по режущей кромке при угле разгрузки 45°, мм	Не менее 3200
Вылет кромки ковша при угле разгрузки 45°, мм	Не менее 1100
Максимальный угол разгрузки, град	Не менее 50
Максимальное опускание режущей кромки ковша ниже опорной поверхности колес, мм	Не менее 300
Номинальная грузоподъемность, т	3,4
Номинальная вместимость, м ³	1,9

3.2.4 Транспортировка нефтезагрязненного сорбента

Транспортировка нефтезагрязненного сорбента производится автомобилем КАМАЗ-689011.

Автомобиль КАМАЗ 689011 – самосвал с платформой двухсторонней боковой разгрузки. Используется для перевозки промышленных сыпучих грузов. Нижняя часть борта – с автоматическим открыванием на 90 градусов при подъеме грузовой платформы и гидравлическим приводом закрывания после разгрузки.

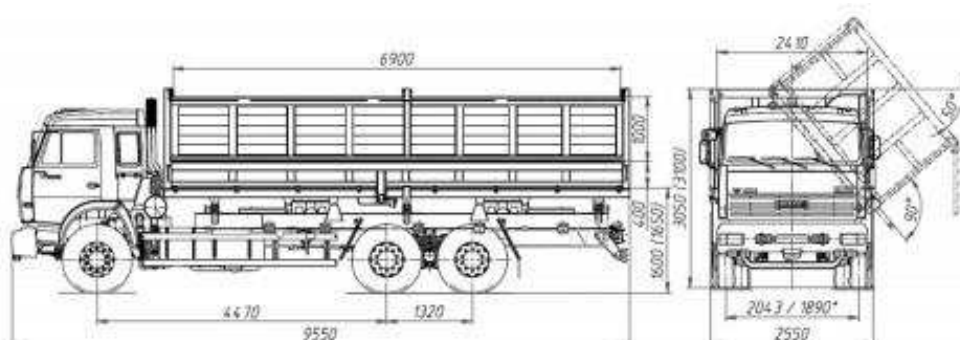


Рисунок 10 – Автомобиль КАМАЗ 689011

Таблица 18 – Технические характеристики автомобиля КамАЗ 689011

Основные характеристики	Значение
Грузоподъемность, кг	13500
Снаряженная масса, кг	11550
Полная масса автомобиля, кг	25200
Макс, скорость автомобиля, км/ч	90
Угол преодолеваемого подъема, не менее, %	25
Внешний габаритный радиус поворота, м	10
Габаритные размеры автомобиля (Д×Ш×В), мм	9900x2550x3200
Внутренние габариты платформы (Д×Ш×В), мм	6200x2410x1400
Объем платформы, м ³	20,9
Угол опрокидывания платформы, град	50
Время подъема нагруженной платформы, сек	19
Время опускания платформы после разгрузки, сек	18
Направление разгрузки	На две боковые стороны
Рабочий объем двигателя, л	11,76
Вместимость топливного бака, л	210

3.2.5 Полигон «Серебристый»

Полигон «Серебристый» является объектом размещения отходов I-III классов опасности. Был введен в эксплуатацию в 2006 году. Полигон «Серебристый» находится на территории Красноярского края, в Березовском районе, на расстоянии 3,5 км юго-западнее с. Кузнецово.

Полигон «Серебристый» является собственностью компании АО «Зеленый город», которая занимается размещением и обезвреживанием отходов I-III классов опасности. АО «Зеленый город» предоставляет услуги по обезвреживанию нефтесодержащих отходов на установке УЗГ-1М. Также, предприятие имеет в своей структуре аварийно-спасательное формирование,

которое проводит работы по ликвидации и локализации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

3.2.6 Обезвреживание нефтезагрязненного сорбента на установке УЗГ-1М

Установка «УЗГ-1М» предназначена для переработки и утилизации замазученных грунтов и твердых отходов, образующихся при проведении работ связанных с ликвидацией аварийных розливов нефти и нефтепродуктов.

Установка обеспечивает утилизацию сильнозагрязненных грунтов со степенью загрязнения 2-6%. Переработка отходов осуществляется при температуре до 800-900°С, оптимальный режим 600-700°С. Установка работает от промышленной сети переменного тока с номинальным напряжением 380В, частотой 50 Гц и может использоваться в полевых условиях с питанием от промышленной сети.

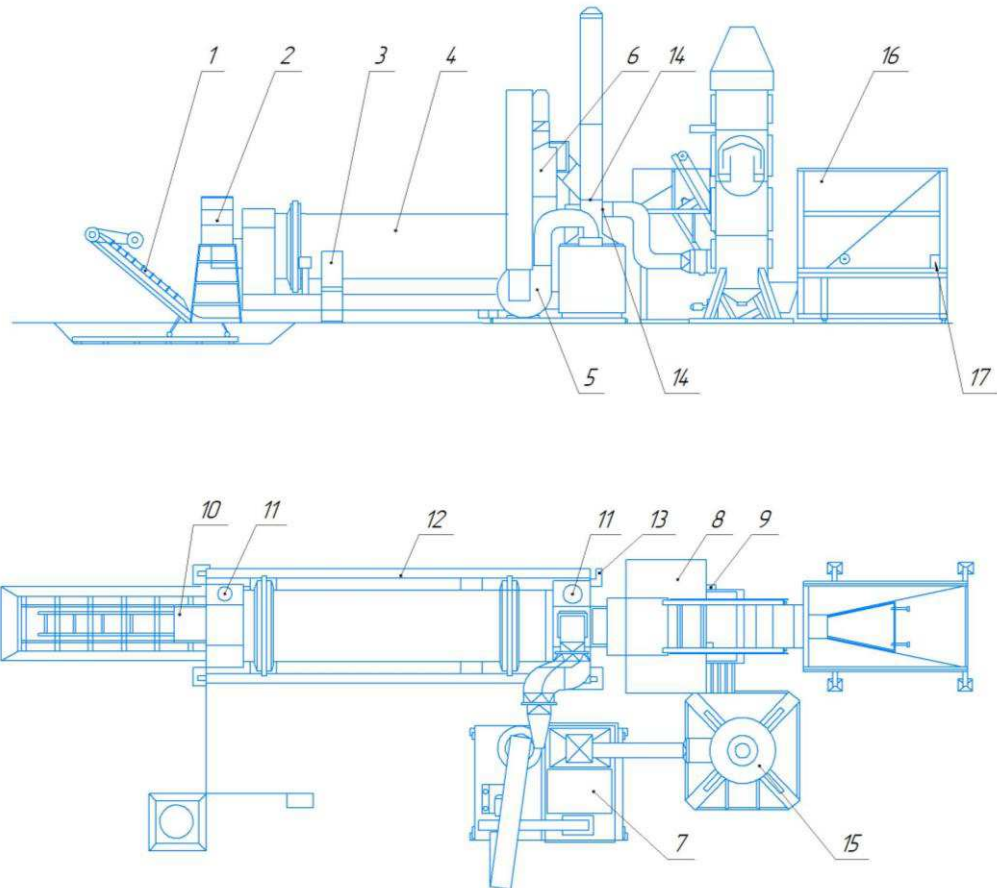


Рисунок 11 – Установка для обезвреживания нефтесодержащих отходов УЗГ-1М

Таблица 19 – Технические характеристики УЗГ-1М

Параметр	Значение
Производительность установки, кг/час	До 6000
Потребляемая мощность, кВт	18
Расход топлива: жидкого, л/час газа, м ³ /час	До 40 В зависимости от типа горелки
Температура в камере утилизации, °С	800-900
Температура отходящих газов, °С	До 500
Габаритные размеры узлов (Д×Ш×В), м	
Высокотемпературная камера утилизации	7,4×1,9×2,3
Блок очистки	2,8×2,7×6
Ковшовый подъемник	3,5×2,3×3,3
Элеватор ковшовый	3,9×0,6×2,2
Бункер	2,9×2,2×3
Масса отдельных узлов, кг	
Высокотемпературная камера утилизации	8750
Блок очистки	2100
Ковшовый подъемник	740
Элеватор ковшовый	390
Бункер	800

В установке УЗГ-1М предусмотрено наличие двух степеней очистки отходящих газов. Это способствует максимальному снижению выбросов загрязняющих веществ, в отличие от утилизации открытым сжиганием или применением установок утилизации методом выжигания.



1 – элеватор ковшовый; 2 – топливный бак; 3 – пульт управления установкой; 4 – высокотемпературная камера утилизации; 5 – дымосос; 6 – циклон; 7 – мокрый скруббер; 8 – ковшовый подъемник; 9 – пульт управления ковшовым подъемником; 10 – эжекторная жидкотопливная горелка; 11 – взрывной клапан; 12 – рама; 13 – регулируемые опоры; 14 – задвижки подсоединения блока фракционирования; 15 – блок фракционирования; 16 – бункер; 17 – пульт управления вибратором бункера.

Рисунок 12 – Чертеж установки УЗГ1-М

Установка состоит из камеры утилизации 4, представляющая собой барабан с двойными стенками. Первая стенка служит силовой конструкцией, вторая жаропрочным вкладышем, барабан установлен на опорных катках с приводом от мотор-редуктора.

Высокая температура внутри камеры утилизации создается за счет сжигания дизельного топлива или природного газа в блочной газовой горелке 9, а также за счет дополнительного окисления горючих отходов находящихся в замазученном грунте.

Подача замазученного грунта и других нефтесодержащих отходов осуществляется при помощи ленточного транспортера 8. Перемещение материала в высокотемпературной камере утилизации происходит за счет вращения барабана в наклонном положении вдоль оси барабана в сторону камеры разгрузки.

Установка смонтирована на раме 11, имеющей регулируемые опоры 12 для наклона барабана вдоль его оси.

Обработка отходящих газов производится в установке типа «Циклон» 6 и второй ступенью очистки – мокрый скруббер – 7.

Для улучшения горения и вентиляции камеры сгорания используется дымосос 5.

Для контроля температуры отходящих газов на установке установлен термоизмеритель регулятор на камере загрузки под лотком.

4 Расчет выбросов загрязняющих веществ от установки УЗГ-1М

Расчеты выбросов загрязняющих веществ от установки УЗГ-1М проводятся в соответствии с методикой [16] и справочником [17].

4.1 Расчет выбросов загрязняющих веществ от сжигания топлива в установке УЗГ-1М

Таблица 13 – Исходные данные

Параметр	Значение
B , л/час	40
Q_i^f , МДж/кг	42,75
q_3 , %	0,02
q_4 , %	0,08
S_r , %	0,3
A^r , %	0,025
η_{SO_2}'	0,02
η_{SO_2}''	0,885
$\alpha_{ун}$	0,95
η_3	0,885
μ , %	0,885

4.1.1 Расчет выбросов оксидов азота

Суммарное количество оксидов азота NO_x в пересчете на NO_2 (в г/с, т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{NO_x} = B_p \cdot Q_i^f \cdot K_{NO_2}^f \cdot \beta_k \cdot \beta_t \cdot \beta_\alpha \cdot (1 - \beta_\gamma) \cdot (1 - \beta_\delta) \cdot (1 - \eta) \cdot K_\pi$$

где B_p - расчетный расход топлива, кг/с (т/год), определяется по формуле:

$$B_p = B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right)$$

где B – фактический расход топлива кг/с (т/год)

q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания, %

Q_i^r – низшая теплота сгорания топлива, МДж/нм³,

η – степень очистки дымовых газов, %

$K_{NO_2}^r$ – удельный выброс оксидов азота при сжигании топлива (г/МДж),

определяется по формуле:

$$K_{NO_2}^r = 0,013 \cdot \sqrt{Q_T} + 0,1$$

где Q_T – фактическая тепловая мощность установки по введенному в топку теплу, (МВт), определяемая по формуле:

$$Q_T = B_p \cdot Q_i^r$$

При расчетах валовых выбросов оксидов азота величина расчетного расхода топлива B_p имеет размерность [нм³/с] - для газообразного топлива, [кг/с] - для мазута и других видов жидкого топлива. При этом, численное значение B_p при определении валовых выбросов должно соответствовать средней за рассматриваемый промежуток времени нагрузке установки. Таким образом, значение коэффициента K_{NO_2} (удельного выброса оксидов азота при сжигании рассматриваемого топлива) при определении валовых выбросов будет меньше, чем значение K_{NO_2} при определении максимальных выбросов.

β_t - безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения.

β_t принимается равным 1.

β_α - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота при сжигании топлива.

В общем случае значение $\beta_\alpha = 1,113$.

β_r - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота. При отсутствии рециркуляции газов, $\beta_r = 0$.

β_δ - безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру. В данном случае $\beta_\delta = 0$.

K_Π - коэффициент пересчета;

при определении выбросов в граммах в секунду $K_\Pi = 1$;

при определении выбросов в тоннах в год $K_\Pi = 10^{-3}$.

В связи с установленными отдельными ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарные выбросы оксидов азота разделяются на составляющие (с учетом различия в молекулярной массе этих веществ):

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot M_{NO_x}$$

$$M_{NO} = (1 - 0,8) \cdot M_{NO_x} \frac{M_{NO}}{M_{NO_2}} = 0,13 \cdot M_{NO_x}$$

где M_{NO} , M_{NO_2} - молекулярные массы NO и NO₂, равные 30 и 46 соответственно;

0,8 - коэффициент трансформации оксида азота в диоксид.

Расчеты:

$$B_p = 0,00096 \cdot \left(1 - \frac{0,08}{100}\right) = 0,000959 \text{ кг/с}$$

$$B_p = 0,53 \cdot \left(1 - \frac{0,08}{100}\right) = 0,529 \text{ т/год}$$

$$Q_T = 0,000959 \cdot 42,75 = 0,041 \text{ МВт}$$

$$K_{NO_2}^r = 0,013 \cdot \sqrt{0,41} + 0,1 = 0,1 \text{ кг/МДж}$$

$$M_{NO_x} = 0,000959 \cdot 42,75 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 1,113(1 - 0)(1 - 0)(1 - 0,885) \cdot 1 =$$

$$= 0,00032 \text{ г/с}$$

$$M_{NO_x} = 0,529 \cdot 42,75 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 1,113 \cdot (1 - 0)(1 - 0)(1 - 0,885) \cdot 10^{-3} =$$

$$= 0,00029 \text{ т/год}$$

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,00032 = 0,00026 \text{ г/с}$$

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,00029 = 0,00023 \text{ т/год}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,00032 = 0,000046 \text{ г/с}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,00029 = 0,000038 \text{ т/год}$$

4.1.2 Расчет выбросов оксидов серы

Суммарное количество оксидов серы M_{SO_2} , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами (г/с, т/год), вычисляют по формуле:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B \cdot S^r \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2})$$

где B – расход топлива за рассматриваемый период, г/с (т/год);

S^r – содержание серы в топливе на рабочую массу, %;

η'_{SO_2} – доля оксидов серы, связываемых летучей золой в установке (для дизельного топлива $\eta'_{SO_2} = 0,02$);

η''_{SO_2} – доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц

Расчеты:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 0,96 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0,885) = 0,00065 \text{ г/с}$$

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 0,53 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0,885) = 0,00036 \text{ т/год}$$

4.1.3 Расчет выбросов оксидов углерода

Оценка суммарного количества выбросов оксида углерода, г/с (т/год), может быть выполнена по соотношению:

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot B \cdot C_{CO} \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) (1 - \eta)$$

где B – расход топлива, г/с (т/год)

q_4 - потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, %

η – степень очистки дымовых газов, %

C_{CO} - выход оксида углерода при сжигании топлива, г/кг (г/нм³) или кг/т (кг/тыс.нм³). Рассчитывается по формуле:

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_i^r$$

где q_3 - потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %

R - коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода; (для дизельного топлива $R=0,65$)

Q_i^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

Расчеты:

$$C_{CO} = 0,02 \cdot 0,65 \cdot 42,75 = 5,56 \text{ г/кг}$$

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot 0,96 \cdot 5,56 \cdot \left(1 - \frac{0,08}{100}\right) (1 - 0,885) = 0,000061 \text{ г/с}$$

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot 0,53 \cdot 5,56 \cdot \left(1 - \frac{0,08}{100}\right) (1 - 0,885) = 0,00034 \text{ т/год}$$

4.1.4 Расчет выбросов твердых частиц

Суммарное количество твердых частиц $M_{ТВ}$ поступающих в атмосферу с дымовыми газами установки (г/с, т/год), вычисляются по формуле:

$$M_{ТВ} = 0,01 \cdot B \cdot \left(\alpha_{ун} \cdot A^r + q_4 \cdot \frac{Q_i^r}{32,68} \right) \cdot (1 - \eta_3)$$

где B – расход топлива, г/с (т/год);

A^r - зольность топлива на рабочую массу, %;

$\alpha_{ун}$ - доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе);

η_3 - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителе;

q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания, %

Q_i^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг

Расчеты:

$$M_{ТВ} = 0,01 \cdot 0,96 \left(0,95 \cdot 0,025 + 0,08 \cdot \frac{42,75}{32,68} \right) (1 - 0,885) = 0,00001 \text{ г/с}$$

$$M_{ТВ} = 0,01 \cdot 0,53 \left(0,95 \cdot 0,025 + 0,08 \cdot \frac{42,75}{32,68} \right) (1 - 0,885) =$$

$$= 0,00008 \text{ т/год}$$

Таблица 14 - Выбросы загрязняющих веществ при сжигании дизельного топлива в установке УЗГ -1М

Загрязняющее вещество	Максимально-разовый выброс M_i , г/с	Валовый выброс M_i , т/год
NO ₂	0,00026	0,00023
NO	0,000046	0,000038
CO	0,000061	0,00034
SO ₂	0,00065	0,00036
Взвешенные вещества	0,00001	0,00008

4.2 Расчет выбросов загрязняющих веществ от обезвреживания нефтесодержащих отходов в установке УЗГ-1М

Таблица 15 – Исходные данные

Параметр	Значение
B , кг/ч	500
Q_i^f , МДж/кг	42,75
q_3 , %	0,02
q_4 , %	0,08
S_r , %	0,3
A^r , %	0,025
η'_{SO_2}	0,02
η''_{SO_2}	0,885
α_{yH}	0,95
η_3	0,885
μ , %	0,885

4.2.1 Расчет выбросов оксидов азота

Суммарное количество оксидов азота NO_x в пересчете на NO_2 (в г/с, т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{NO_x} = B_p \cdot Q_i^f \cdot K_{NO_2}^f \cdot \beta_k \cdot \beta_t \cdot \beta_\alpha \cdot (1 - \beta_\gamma) \cdot (1 - \beta_\delta) \cdot (1 - \eta) \cdot K_\Pi$$

где B_p - расчетный расход топлива, кг/с (т/год), определяется по формуле:

$$B_p = B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right)$$

где B – фактический расход топлива кг/с (т/год)

q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания, %

Q_i^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/нм³,

μ – степень очистки дымовых газов, %

$K_{NO_2}^r$ - удельный выброс оксидов азота при сжигании топлива (г/МДж),

определяется по формуле:

$$K_{NO_2}^r = 0,013 \cdot \sqrt{Q_T} + 0,1$$

где Q_T - фактическая тепловая мощность установки по введенному в топку теплу, (МВт), определяемая по формуле:

$$Q_T = V_p \cdot Q_i^r$$

При расчетах валовых выбросов оксидов азота величина расчетного расхода топлива V_p имеет размерность [нм³/с] - для газообразного топлива, [кг/с] - для мазута и других видов жидкого топлива. При этом, численное значение V_p при определении валовых выбросов должно соответствовать средней за рассматриваемый промежуток времени нагрузке установки. Таким образом, значение коэффициента K_{NO_2} (удельного выброса оксидов азота при сжигании рассматриваемого топлива) при определении валовых выбросов будет меньше, чем значение K_{NO_2} при определении максимальных выбросов.

β_t - безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения.

β_t принимается равным 1.

β_α - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота при сжигании топлива.

В общем случае значение $\beta_\alpha = 1,113$.

β_r - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота. При отсутствии рециркуляции газов, $\beta_r = 0$.

β_δ - безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру. В данном случае $\beta_\delta = 0$.

K_Π - коэффициент пересчета;

при определении выбросов в граммах в секунду $K_\Pi = 1$;

при определении выбросов в тоннах в год $K_\Pi = 10^{-3}$.

В связи с установленными отдельными ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарные выбросы оксидов азота разделяются на составляющие (с учетом различия в молекулярной массе этих веществ):

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot M_{NO_x}$$

$$M_{NO} = (1 - 0,8) \cdot M_{NO_x} \frac{M_{NO}}{M_{NO_2}} = 0,13 \cdot M_{NO_x}$$

где M_{NO} , M_{NO_2} - молекулярные массы NO и NO₂, равные 30 и 46 соответственно;

0,8 - коэффициент трансформации оксида азота в диоксид.

Расчеты:

$$B_p = 0,01389 \cdot \left(1 - \frac{0,08}{100}\right) = 0,01388 \text{ кг/с}$$

$$B_p = 29,4 \cdot \left(1 - \frac{0,08}{100}\right) = 29,38 \text{ т/год}$$

$$Q_T = 0,01388 \cdot 42,75 = 0,593 \text{ МВт}$$

$$K_{NO_2}^r = 0,013 \cdot \sqrt{5,93} + 0,1 = 0,11 \text{ кг/МДж}$$

$$M_{NO_x} = 0,01388 \cdot 42,75 \cdot 0,11 \cdot 1 \cdot 1,113(1 - 0)(1 - 0)(1 - 0,885) \cdot 1 = \\ = 0,0084 \text{ г/с}$$

$$M_{NO_x} = 29,38 \cdot 42,75 \cdot 0,11 \cdot 1 \cdot 1,113(1 - 0)(1 - 0)(1 - 0,885) \cdot 10^{-3} = \\ = 0,02 \text{ т/год}$$

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,0084 = 0,0067 \text{ г/с}$$

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,02 = 0,016 \text{ т/год}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,0084 = 0,0011 \text{ г/с}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,02 = 0,0026 \text{ т/год}$$

4.2.2 Расчет выбросов оксидов серы

Суммарное количество оксидов серы M_{SO_2} , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами (г/с, т/год), вычисляют по формуле:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B \cdot S^r \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2})$$

где B – расход топлива за рассматриваемый период, г/с (т/год);

S^r – содержание серы в топливе на рабочую массу, %;

η'_{SO_2} – доля оксидов серы, связываемых летучей золой в установке (для дизельного топлива $\eta'_{SO_2} = 0,02$);

η''_{SO_2} – доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц

Расчеты:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 13,889 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0,885) = 0,0094 \text{ г/с}$$

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 29,4 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0,885) = 0,0019 \text{ т/год}$$

4.2.3 Расчет выбросов оксидов углерода

Оценка суммарного количества выбросов оксида углерода, г/с (т/год), может быть выполнена по соотношению:

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot B \cdot C_{CO} \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) (1 - \eta)$$

где B – расход топлива, г/с (т/год)

q_4 – потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, %

η – степень очистки дымовых газов, %

C_{CO} - выход оксида углерода при сжигании топлива, г/кг (г/нм³) или кг/т (кг/тыс.нм³). Рассчитывается по формуле:

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_i^r$$

где q_3 - потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %

R - коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода; (для дизельного топлива $R=0,65$)

Q_i^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

Расчеты:

$$C_{CO} = 0,02 \cdot 0,65 \cdot 42,75 = 5,56 \text{ г/кг}$$

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot 13,889 \cdot 5,56 \cdot \left(1 - \frac{0,08}{100}\right) (1 - 0,885) = 0,00089 \text{ г/с}$$

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot 29,4 \cdot 5,56 \cdot \left(1 - \frac{0,08}{100}\right) (1 - 0,885) = 0,018 \text{ т/год}$$

4.2.4 Расчет выбросов твердых частиц

Суммарное количество твердых частиц $M_{ТВ}$ поступающих в атмосферу с дымовыми газами установки (г/с, т/год), вычисляются по формуле:

$$M_{ТВ} = 0,01 \cdot B \cdot \left(\alpha_{ун} \cdot A^r + q_4 \cdot \frac{Q_i^r}{32,68} \right) \cdot (1 - \eta_3)$$

где B – расход топлива, г/с (т/год);

A^r - зольность топлива на рабочую массу, %;

$\alpha_{ун}$ - доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе);

η_3 - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителе;

q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания, %

Q_i^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг

Расчеты:

$$M_{\text{ТВ}} = 0,01 \cdot 13,889 \left(0,95 \cdot 0,025 + 0,08 \cdot \frac{42,75}{32,68} \right) (1 - 0,885) = 0,002 \text{ г/с}$$

$$M_{\text{ТВ}} = 0,01 \cdot 29,4 \left(0,95 \cdot 0,025 + 0,08 \cdot \frac{42,75}{32,68} \right) (1 - 0,885) = 0,004 \text{ т/год}$$

Таблица 16 - Выбросы загрязняющих веществ при сжигании нефтесодержащих отходов в установке УЗГ -1М

Загрязняющее вещество	Максимально-разовый выброс M_i , г/с	Валовый выброс M_i , т/год
NO ₂	0,0067	0,016
NO	0,0011	0,0026
CO	0,00089	0,018
SO ₂	0,0094	0,019
Взвешенные вещества	0,002	0,004

5 Расчет рассеивания загрязняющих веществ от установки УЗГ-1М

Расчеты рассеивания загрязняющих веществ осуществляются в соответствии с [18].

Настоящие Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе предназначены для расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных (загрязняющих) веществ (за исключением радиоактивных веществ), в том числе, включенных в Перечень ЗВ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды.

5.1 Расчет максимальных приземных концентраций загрязняющих веществ

Дымовая труба имеет следующие параметры:

$$H = 6 \text{ м};$$

$$D = 0,5 \text{ м};$$

$$\omega_0 = 7,232 \text{ м/с};$$

$$A = 200.$$

Таблица 17 – Количество загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени

Наименование загрязняющего вещества	M_i , г/с
Азота оксид	0,00696
Азота диоксид	0,001146
Углерода оксид	0,00095
Серы оксид	0,0101
Взвешенные вещества	0,00201

Максимальная приземная концентрация вредных веществ C_m (мг/м³) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии x_m (м) от источника должна определяться по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}$$

где A – безразмерный коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

H – высота источника выброса над уровнем земли, м;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

ΔT – разность между температурой, выбрасываемой газовой смесью, содержащихся в выбросах предприятий T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха, содержащихся в выбросах предприятий T_b ;

V_1 – расход газовой смеси, определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \text{ м}^3/\text{с}$$

где D – диаметр устья источника выброса, м;

ω_0 - средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с.

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 7,232 = 1,42 \text{ м}^3/\text{с}$$

Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным:

- 250 – для районов Средней Азии южнее 40° с. ш. и Читинской области;
- 200 – для Европейской территории РФ: для районов РФ южнее 50° с. ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа; для Азиатской территории РФ: для Дальнего Востока и остальной территории Сибири и Средней Азии;
- 180 – для Европейской территории РФ и Урала от 50 до 52° с. ш. за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше районов;
- 160 – для Европейской территории РФ и Урала севернее 52° с. ш. д) 140 – для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей.

Значения мощности выброса M (г/с) и расхода газовой смеси V_1 (м³/с) при проектировании предприятий определяются расчетом в технологической части проекта или принимаются в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами. Величину M следует относить к 20 – 30 – минутному периоду осреднения, в том числе и в случаях, когда продолжительность выброса менее 20 минут.

При определении необходимой степени очистки выбросов от вредных веществ должны приниматься реальные значения коэффициента полезного действия очистных устройств при установленных условиях их эксплуатации.

Величину ΔT следует определять, принимая температуру окружающего атмосферного воздуха T_b по средней температуре наружного воздуха в 13 ч. наиболее жаркого месяца года по главе СНиП «Строительная климатология и

геофизика», а температуру выбрасываемой в атмосферу газовоздушной смеси T_r – по действующим для данного производства технологическим нормативам. Для города Красноярска средняя температура наиболее жаркого месяца составляет 25,4 °С.

$$\Delta T = T_r - T_b, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 228,4 - 25,4 = 203 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Значение безразмерного коэффициента F принимается:

- для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т. п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) – 1;

- для мелкодисперсных аэрозолей при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % - 2; от 75 до 90 % - 2,5; менее 75 % и при отсутствии очистки – 3.

Значение коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров f, v_m, v'_m, f_e :

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T};$$

$$f = 1000 \cdot \frac{7,232^2 \cdot 0,5}{6^2 \cdot 203} = 3,6.$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}};$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,42 \cdot 203}{6}} = 2,4.$$

$$v'_m = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H};$$

$$v'_m = 1,3 \cdot \frac{7,232 \cdot 0,5}{6} = 0,78.$$

$$f_e = 800 \cdot (v'_m)^3;$$

$$f_e = 800 \cdot (0,78)^3 = 379,6.$$

Безразмерный коэффициент m определяется в зависимости от параметра f по формуле:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{3,5} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{3,5}} = 0,757$$

Безразмерный коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от v_m , при $v_m \geq 2$, $n = 1$. Определим значение максимальной приземной концентрации загрязняющего вещества в атмосфере C_m (мг/м³):

$$\text{Для NO}_2: C_M^{\text{NO}_2} = \frac{200 \cdot 0,00696 \cdot 1 \cdot 0,757 \cdot 1 \cdot 1}{6^2 \cdot \sqrt[3]{1,42 \cdot 203}} = 0,0044 \text{ мг/м}^3$$

$$\text{Для NO: } C_M^{\text{NO}} = \frac{200 \cdot 0,001146 \cdot 1 \cdot 0,757 \cdot 1 \cdot 1}{6^2 \cdot \sqrt[3]{1,42 \cdot 203}} = 0,00073 \text{ мг/м}^3$$

$$\text{Для CO: } C_M^{\text{CO}} = \frac{200 \cdot 0,0095 \cdot 1 \cdot 0,757 \cdot 1 \cdot 1}{6^2 \cdot \sqrt[3]{1,42 \cdot 203}} = 0,00605 \text{ мг/м}^3$$

$$\text{Для SO}_2: C_M^{\text{SO}_2} = \frac{200 \cdot 0,0101 \cdot 1 \cdot 0,757 \cdot 1 \cdot 1}{6^2 \cdot \sqrt[3]{1,42 \cdot 203}} = 0,0064 \text{ мг/м}^3$$

Для взвешенных веществ:

$$C_M^{\text{ТВ}} = \frac{200 \cdot 0,00201 \cdot 1 \cdot 0,757 \cdot 1 \cdot 1}{6^2 \cdot \sqrt[3]{1,42 \cdot 203}} = 0,0013 \text{ мг/м}^3$$

5.2 Расчет расстояния, на котором наблюдается максимальная приземная концентрация

Расстояние x_m (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация C (мг/м³) при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения C_m определяется по формуле:

$$x_M = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H,$$

где d – безразмерный коэффициент, значение которого при $f < 100$ находится по формуле, при $v_m > 2$:

$$d = 7 \cdot \sqrt{v_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{2,4} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{2,4}) = 14,8$$

Расстояние x_M (м) для газообразных выбросов:

$$x_M = \frac{5 - 1}{4} \cdot 14,8 \cdot 6 = 88,8 \text{ м}$$

Расстояние x_M (м) для взвешенных веществ:

$$x_M = \frac{5 - 3}{4} \cdot 14,8 \cdot 6 = 44,4 \text{ м}$$

5.3 Расчет опасной скорости ветра

Значение опасной скорости u_M (м/с) на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ C_M , в случае $f < 100$ определяется по формуле, при $v_m > 2$:

$$u_M = v_m \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f})$$

$$u_M = 2,4 \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{3,6}) = 2,95 \text{ м/с}$$

5.4 Расчет приземной концентрации вредных веществ в атмосфере на различных расстояниях от источника выброса

При опасной скорости ветра u_m приземная концентрация вредных веществ c (мг/м³) в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях x (м) от источника выброса определяется по формуле:

$$c = S_1 \cdot C_m$$

где S_1 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения x/x_m по формулам:

$$S_1 = 3(x/x_m)^4 - 8(x/x_m)^3 + 6(x/x_m)^2 \text{ при } x/x_m \leq 1$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13(x/x_m)^2 + 1} \text{ при } 1 < x/x_m \leq 8$$

Найдем приземную концентрацию вредных веществ C_i (мг/м³) на расстояниях 10; 44,4; 50; 88,8; 100 метров от источника выброса.

Для газообразных веществ:

$$x_1 = 10 \quad x/x_m = 0,11$$

$$x_2 = 44,4 \quad x/x_m = 0,5$$

$$x_3 = 50 \quad x/x_m = 0,56$$

$$x_4 = 88,8 \quad x/x_m = 1$$

$$x_5 = 100 \quad x/x_m = 1,13$$

Для взвешенных веществ:

$$x_1 = 10 \quad x/x_m = 0,23$$

$$\begin{aligned}x_2 = 44,4 & \quad x/x_M = 1 \\x_3 = 50 & \quad x/x_M = 1,13 \\x_4 = 88,8 & \quad x/x_M = 2 \\x_5 = 100 & \quad x/x_M = 2,25\end{aligned}$$

Для газообразных веществ:

$$S_1 = 3(0,11)^4 - 8(0,11)^3 + 6(0,11)^2 = 0,06$$

$$S_2 = 3(0,5)^4 - 8(0,5)^3 + 6(0,5)^2 = 0,69$$

$$S_3 = 3(0,56)^4 - 8(0,56)^3 + 6(0,56)^2 = 0,77$$

$$S_4 = 3(1)^4 - 8(1)^3 + 6(1)^2 = 1$$

$$S_5 = \frac{1,13}{0,13(1,13)^2 + 1} = 0,97$$

Для взвешенных веществ:

$$S_1 = 3(0,23)^4 - 8(0,23)^3 + 6(0,23)^2 = 0,23$$

$$S_2 = 3(1)^4 - 8(1)^3 + 6(1)^2 = 1$$

$$S_3 = \frac{1,13}{0,13(1,13)^2 + 1} = 0,97$$

$$S_4 = \frac{1,13}{0,13(2)^2 + 1} = 0,74$$

$$S_5 = \frac{1,13}{0,13(2,25)^2 + 1} = 0,68$$

Приземные концентрации для NO₂:

$$c = 0,0044 \cdot 0,06 = 0,00026 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0044 \cdot 0,69 = 0,00304 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0044 \cdot 0,77 = 0,00339 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0044 \cdot 1 = 0,0044 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0044 \cdot 0,97 = 0,00427 \text{ мг/м}^3$$

Приземные концентрации для NO:

$$c = 0,00073 \cdot 0,06 = 0,000044 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,00073 \cdot 0,69 = 0,000504 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,00073 \cdot 0,77 = 0,000562 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,00073 \cdot 1 = 0,00073 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,00073 \cdot 0,97 = 0,000702 \text{ мг/м}^3$$

Приземные концентрации для CO:

$$c = 0,00605 \cdot 0,06 = 0,000363 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,00605 \cdot 0,69 = 0,00417 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,00605 \cdot 0,77 = 0,00466 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,00605 \cdot 1 = 0,00605 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,00605 \cdot 0,97 = 0,00587 \text{ мг/м}^3$$

Приземные концентрации для SO₂:

$$c = 0,0064 \cdot 0,06 = 0,00038 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0064 \cdot 0,69 = 0,00442 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0064 \cdot 0,77 = 0,00493 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0064 \cdot 1 = 0,0064 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0064 \cdot 0,97 = 0,00621 \text{ мг/м}^3$$

Приземные концентрации для взвешенных веществ :

$$c = 0,0013 \cdot 0,23 = 0,000299 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0013 \cdot 1 = 0,0013 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0013 \cdot 0,97 = 0,001261 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0013 \cdot 0,74 = 0,000962 \text{ мг/м}^3$$

$$c = 0,0013 \cdot 0,68 = 0,000884 \text{ мг/м}^3$$

Таблица 18 – Максимальные приземные концентрации в зависимости от расстояния

Загрязняющее вещество					
Расстояние, м	NO ₂ , мг/м ³	NO, мг/м ³	CO, мг/м ³	SO ₂ , мг/м ³	Взвешенные вещества, мг/м ³
10	0,00026	0,000044	0,000363	0,000363	0,000299
44,4	0,00304	0,000504	0,00417	0,00417	0,0013
50	0,00339	0,000562	0,00466	0,00466	0,001261
88,8	0,0044	0,00073	0,00605	0,00605	0,000962
100	0,00427	0,000702	0,00587	0,00587	0,000884

5.5 Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ с учетом фоновой концентрация вредных веществ в атмосфере

В случае наличия совокупности источников выброса вклады этих источников (или их части) могут учитываться в расчетах загрязнения воздуха путем использования фоновой концентрации $C_{\text{ф}}$ (мг/м³), которая для отдельного источника выброса характеризует загрязнение атмосферы в городе или другом населенном пункте, создаваемое другими источниками, исключая данный.

Фоновая концентрация относится к тому же интервалу осреднения (20 - 30 мин), что и максимальная разовая ПДК. По данным наблюдений $C_{\text{ф}}$ определяется

как уровень концентраций, превышаемый в 5 % наблюдений за разовыми концентрациями.

Определение фоновой концентрации производится на основании данных наблюдений за загрязнением атмосферы по нормативной методике, утвержденной Госкомгидрометом и Минздравом РФ.

В случае, когда нет возможности получить данные о фоновых концентрациях из определенных источников, ее значение находится как:

$$C_{\phi} = 0,9 \cdot \text{ПДК}$$

Для NO_2 ПДК = 0,2 мг/м³

$$C_{\phi} = 0,9 \cdot 0,2 = 0,18$$

Для NO ПДК = 0,4 мг/м³

$$C_{\phi} = 0,9 \cdot 0,4 = 0,36$$

Для CO ПДК = 5 мг/м³

$$C_{\phi} = 0,9 \cdot 5 = 4,5$$

Для SO_2 ПДК = 0,5 мг/м³

$$C_{\phi} = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45$$

Для взвешенных веществ ПДК = 0,5 мг/м³

$$C_{\phi} = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45$$

Суммарная концентрация вредных веществ (мг/м^3) находится по формуле:

$$C_{\text{сум}} = C_{\text{м}} + C_{\text{ф}}$$

Для NO_2 :

$$x_1 = 10 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00026 + 0,18 = 0,18026 \text{ мг/м}^3$$

$$x_2 = 44,4 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00304 + 0,18 = 0,18304 \text{ мг/м}^3$$

$$x_3 = 50 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00339 + 0,18 = 0,18339 \text{ мг/м}^3$$

$$x_4 = 88,8 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,0044 + 0,18 = 0,1844 \text{ мг/м}^3$$

$$x_5 = 100 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00427 + 0,18 = 0,18427 \text{ мг/м}^3$$

Для NO :

$$x_1 = 10 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,000044 + 0,36 = 0,360044 \text{ мг/м}^3$$

$$x_2 = 44,4 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,000504 + 0,36 = 0,360504 \text{ мг/м}^3$$

$$x_3 = 50 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,000562 + 0,36 = 0,360562 \text{ мг/м}^3$$

$$x_4 = 88,8 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00073 + 0,36 = 0,36073 \text{ мг/м}^3$$

$$x_5 = 100 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,000702 + 0,36 = 0,360702 \text{ мг/м}^3$$

Для CO:

$$x_1 = 10 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,000363 + 4,5 = 4,500363 \text{ мг/м}^3$$

$$x_2 = 44,4 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00417 + 4,5 = 4,50417 \text{ мг/м}^3$$

$$x_3 = 50 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00466 + 4,5 = 4,50466 \text{ мг/м}^3$$

$$x_4 = 88,8 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00605 + 4,5 = 4,50605 \text{ мг/м}^3$$

$$x_5 = 100 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00587 + 4,5 = 4,50587 \text{ мг/м}^3$$

Для SO₂:

$$x_1 = 10 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,000363 + 0,45 = 0,450363 \text{ мг/м}^3$$

$$x_2 = 44,4 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00417 + 0,45 = 0,45417 \text{ мг/м}^3$$

$$x_3 = 200 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00466 + 0,45 = 0,45466 \text{ мг/м}^3$$

$$x_4 = 88,8 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00605 + 0,45 = 0,45605 \text{ мг/м}^3$$

$$x_5 = 100 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,00587 + 0,45 = 0,45587 \text{ мг/м}^3$$

Для взвешенных веществ:

$$x_1 = 10 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,000299 + 0,45 = 0,450299 \text{ мг/м}^3$$

$$x_2 = 44,4 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,0013 + 0,45 = 0,45013 \text{ мг/м}^3$$

$$x_3 = 50 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,001261 + 0,45 = 0,451261 \text{ мг/м}^3$$

$$x_4 = 88,8 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,000962 + 0,45 = 0,450962 \text{ мг/м}^3$$

$$x_5 = 100 \text{ м}$$

$$C_{\text{сум}} = 0,000884 + 0,45 = 0,450884 \text{ мг/м}^3$$

Таблица 19 – Суммарные концентрации с учетом фоновых в зависимости от расстояния

Расстояние, м	Загрязняющее вещество				Взвешенные вещества, мг/м ³
	NO ₂ , мг/м ³	NO, мг/м ³	CO, мг/м ³	SO ₂ , мг/м ³	
10	0,18026	0,360044	4,500363	0,450363	0,450299
44,4	0,18304	0,360504	4,50417	0,45417	0,45013
50	0,18339	0,360562	4,50466	0,45466	0,451261
88,8	0,1844	0,36073	4,50605	0,45605	0,450962
100	0,18427	0,360702	4,50587	0,45587	0,450884

5.6 Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ в долях ПДК

Концентрации загрязняющих веществ C - доли ПДК, рассчитывается по формуле:

$$q = \frac{C_m + C_\phi}{\text{ПДК}}$$

Для NO₂:

$$x_1 = 10 \text{ м}$$

$$q = 0,18026/0,2 = 0,9013$$

$$x_2 = 44,4 \text{ м}$$

$$q = 0,18304/0,2 = 0,9152$$

$$x_3 = 50 \text{ м}$$

$$q = 0,18339/0,2 = 0,9169$$

$$x_4 = 88,8 \text{ м}$$

$$q = 0,1844/0,2 = 0,9220$$

$$x_5 = 100 \text{ м}$$

$$q = 0,18427/0,2 = 0,9213$$

Для NO:

$$x_1 = 10 \text{ м}$$

$$q = 0,360044/0,4 = 0,9001$$

$$x_2 = 44,4 \text{ м}$$

$$q = 0,360504/0,4 = 0,9013$$

$$x_3 = 50 \text{ м}$$

$$q = 0,360562/0,4 = 0,9014$$

$$x_4 = 88,8 \text{ м}$$

$$q = 0,36073/0,4 = 0,9018$$

$$x_5 = 100 \text{ м}$$

$$q = 0,360702/0,4 = 0,9017$$

Для CO:

$$x_1 = 10 \text{ м}$$

$$q = 4,500363/5 = 0,9001$$

$$x_2 = 44,4 \text{ м}$$

$$q = 4,50417/5 = 0,9008$$

$$x_3 = 50 \text{ м}$$

$$q = 4,50466/5 = 0,9009$$

$$x_4 = 88,8 \text{ м}$$

$$q = 4,50605/5 = 0,9012$$

$$x_5 = 100 \text{ м}$$

$$q = 4,50587/5 = 0,9011$$

Для SO₂:

$$x_1 = 10 \text{ м}$$

$$q = 0,450363/0,5 = 0,9007$$

$$x_2 = 44,4 \text{ м}$$

$$q = 0,45417/0,5 = 0,9083$$

$$x_3 = 50 \text{ м}$$

$$q = 0,45466/0,5 = 0,9093$$

$$x_4 = 88,8 \text{ м}$$

$$q = 0,45605/0,5 = 0,9121$$

$$x_5 = 100 \text{ м}$$

$$q = 0,45587/0,5 = 0,9117$$

Для взвешенных веществ:

$$x_1 = 10 \text{ м}$$

$$q = 0,450299/0,5 = 0,9001$$

$$x_2 = 44,4 \text{ м}$$

$$q = 0,45013/0,5 = 0,9003$$

$$x_3 = 50 \text{ м}$$

$$q = 0,451261/0,5 = 0,9025$$

$$x_4 = 88,8 \text{ м}$$

$$q = 0,450962/0,5 = 0,9019$$

$$x_5 = 100 \text{ м}$$

$$q = 0,450884/0,5 = 0,9018$$

Таблица 20 – Значения приземных концентраций в долях ПДК

Загрязняющее вещество					
Расстояние, м	NO ₂ , мг/м ³	NO, мг/м ³	CO, мг/м ³	SO ₂ , мг/м ³	Взвешенные вещества, мг/м ³
10	0,9013	0,9001	0,9001	0,9007	0,9001
44,4	0,9152	0,9013	0,9008	0,9083	0,9003
50	0,9169	0,9014	0,9009	0,9093	0,9025
88,8	0,9220	0,9018	0,9012	0,9121	0,9019
100	0,9213	0,9017	0,9011	0,9117	0,9018

Таблица 21 – Результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

Наименование загрязняющего вещества	ПДК _{м.р.} , мг/м ³	C _ф , мг/м ³	M, г/с	C _{max} , мг/м ³	X _{max} , мг/м ³	C ₁₀ , мг/м ³	C _{44,4} , мг/м ³	C ₅₀ , мг/м ³	C _{88,8} , мг/м ³	C ₁₀₀ , мг/м ³
Диоксид азота (NO ₂)	0,2	0,18	0,00969	0,0044	88,8	0,18026	0,18304	0,18339	0,1844	0,18427
Оксид азота (NO)	0,4	0,36	0,001146	0,00073		0,360044	0,360504	0,360562	0,36073	0,360702
Оксид углерода (CO)	5	4,5	0,00095	0,00605		4,500363	4,50417	4,50466	4,50605	4,50587
Диоксид серы (SO ₂)	0,5	0,45	0,0101	0,0064		0,450363	0,45417	0,45466	0,45605	0,45587
Взвешенные вещества	0,5	0,45	0,00201	0,0013	44,4	0,450299	0,45013	0,451261	0,450962	0,450884

Таблица 22 - Результаты расчета рассеивания в долях ПДК

Наименование загрязняющего вещества	Доли ПДК на 10 м	Доли ПДК на 44,4 м	Доли ПДК на 50 м	Доли ПДК на 88,8 м	Доли ПДК на 100 м
Диоксид азота (NO ₂)	0,9013	0,9152	0,9169	0,9220	0,9213
Оксид азота (NO)	0,9001	0,9013	0,9014	0,9018	0,9017
Оксид углерода (CO)	0,9001	0,9008	0,9009	0,9012	0,9011
Диоксид серы (SO ₂)	0,9007	0,9083	0,9093	0,9121	0,9117
Взвешенные вещества	0,9001	0,9003	0,9025	0,9019	0,9018

6. Расчет стоимости ликвидации нефтяного разлива

АО «Зеленый город» является единственной компанией в Красноярске, которая предоставляет услуги аварийно-спасательного формирования в совокупности с обезвреживанием нефтесодержащих отходов на установке УЗГ-1М. Расчет стоимости ликвидации разлива дизельного топлива проводился в соответствии с действующими тарифами данной компании.

Таблица 22 – Стоимость ликвидации аварийного разлива дизельного топлива на грунт

	Показатели	Единица измерения	Количество	Цена за единицу	Сумма (руб.)
1	Оплата труда специалистов				
	Аварийно-спасательная служба (ликвидация, локализация, нейтрализация ЧС)	Чел/час	59,2	735,09	43 517,328
	Диспетчерская служба	Чел/час	3	185,03	555,09
2	Отчисления от ФОТ	%	30,3		13 353,9427
3	Транспортные расходы	Час.	1,9	1200,00	2 280
4	Материалы (сорбирующие)	Кг	773,7	50,00	38 685
5	СИЗ (для защиты органов дыхания)	Ед	4	300,00	1 200
	Обезвреживание нефтесодержащих отходов на установке УЗГ-1М	Тн	29,4	23 109,84	679 429,296
	Итого				779 020,6567
	Накладные расходы	%	10		77 902,0656
	Рентабельность	%	10		85 692,27223
	Итого затрат				942 614,99453
	НДС 18%	%	18		169 670,699015
	Всего затрат с НДС				1 112 285,693545

Разлив дизельного топлива произошел в 15 км от города Красноярска в районе станции Овсянка. Расстояние от места разлива до полигона «Серебристый» - 42 км. Средняя скорость автотехники принимается равной 50 км/час. Сорбирующая способность сорбента «Унисорб» для дизельного топлива составляет 38 кг дизельного топлива на 1 кг сорбента. Для ликвидации разлива дизельного топлива в количестве 29,4 т необходимо 773,7 кг сорбента. Для ликвидации данного разлива дизельного топлива необходимо аварийно-спасательно формирование в количестве восьми человек (4 человека для установки/разборки подпорной стенки и распыления сорбента (2 человека распыляют сорбент, 2 человека досыпает сорбент в ранцевый распылитель); 1 человек для управления одноковшовым погрузчиком; 3 человека для управления самосвалами в количестве 3 штук). Всего на ликвидацию аварийного разлива дизельного топлива потребует 7,4 часа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана схема ликвидации разлива нефтепродуктов на почву при следующих условиях: 23 апреля в 15 км от города Красноярска, в районе станции Овсянка, автоцистерна, наполненная дизельным топливом ДТЗ-К5, стала участником аварии, в результате которой произошло разрушение автоцистерны с последующим разливом нефтепродукта на грунт. Объем разлившегося нефтепродукта составил 35 м³ или 29400 кг.

Для ликвидации разлива дизельного топлива при данных условиях была предложена следующая схема. На первом этапе проводится локализация нефтяного разлива с использованием сборно-разборной подпорной стенки ПС-0,75. На втором этапе, площадь разлива покрывают сорбентом серии «Унисорб» с помощью ранцевого распылителя РС-Р.1. После того, как сорбент впитал нефтепродукт, его собирают одноковшовым погрузчиком ВС-138, и транспортируют на полигон «Серебристый» на самосвалах КАМАЗ 689011, для дальнейшего обезвреживания на установке УЗГ-1М. Подбранное оборудование является наиболее эффективным для использования его в ликвидации разлива нефтепродукта при заданных условиях.

Наибольшее воздействие на окружающую среду оказывает процесс утилизации нефтесодержащих отходов на установке УЗГ-1М. С помощью выбранной методики расчета загрязняющих выбросов в атмосферу было рассчитано количество выбросов загрязняющих веществ, выделяющихся в процессе утилизации. Этими веществами являются: оксиды азота, диоксиды азота, оксиды углерода, диоксиды серы и взвешенные вещества.

В результате проведения расчета рассеивания были определены максимальные расстояния, на которых наблюдаются максимальные концентрации загрязняющих веществ: для твердых частиц – 44,4 м, для газообразных 88,8 м. Также, в результате расчета было определено, что

максимальные концентрации загрязняющих веществ не превышают предельно-допустимые концентрации в точке максимальной приземной концентрации.

Услуги аварийно-спасательного формирования и обезвреживания нефтесодержащих отходов были предоставлены компанией АО «Зеленый город» в соответствии с действующими тарифами компании, была рассчитана стоимость ликвидации разлива дизельного топлива для предложенной схемы. С учетом НДС стоимость составила 1 112 285,693545 руб. Большинство затрат пришлось на обезвреживание нефтесодержащих отходов на установке УЗГ-1М и составило 679 429,296 руб.

Таким образом можно сказать, что предложенная схема ликвидации является эффективной для заданных условиях разлива. Она позволяет собрать разлитый нефтепродукт с поверхности грунта в короткие сроки и транспортировать его для дальнейшего обезвреживания на специализированном полигоне. При этом, предложенная схема ликвидации оказывает минимальное негативное воздействие на окружающую природную среду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кесельман Г. С. Защита окружающей среды при добыче, транспорте и хранении нефти и газа / Г. С. Кесельман, Э. А. Махмудбеков. - Москва : Недра, 1981. - 256 с.
2. Булатов А. И. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности / А. И. Булатов, П. П. Макаренко, В. Ю. Шеметов – М.: Недра, 1997 г. – 483 с.
3. Филиппов Л. П. Жидкие углеводороды и нефтепродукты / Л. П. Филиппов, В. Г. Артамонов, Е. В. Воробьева ; под общ. ред. М. И. Шахпаронова. - М. : Издательство МГУ, 1989. - 190 с.
4. Бард В. Л. Предупреждение аварий в нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах / В. Л. Бард, А. В. Кузин. - М. : Химия, 1984. - 247 с.
5. Загрязнение почв [Учебное пособие] : / В. П. Середина ; М-во образования и науки Российской Федерации, Томский гос. ун-т. - Томск : Изд. дом Томского гос. ун-та, 2015. - 345 с.
6. Тетельмин В. В. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе : [учебное пособие] / В. В. Тетельмин, В. А. Язев. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 351 с.
7. Хаустов А. П. Охрана окружающей среды при добыче нефти / А. П. Хаустов, М. М. Редина ; Акад. нар. хоз-ва при Правительстве Рос. Федерации. - Москва : 2006. - 551 с.
8. Воробьев Ю. Л, Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов ; Ин-т риска и безопасности. - Москва : Ин-т риска и безопасности, 2007. - 375 с.
9. Сакович Н. Е. Методы и средства ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов [Монография] / Н. Е. Сакович; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, ФГБОУ "Брянская гос. с.-х. акад.". - Брянск : Брянская ГСХА, 2012. - 199 с.

10. И. А. Мерициди, В. Н. Ивановский, А. Н. Прохоров, И. В. Ботвинко. Техника и технологии локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов: Справ./ И. А. Мерициди, В. Н. Ивановский, А. Н. Прохоров и др.; Под ред. И. А. Мерициди – СПб.: НПО «Профессионал», 2008. – 824 с.

11. Каменщиков Ф. А. Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта / Ф. А. Каменщиков, Е. И. Богомольный. - Москва ; Ижевск : Институт компьютерных исследований : Регулярная и хаотическая динамика, 2006. - 525 с.

12. Каменщиков Ф.А. Богомольный Е.И. Нефтяные сорбенты / Ф. А. Каменщиков, Е. И. Богомольный ; М. - Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. - 268 с.

13. Набаткин А. Н. Применение сорбентов для ликвидации нефтяных разливов / А. Н. Набаткин, В. Н. Хлебников : М. - Нефтяное хозяйство, 2000. – 67 с.

14. Постановление Правительства РФ от 21.08.2000 г. в ред. От 14.11.2014 г. № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» // Собрание законодательства РФ., 2000, № 35, ст.3582.

15. Нефтепродукты [Текст] : Свойства, качество, применение : Справочник / под ред. проф. Б. В. Лосикова. - Москва : Химия, 1966. - 776 с.

16. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час. (измененная редакция, Изм. № 1) – Москва: 1999. – 2-15 с.

17. Роддатис, К.Ф. Справочник по котельным установкам малой производительности / К. Ф. Роддатис, А. Н. Полтарецкий, 1989 г.

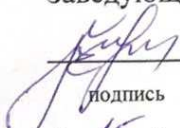
18. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе: 06.06.2017 г. № 273// Приказ Минприроды России

19. СТО 4.2–07–2018. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. – Красноярск: ИПК СФУ, 2018. – 60 с.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»




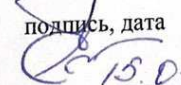
УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись Т. А. Кулагина
« 15 » 04 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность»
«Разработка схемы ликвидации разливов нефтепродуктов на почву»

Научный консультант	 подпись, дата 15.07.19	д.т.н., профессор	Т.А. Кулагина
Руководитель	 подпись, дата 12.07	ассистент	Р.Н. Крылышкин
Выпускник	 подпись, дата 12.07		Е.И. Исаева
Нормоконтролер	 подпись, дата 15.07	ст. преподаватель	Е.Н. Зайцева

Красноярск 2019

9

СШМ