

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и
 продуктов переработки»
 Отделение нефтегазового дела

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема работы
«Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей»
УДК <u>504.5:665.6-045.38(211-17)</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Тюкалов И. Ю.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антропова Н. А.	к. г.-м. н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Макашева Ю. С.	ассистент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Абраменко Н. С.	ассистент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О. В.	к. п. н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

21.03.01 «Нефтегазовое дело»

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1, ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).</i>
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).</i>
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11).</i>
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).</i>
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16, ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).</i>
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромышленного оборудования	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, , ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22).</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).</i>
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е).</i>
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»		
P9	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9, ПК-14), требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i>
P10	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
P11	Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП ОНД ИШПР
 _____ Брусник О.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Тюкалову Илье Юрьевичу

Тема работы:

«Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1623/с от 12.03.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.06.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является анализ методов ликвидации аварийного разлива нефти в арктических условиях из магистрального трубопровода ПСП «Мыс Каменный» - нефтеналивной терминал «Ворота Арктики».</p> <p>Характеристики трубопровода: Диаметр нефтепровода 720 мм, толщина стенки 18 мм, протяженность 3,9 км, рабочее давление 3 МПа. Транспортируемая среда – товарная нефть.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести аналитический обзор литературных источников, посвященных ликвидации аварийных разливов нефти и эксплуатации МН. 2. Дать общую характеристику району арктического шельфа. 3. Провести исследование динамики поведения нефти, разлитой в арктических условиях. 4. Рассмотреть и проанализировать методы и оборудование, применяемые при разливах нефти в арктических условиях. 5. Провести расчет ущерба окружающей среде при авариях на нефтепроводах.

	Дополнительные разделы: 1. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». 2. «Социальная ответственность».
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	нет
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Макашева Юлия Сергеевна, ассистент
«Социальная ответственность»	Абраменко Никита Сергеевич, ассистент

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.02.2018
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антропова Наталья Алексеевна	К. Г.-М. Н., доцент		01.02.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Тюкалов Илья Юрьевич		01.02.2018

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Тюкалову Илье Юрьевичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций.</i>
2. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30 %.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определить стоимость затрат на проведение работ по ликвидации и локализации аварийных разливов нефти</i>
2. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка эффективности использования основных производственных фондов в стоимостной форме</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Диаграмма структуры затрат</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	09.04.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Макашева Ю. С.	ассистент		09.04.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Тюкалов Илья Юрьевич		09.04.2018

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Тюкалову Илье Юрьевичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования).

Объектом данного исследования является технология ликвидации аварийного разлива нефти на магистральном трубопроводе. Трубопровод предназначен для транспортировки нефти от ПСП «Мыс Каменный» до нефтеналивного терминала «Ворота Арктики». Трубопровод проложен от берега по дну Обской губы. Рабочая зона расположена в полевых условиях.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность:</p> <p>1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</p> <p>1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</p>	<p>1. Производственная безопасность:</p> <p>1.1 Проанализировать выявленные вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; – превышение уровней шума; – превышение уровней вибрации; – недостаточная освещенность рабочей зоны; <p>1.2 Проанализировать выявленные опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – движущиеся машины и механизмы;
<p>2. Экологическая безопасность.</p>	<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.</p>	<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	23.04.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Абраменко Н. С.	ассистент		23.04.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Тюкалов Илья Юрьевич		23.04.2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)

Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Уровень образования бакалавриат

Отделение нефтегазового дела

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

20.06.2018

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.2018	<i>Состояние вопроса исследования</i>	10
28.03.2018	<i>Общие сведения об объекте исследования</i>	10
05.04.2018	<i>Исследование динамики поведения нефти, разлитой в арктических условиях</i>	10
16.04.2018	<i>Анализ методов ликвидации аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>	20
27.04.2018	<i>Расчет ущерба окружающей природной среде при аварии на нефтепроводе</i>	15
04.05.2018	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
11.05.2018	<i>Социальная ответственность</i>	10
18.05.2018	<i>Заключение</i>	5
25.05.2018	<i>Презентация</i>	10
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антропова Н.А.	к. г.-м. н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к. п. н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 91 с., 16 рис., 16 табл., 40 источников, 2 прил.

Ключевые слова: локализация, ликвидация, разлив нефти, магистральный нефтепровод, ущерб, шельф, арктические условия.

Объектом исследования являются методы ликвидации аварийного разлива нефти из магистрального трубопровода на арктическом шельфе.

Цель работы – анализ методов ликвидации разлива нефти из трубопровода в районе морского нефтеналивного терминала «Ворота Арктики» (Обская губа).

В процессе исследования проводился расчет ущерба окружающей среде при аварии на магистральном трубопроводе, а именно водному объекту и почве, а также расчет количества вылившейся из трубопровода нефти.

В результате исследования был проведен обзор литературы по указанной тематике, выполнены исследования динамики поведения нефти, разлитой в арктических условиях, проанализированы методы локализации и ликвидации разливов нефти на шельфе Арктических морей, а также представлены материалы и средства для ликвидации разлива нефти.

					<i>Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тюкалов И.Ю.			<i>Реферат</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					10	91
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

Сокращения

В настоящей выпускной квалификационной работе были применены следующие сокращения:

РН – разлив нефти

ПАВ – поверхностно-активные вещества

РЛС – радиолокационные системы

СИЗ – средства индивидуальной защиты

МТ – магистральный трубопровод

МН – магистральный нефтепровод

БЗ – боновые заграждения

ПСП – приемо-сдаточный пункт

ЧС – чрезвычайная ситуация

ВКПР – верхний концентрационный предел распространения

НКПР – нижний концентрационный предел распространения

ПДК – предельно допустимая концентрация

НП – нефтепровод

ЛАРН – ликвидация аварийных разливов нефти

					<i>Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тюкалов И.Ю.			Сокращения	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					11	91
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

Оглавление

Введение.....	14
Обзор литературы.....	16
1 Общая характеристика района арктического шельфа.....	18
1.1 Характеристика района Обской губы	18
1.2 Характеристика нефтеналивного терминала и трубопровода	19
2 Динамика поведения нефти, разлитой в арктических условиях	22
2.1 Распространение нефти	22
2.2 Движение нефтяного пятна.....	24
2.3 Нефть, разлитая под однолетним морским льдом.....	25
2.4 Нефть, разлитая под многолетним льдом.....	26
2.5 Влияние зимних условий на выветривание нефти	26
2.6 Процессы, влияющие на вмерзшую в лед нефть в условиях таяния.....	29
3 Методы обнаружения аварийных разливов нефти.....	31
4 Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях	33
4.1 Локализация и сбор разлитой нефти.....	33
4.1.1 Локализация разлива нефти на поверхности льда	34
4.1.2 Локализация разлива нефти с помощью боновых заграждений.....	35
4.1.3 Применение скиммеров для сбора нефти.....	40
4.1.4 Применение сорбентов.....	43
4.2 Методы ликвидации разливов нефти.....	46
4.2.1 Сжигание нефти на месте разлива	46
4.2.2 Применение диспергентов	48
4.3 Очистка береговой линии.....	50
5 Расчётная часть.....	54
5.1 Оценка факторов, определяющих величину ущерба окружающей среде при авариях на нефтепроводах	56

					<i>Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Оглавление	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Руковод.		Антропова Н.А.					12	91
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

5.2	Определение количества нефти, вылившейся из нефтепровода вследствие аварии	56
5.3	Оценка степени загрязнения земель	60
5.4	Оценка степени загрязнения водных объектов.....	61
5.5	Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха	62
5.6	Баланс количества вылившейся и потерянной нефти.....	63
5.7	Оценка ущерба, подлежащего компенсации, окружающей природной среде от загрязнения земель.....	63
5.8	Оценка ущерба, подлежащего компенсации, окружающей природной среде от загрязнения нефтью водных объектов.....	64
5.9	Плата за загрязнение окружающей природной среды при авариях на магистральных нефтепроводах.....	64
6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	65
6.1	Нормативная продолжительность работ	65
6.2	Расчет сметной стоимости работ по ликвидации аварийного разлива нефти	65
7	Социальная ответственность	72
7.1	Производственная безопасность	72
7.1.1	Анализ вредных производственных факторов	73
7.1.2	Анализ опасных производственных факторов	76
7.2	Экологическая безопасность.....	76
7.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
7.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	80
7.4.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	80
7.4.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	82
	Заключение	84
	Список использованных источников	85
	Приложение А	90
	Приложение Б.....	91

Введение

В условиях истощения месторождений в центральной части России добыча нефти постепенно смещается в северные регионы. С каждым годом растет и реализуется большое количество проектов по освоению арктического шельфа нашей страны, поэтому комплекс своевременных мер по ликвидации аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей становится все более важным.

Использование современных технологий в процессе добычи и транспортировки нефти в условиях арктического шельфа и даже строгое соблюдение при этом требований безопасности не гарантируют отсутствие аварий и катастроф.

Нефтяные разливы на шельфе Арктических морей могут произойти на любом из этапов добычи, хранения или транспортировки нефти. Среди потенциальных источников РН можно назвать фонтанирование скважины во время подводной разведки или добычи, выбросы или утечки из подводных трубопроводов или трубопроводов в береговой зоне, утечки из резервуаров для хранения нефтепродуктов, располагающихся на суше, а также в результате аварий с участием судов, транспортирующих нефть.

Ликвидация разливов нефти требует больших затрат и усилий в любых обстоятельствах, а арктические условия создают дополнительные сложности, связанные с защитой окружающей среды и логистикой.

По сравнению с водами Мирового океана арктические морские воды имеют более низкие значения температуры и солености. Типичные зимние условия в Арктике – низкие температуры, образование и движение морских льдов, наличие экстремальных и непредсказуемых погодных условий, и продолжительные периоды темноты (полярная ночь). Любое из

					<i>Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тюкалов И.Ю.			Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					14	91
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						
						ТПУ гр. 2Б4Б		

перечисленных условий является фактором повышения рисков значительных аварийных разливов нефти и одновременно может стать фактором, снижающим эффективность мероприятий по ликвидации таких разливов. При этом необходимо отметить, что уникальные особенности арктической окружающей среды в некоторых случаях способствуют ликвидации разлива.

Цель работы: анализ методов ликвидации разлива нефти из трубопровода в районе морского нефтеналивного терминала «Ворота Арктики» (Обская губа).

Для достижения поставленной цели были рассмотрены следующие **задачи:**

1. Дать общую характеристику району арктического шельфа.
2. Исследовать динамику поведения нефти, разлитой в арктических условиях.
3. Проанализировать методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей.
4. Смоделировать и провести расчет ущерба окружающей среде при аварии на нефтепроводе.

Объект исследования: методы ликвидации аварийного разлива нефти из магистрального трубопровода на арктическом шельфе.

Предмет исследования: магистральный трубопровод ПСП «Мыс Каменный» - нефтеналивной терминал «Ворота Арктики».

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

Обзор литературы

Несмотря на совершенствование науки и техники в области проектирования и строительства магистральных нефтепроводных систем, исключить аварийные ситуации невозможно. Арктические условия создают дополнительные сложности, связанные с защитой окружающей среды и труднодоступностью региона. Поэтому проблемы ликвидации аварийных разливов нефти являются очень актуальными и требуют особого внимания. Для достижения высоких результатов в области предупреждения и ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов ведутся постоянные работы в области совершенствования нормативно-технической документации, создаются методики, проводятся анализы состояния нефтепроводных систем, публикуются соответствующие выводы, создаются и рассчитываются планы ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

Выполнение комплекса мероприятий, проводимых заблаговременно, является одним из основных направлений деятельности по сохранению здоровья людей, снижению уровня рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных разливами нефти, а также снижению ущерба окружающей среде и материальных потерь. Такие авторы как Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. рассматривают данные вопросы в своей публикации [1].

На основе анализов рисков аварий на нефтепроводе, оценки негативного воздействия аварийных разливов нефти на окружающую природную среду публикуются статьи из научных журналов [3-5].

Количество добываемой нефти на континентальном шельфе растет с каждым годом: разрабатываются новые месторождения, строятся нефтепроводы. Поэтому вопрос о борьбе с разливами нефти в море

					<i>Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тюкалов И.Ю.			<i>Обзор литературы</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					16	91
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

становится все более актуальным. В книге Альхименко А.И. [2] рассмотрены наиболее распространенные способы ликвидации последствий аварийных разливов. Приведены технологии их ликвидации, применяющиеся как в России, так и за рубежом. Даны основные параметры оборудования для борьбы с последствиями разливов и их предупреждения. Проведена оценка экологической безопасности акваторий морского шельфа.

Такие зарубежные ученые как Дэвид Дикинс, Стивен Поттер и Иан Бьюст раскрывают сложные экологические аспекты при освоении нефтегазоносных месторождений на арктическом шельфе. В своих научных статьях и публикациях они описывают методы и средства для ликвидации разливов нефти, а также проводят многочисленные экспериментальные исследования разливов нефти на арктическом шельфе [13-14].

Компания ПАО «Транснефть» разрабатывает регламенты об организации контроля за ликвидацией последствий аварий, связанных с экологическим ущербом окружающей среде [11], а также регламенты о порядке применения методик расчета окружающей среде при авариях на нефтепроводах [12].

В ходе работы была просмотрена нормативно-техническая документация, связанная с ликвидацией аварийных разливов на воде. Это в основном нормативные документы, регламентирующие различные вопросы локализации нефтяного пятна на реках (на подводных переходах) [6-8].

Отдельные вопросы локализации и ликвидации на море раскрываются в некоторых документах в отдельных абзацах [9-10].

Специального документа по локализации и ликвидации аварийных разливов в арктических морях в настоящее время нет, хотя проблема такая есть и она с течением времени все настоятельнее требует своего решения.

					Обзор литературы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

1 Общая характеристика района арктического шельфа

1.1 Характеристика района Обской губы

Обская губа – самый крупный залив Карского моря, расположенный между полуостровами Гыданский и Ямал; является устьем реки Обь. Освобождается ото льда в июле и покрывается льдом в октябре. Толщина ледяного покрова может достигать 2,5 метров.



Рисунок 1 – Карта района Обской губы

Район находится в полярно-тундровой зоне (ЯНАО). Климат суровый, с резкими перепадами температур, характерными для континентального климата. Температура в регионе опускается ниже -50°C . Скорость ветра может достигать 40 м/с. Толщина слоя вечной мерзлоты достигает 400 метров. Лето длится не более трех месяцев, в это время тундра непроходима для автомобилей, и связь можно держать только воздушным транспортом. В

					<i>Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тюкалов И.Ю.			<i>Общая характеристика района арктического шельфа</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					18	91
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

регионе наблюдаются долгие полярные ночи, продолжительностью около 40 суток. Годовое количество осадков составляет 350-500 мм/год.

1.2 Характеристика нефтеналивного терминала и трубопровода

Нефтеналивной терминал «Ворота Арктики» является единственным в мире терминалом для круглогодичной отгрузки нефти в танкеры, расположенным за полярным кругом в пресных водах. Данный терминал осуществляет отгрузку нефти в Обской губе, добытую на Новопортовском нефтегазоконденсатном месторождении в Ямало-Ненецком автономном округе.

Из-за мелководья в прибрежной зоне и постоянных течений разместить терминал на берегу оказалось невозможно. В итоге выбор был сделан в пользу выносного причального устройства — в 3,5 км от берега, где можно безопасно загружать крупнотоннажные танкеры. Глубина залива в районе терминала составляет 12 метров.

Нефть с месторождения к пункту сбора (Мыс Каменный) на побережье Обской губы поступает по нефтепроводу протяженностью 103 км. На берегу Обской губы построена сопутствующая инфраструктура: подводный и сухопутный нефтепроводы, резервуарный парк, насосные станции с системой защиты от гидроударов. Там нефть хранится до окончательной ее отгрузки в танкеры через терминал. Инфраструктура, созданная на Мысе Каменном, позволяет осуществлять перевалку до 8,5 млн тонн нефти в год.

С приемо-сдаточным пунктом на берегу терминал соединяет магистральный трубопровод для подачи нефти. Для поддержания заданной температуры сырья он спроектирован в виде двух утепленных трубопроводов общей протяженностью 7,9 км (3,95 км каждый) и диаметром 720 мм (с толщиной стенки 18 мм), по которым в период между отгрузками циркулирует подогретая нефть (до 45°C). Рабочее давление трубопровода составляет 3 МПа.

					Общая характеристика района арктического шельфа	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Технические характеристики терминала: 78 метров в ширину, 80 метров в высоту, из которых 17 метров находится под водой. Удерживают терминал 12 свай, погруженных в вечную мерзлоту на глубину 85 метров.

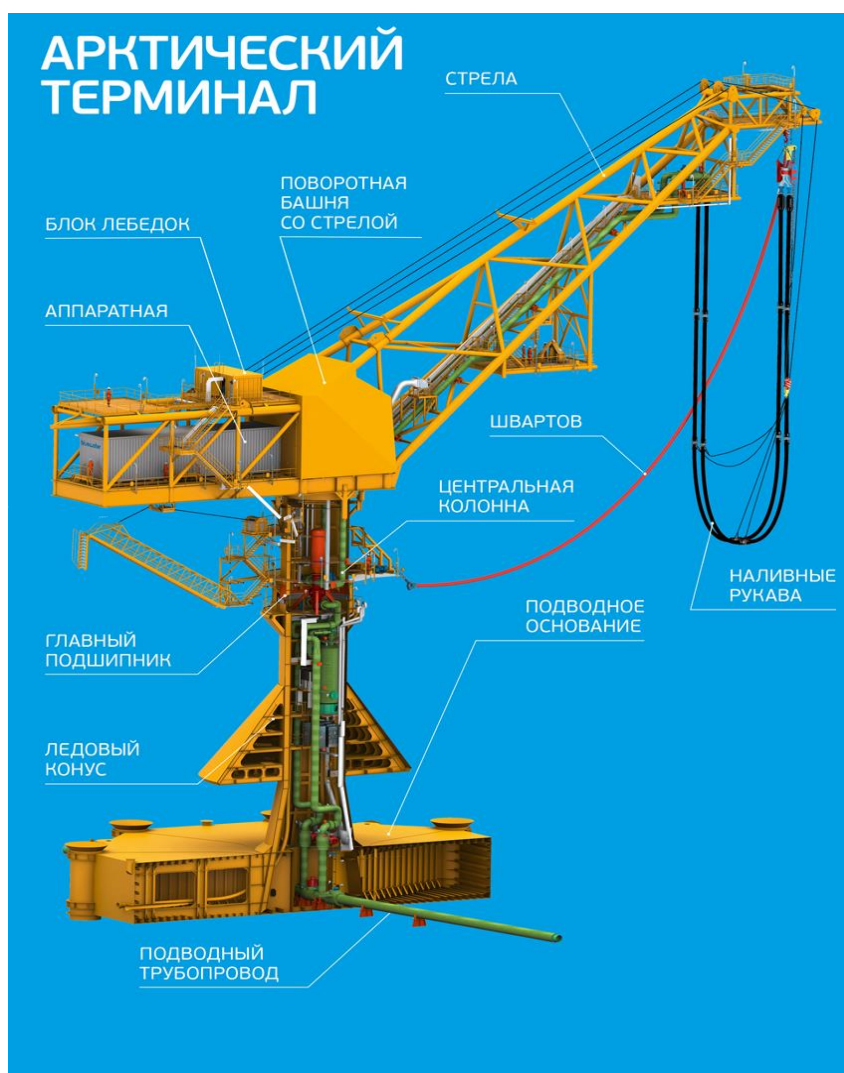


Рисунок 2 – Нефтеналивной терминал «Ворота Арктики»

Специально для обслуживания терминала «Ворота Арктики» создан флот, способный работать в арктических широтах: шесть танкеров класса Arc7 дедвейтом 42 тыс. тонн и два ледокола ледового класса Icebreaker8. Танкеры класса Arc7 спроектированы с учетом малых глубин Обской губы – максимальная осадка нового танкера составляет 9,5 метров, а их грузоподъемность достигает 38 тыс. тонн нефти.

Сорт нефти, отгружаемой с терминала «Ворота Арктики», получил название Novy Port. Данная нефть обладает высокими эксплуатационными характеристиками. Она отличается низким содержанием серы (0,1%), а также

					Общая характеристика района арктического шельфа	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

низкой обводненностью. Данная нефть является легкой (плотность составляет порядка 850 кг на кубический метр) и содержит малое количество примесей. Такую нефть легко готовить для последующей переработки и транспортировки.

Стоит отметить, что проект «Ворота Арктики» является важнейшим элементом для роста грузоперевозок по Северному морскому пути, а также способствует дальнейшему развитию и освоению арктических шельфовых месторождений.

Схема транспортировки нефти Новопортовского месторождения представлена в приложении А.

					Общая характеристика района арктического шельфа	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

2 Динамика поведения нефти, разлитой в арктических условиях

2.1 Распространение нефти

Распространение нефти во льдах и снегах

Распространение нефти на сплошном льду аналогично ее распространению на земле. Скорость распространения зависит в основном от вязкости нефти, поэтому при низких температурах отмечается тенденция к замедлению скорости распространения. Итоговая общая площадь загрязнения зависит от неровности поверхности льда. Даже у гладкого однолетнего морского льда поверхность достаточно неровная, а дискретные деформации льда, такие как напластование, образование ледяных валунов и торосов могут привести к локальному увеличению неровностей, возвышающихся на десятки метров над уровнем моря. Нефть, разлитая на неровную ледяную поверхность, может полностью удерживаться в закрытом объеме, ограниченном торосами и ледяными заторами. Это приводит к тому, что пятна нефти на льду, как правило, толще, а порядок их распространения значительно меньше, чем у аналогичных пятен, разлитых на открытую воду. На рисунке 3 показана оценка нефтеудерживающей способности. Если лед покрыт слоем снега, то снег абсорбирует разлитую нефть, еще более снижая ее распространение. При разливе на снеговой покров нефть стекает вниз к слою льда, а затем медленно разливается по его поверхности под снегом.

					Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Динамика поведения нефти, разлитой в арктических условиях	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					22	91
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

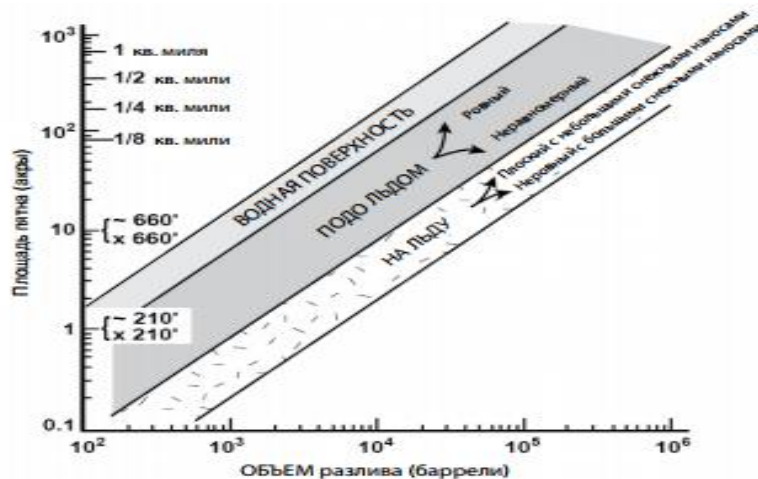


Рисунок 3 – Нефтеудерживающая способность различных поверхностей в арктических условиях

Распространение нефти под сплошным льдом

Даже большие разливы сырой нефти под сплошным или непрерывным ледовым покрытием обычно локализируются на относительно небольшом расстоянии от источника разлива (по сравнению с разливом эквивалентного объема нефти на открытой воде), в зависимости от подледных течений и характеристик неровности самого льда. Естественные изменения толщины однолетнего льда в сочетании с такими деформирующими факторами, как образование ледяных валунов и торосов, создают большие естественные резервуары, в которых на относительно малой площади эффективно локализуется нефть, разлитая подо льдом.

Распространение нефти в паковом льду

В паковых льдах отмечается тенденция к меньшему распространению нефтяного пятна при более высокой его толщине по сравнению с открытой водой. Если сплоченность льда превышает 60–70%, то льдины касаются друг друга, повышая степень естественной локализации разлива. По мере снижения сплоченности льдин, потенциал распространения нефти среди разделившихся льдин постепенно возрастает, пока не достигнет скорости

распространения в открытой воде в очень разреженном паковом льду (30% и менее).

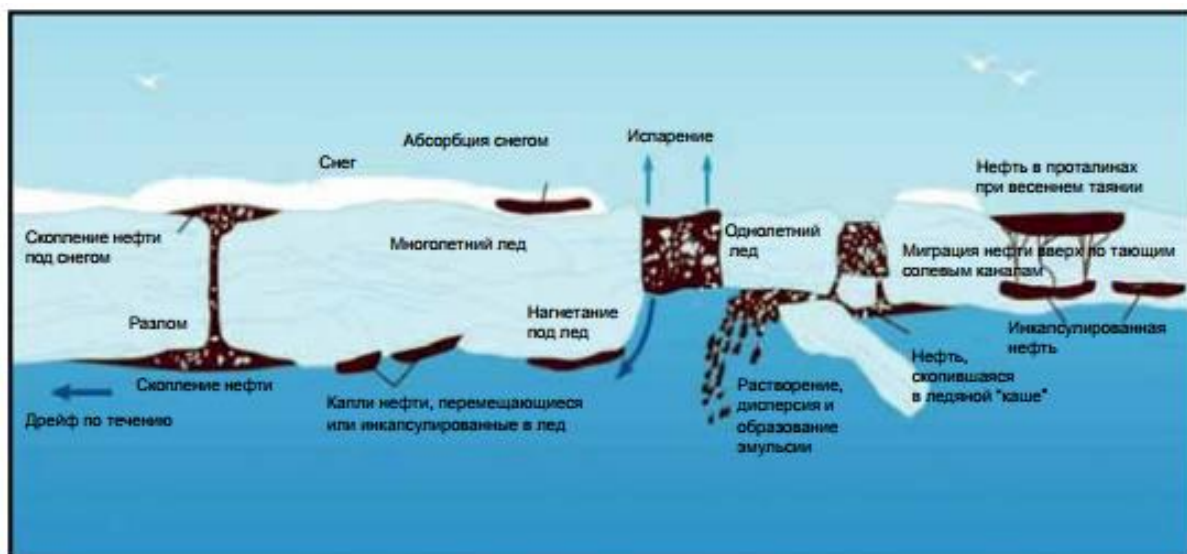


Рисунок 4 – Схема процессов взаимодействия нефти и льда

2.2 Движение нефтяного пятна

Разливы на поверхности льда и под ним обычно не могут перемещаться независимо от него, они остаются неподалеку от зоны первоначального контакта, и если лед дрейфует, то нефть будет дрейфовать вместе с ним. Эксперименты показали, что для перемещения нефти под поверхностью льда необходимо, чтобы скорость течения была от около 5 см/с для гладкого пресноводного льда и до 15–30 см/с – для обычного морского льда. Скорость зимних подледных течений в арктических широтах обычно является недостаточной для перемещения разлитой нефти из начальной точки контакта с поверхностью льда. Исключениями являются районы фьордов, где отмечаются сильные приливно-отливные течения, а также районы вблизи дельт крупных речных систем, таких как Лена. Но даже тогда неровностей на нижней поверхности льда оказывается достаточно для предотвращения крупномасштабного распространения или перемещения нефти. В разреженных паковых льдах нефть и ледовая масса могут двигаться с различными скоростями и в различных направлениях под изменяющимся воздействием ветра и течений. Присутствие льда и низкая температура воды снижают скорость распространения и дрейфа разлитой нефти. Процессы

испарения и эмульгирования в ледовитых водах также замедляются. Аналогично береговой припай препятствует нефти, разлитой в море, достичь береговой линии от момента его замерзания до момента вскрытия ледяного покрова. Во многих районах припай защищает берег до 9 месяцев. В результате воздействия данных факторов, как по отдельности, так и в совокупности, время, имеющееся для организации эффективных мер по ликвидации аварийных разливов, которое называется окном возможности, в арктических условиях может быть больше, чем в более теплых регионах.

2.3 Нефть, разлитая под однолетним морским льдом

При попадании нефти под растущий морской лед, новая ледовая масса по мере роста ледового покрова вниз (т. е. увеличения его толщины) полностью покрывает льдом нефтяной слой за время от нескольких часов до нескольких дней (в зависимости от сезона). Однако нефть, попавшая в Арктике под лед позже мая, а в субарктических регионах позже апреля, может не покрываться льдом вследствие недостаточно интенсивного нарастания нового льда. После того как нефть распространилась подо льдом и вмерзла в него, она остается в замкнутом состоянии до тех пор, пока слой льда, под который она вмерзла, не начнет таять весной. В период от замерзания и до середины зимы, когда ледовый покров быстро охлаждается и растет, проникновение нефти в него маловероятно. По мере повышения температуры льда солевой раствор, заключенный между кристаллами морского льда, начинает протекать вниз, оставляя вертикальные каналы, по которым нефть впоследствии поднимается на поверхность.

Скорость миграции нефти быстро возрастает, если суточная температура воздуха превышает точку замерзания. Достигнув поверхности льда, нефть плавает в проталинах или остается на тающих льдинах после того, как с поверхности стечет вода. Под действием ветра нефть формирует более концентрированные пятна по краям отдельно взятых проталин. Еще один процесс, при котором вмерзшая нефть выходит наружу, – это естественное таяние льда по направлению от поверхности вниз (которое

					<i>Динамика поведения нефти, разлитой в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

называется абляция). Когда абляция достигает уровня, на котором происходило нарастание льда во время разлива, тогда нефть выступает наружу. В ситуациях с толстым слоем легкой нефти во льду, большая ее часть под действием естественной миграции по протаявшим соляным каналам поступает на поверхность льда еще до начала абляции.

2.4 Нефть, разлитая под многолетним льдом

Нефть, разлитая под старым льдом (двухлетним или многолетним), задерживается благодаря неровностям нижней поверхности ледового покрова, как это происходит и в случае с однолетним льдом. Но удержание нефти под старым льдом больше по сравнению с гладким однолетним, и может привести к образованию толстых отдельных скоплений нефти: в полевых условиях отмечалась толщина до 19 см. Такая нефть, вмерзшая под старый лед, как, впрочем, и под однолетний, не подвергается значительному выветриванию. Содержание соли в многолетнем льду гораздо ниже, поэтому в нем отмечается меньшее количество протаявших соляных каналов, а сами они имеют меньший диаметр, поэтому весенняя миграция нефти, заключенной в ледовом покрове, происходит гораздо медленнее. Нефть, разлитая под многолетним льдом, может появиться в проталинах на поверхности, но это случается гораздо позже по сравнению с таянием однолетнего льда.

2.5 Влияние зимних условий на выветривание нефти

К основным процессам выветривания нефти относятся испарение, эмульгирование, естественная дисперсия, растворение и биоразложение. В общих чертах сочетание низких температур и пониженной энергии волн вследствие присутствия льда ведет к снижению скорости выветривания и к увеличению окна возможностей для организации эффективных мероприятий по ликвидации аварийных разливов нефти.

Испарение

Испарение зачастую играет заметную роль в естественном выветривании разлитой нефти и нефтепродуктов сразу после разлива,

					Динамика поведения нефти, разлитой в арктических условиях	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

большинство сортов сырой нефти и нефтепродуктов (например, дизельное топливо, бензин) испаряются интенсивнее, чем более тяжелые и вязкие сорта нефти (мазут и эмульгированная нефть). Однако нефть, разлитая при отрицательных температурах, испаряется медленнее по сравнению с нефтью при более высоких температурах. Кроме того, скорость испарения разливов нефти, укрытых снегом, еще больше снижается. Множество экспериментов показало, что нефть, разлитая в паковых льдах, испаряется гораздо медленнее, чем эквивалентный РН на открытой воде, в основном вследствие большей толщины нефтяного пятна в паковых льдах. При разливе нефти на лед зимой происходит ее загустение из-за осаждения растворенных парафинов по мере ее остывания и испарения. Нефть, которая при более высокой температуре является жидкой, может загустеть, если температура окружающей среды опускается ниже ее точки потери текучести. Температура точки потери текучести также возрастает по мере того, как нефть теряет легкие фракции, вследствие их испарения. Загустевшая нефть испаряется очень медленно, при этом на ее поверхности может образоваться нелипкое парафинистое покрытие. Нефть, вмерзшая в ледовый покров, в зимние месяцы практически не испаряется. При выходе на поверхность льда во время весеннего таяния, нефть пребывает практически в свежем виде; и только когда нефть плавает в проталинах, начинается ее испарение. Нефть в проталинах отгоняется ветром к краям проталины с образованием слоя толщиной несколько миллиметров. Получившийся в результате толстый слой нефти испаряется заметно медленнее, чем образующаяся при разливах на открытой воде обычно гораздо более тонкая нефтяная пленка.

Эмульгирование и естественная дисперсия

Под воздействием ветра и волн, которые способствуют перемешиванию нефти и воды, происходит образование водонефтяных эмульсий и естественная дисперсия нефтяных пятен в водной толще. Как таковые процессы выветривания гораздо менее распространены во льдах, за исключением пограничной зоны между ледяным полем и открытой водой,

					Динамика поведения нефти, разлитой в арктических условиях	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

либо в условиях, когда взаимодействие между льдинами создает некоторую турбулентность на поверхности воды. Ветровые волны (в противоположность зыби) эффективно гасятся благодаря присутствию пакового льда. Никаких значительных проявлений эмульгирования во льдах или при разливах на лед не наблюдалось, за исключением случаев, когда ледяное поле рассеивалось под воздействием ветровых волн. Естественная дисперсия нефтяных пятен также маловероятна в условиях сплочённого льда. Под действием покачивания льдин или обломков большего размера у их краев может отмечаться временная дисперсия некоторого количества нефти в воде, но в большинстве случаев основная масса получившихся нефтяных капель слишком велика для долговременной дисперсии. Такие капли либо поднимаются и объединяются с нефтью на поверхности, либо осаждаются на нижней стороне льдины.

Растворение

В сырой нефти содержится незначительное количество компонентов, которые могут раствориться в окружающей воде. Компонентами, подверженными растворению в морской воде, являются легкие ароматические углеводородные соединения, которые также в первую очередь подвержены испарению, причем этот процесс идет в 10–100 раз быстрее, чем растворение. Таким образом, доля растворения относительно незначительна в общем комплексе факторов, и учитывать его следует в основном в случае свежей нефти, образовавшей дисперсию в толще воды. Скорость растворения в холодной воде ниже, чем в более теплых климатических зонах. При инкапсуляции нефти в лед очень малое количество растворимых в воде компонентов нефти может проникнуть к нижней кромке ледового покрова, и их концентрация у нижней кромки льдов, вероятнее всего, будет очень низкой.

Биоразложение

Нефть, разлитая в морской среде, также подвержена биоразложению, химическому разложению под действием бактерий и других биологических

					Динамика поведения нефти, разлитой в арктических условиях	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

факторов. Такой органический материал как нефть может разлагаться аэробно – под действием атмосферного кислорода, или анаэробно – без участия кислорода. Процесс биоразложения снижает вредное воздействие нефти на принимающую среду, поскольку углеводороды непосредственно удаляются, а относительно растворимые в воде компоненты, которые являются наиболее токсичными, разлагаются в первую очередь. Нефть представляет собой сложное соединение химических компонентов различного типа, в основном состоящее из углерода, водорода, кислорода и серы. Массовая доля углерода в нефтепродукте составляет в среднем около 85%. Для бактерий природного происхождения эти элементы просто источник пищи. Разлагающие углеводород микроорганизмы присутствуют практически во всех экосистемах. Биоразложение углеводородов под действием микробных популяций в естественных условиях зависит от физических, химических и биологических факторов, таких как состав, состояние и концентрация нефти или углеводородов. Дисперсия увеличивает скорость биоразложения за счет увеличения площади поверхности, доступной для воздействия микроорганизмов, а также за счет понижения концентрации нефти в воде до такого уровня, при котором не теряются кислород и содержащиеся в воде питательные вещества, необходимые для роста бактерий. Большие количества бактерий природного происхождения присутствуют даже в чистой среде. В присутствии нефтяных соединений микробы быстро наращивают общую численность, что способствует разложению нефти. Существуют местные микроорганизмы естественного происхождения, которые выживают не только в холодных арктических водах, но и в условиях высокого содержания солей, которые образуются при выделении соли в процессе роста морского льда.

2.6 Процессы, влияющие на вмерзшую в лед нефть в условиях таяния

При таянии и разрушении ледового покрова нефть, остающаяся в проталинах, попадает в воду в виде тонких пленок, тянущихся подобно

					<i>Динамика поведения нефти, разлитой в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

шлейфу за дрейфующим разрушающимся льдом. Густая нефть попадает в воду в виде более толстых, не разрастающихся пятен или комков. При сильном волнении начинается эмульгирование и естественная дисперсия нефти. Так как загустевшая нефть особенно стойка к эмульгированию и естественной дисперсии, ее пятна сохраняются гораздо дольше, чем пятна легкой нефти. Однако под действием солнечных лучей загустевшая нефть нагревается до температуры, превышающей температуру окружающей среды, в результате чего нефть вновь может перейти в жидкое состояние. Став жидкой, нефть более интенсивно подвергается эмульгированию, испарению и естественной дисперсии.

Нефть, разлитая непосредственно на паковый лед, весной подвергается практически такому же выветриванию, как и на открытой воде. Нефть, разлитая под дрейфующие льдины, быстро выступает на поверхность льда, просачиваясь через имеющиеся в нем поры, и начинает испаряться. Площадь самих льдин быстро уменьшается под действием ветра и волн, и по мере их разрушения возможно дополнительное высвобождение нефти. Отсутствие больших объемов битого и снегового льда между тающими льдинами в весенних условиях способствует тому, что нефтяные пятна распространяются и испаряются гораздо быстрее, чем в холодное время года. Более высокие весенние температуры также ускоряют испарение. Как только нефтяные пятна подвергаются воздействию волн, начинаются процессы эмульгирования и естественной дисперсии.

Выводы:

- Присутствие льда и низкая температура повышают вязкость нефти, а также снижают скорость распространения и выветривания разлитой нефти.
- Снег и лед могут эффективно сдерживать нефть.
- Нефть, вмержшая в лед в период его замерзания, обычно возвращается на поверхность при весеннем таянии, под действием процессов абляции или миграции. Так как нефть находится в том же состоянии выветривания, что и до инкапсуляции, ее можно удалить методом сжигания на месте.

					Динамика поведения нефти, разлитой в арктических условиях	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Методы обнаружения аварийных разливов нефти

Для обнаружения аварийных разливов нефти на арктическом шельфе применяют визуальные, параметрические и дистанционные методы. Присутствие на водной поверхности льда может, как облегчать, так и усложнять методы обнаружения РН.

Визуальные методы.

Основными признаками РН в арктических условиях являются: видимый выход нефти на поверхность трассы, появление радужной оболочки на поверхности воды, изменение цвета снежного или ледяного покрова (потемнение). Такие признаки могут быть обнаружены путем патрулирования местности на судах или вертолетах; для обнаружения подледных РН используются специально дрессированные собаки. Также в водах Арктики применяют сканирующие устройства и буи, которые сигнализируют о наличии РН.

Параметрические методы.

Обнаружение аварий на нефтепроводе в Арктике можно определить методом сравнения расходов. Этот метод основывается на сравнении объема перекаченных нефтепродуктов в начальной и конечной точках участка трубопровода. Также применяют метод контроля давления. Он осуществляется на основе показаний манометров, установленных на трассе нефтепровода. Снижение давления более чем на 0,15 МПа от установленного режима перекачки указывает на наличие утечки или повреждения нефтепровода.

Дистанционные методы.

Одним из наиболее перспективных дистанционных методов контроля

					Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Методы обнаружения аварийных разливов нефти	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					31	91
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

арктических широт с целью обнаружения нефтяных пленок является применение спутниковых радиолокационных систем. Радиолокационные изображения со спутника можно использовать для обнаружения и определения границ нефтяных пятен в районах с присутствием льда, с учетом размера льдины, сплоченности льда, размеров пятна и скорости ветра. Важные преимущества спутниковой РЛС заключаются в том, что ее можно использовать в темное время суток, в штормовых условиях, а также для обследования больших территорий. РН также можно обнаружить путем облучения поверхности воды или льда ультрафиолетовыми или инфракрасными лучами.

Обнаружение и мониторинг разливов нефти являются ключевыми факторами при принятии решений о выделении ресурсов на ликвидацию аварийных разливов нефти. Информация по результатам обнаружения и контроля местоположения нефти определяет цели для незамедлительного применения технологий ликвидации аварийных разливов нефти. Прогнозирование перемещений разлитой нефти позволяет ликвидаторам аварии своевременно корректировать планы ЛАРН с учетом факторов, характерных для данной ситуации, подстраиваться под периоды неблагоприятных погодных условий, которые могут временно ограничить их деятельность, а также определить экологически чувствительные зоны, для защиты которых следует предпринять соответствующие меры.

					<i>Методы обнаружения аварийных разливов нефти</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

4 Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях

4.1 Локализация и сбор разлитой нефти

Локализация и сбор разлитой в арктических условиях нефти осуществляется механическим методом. Под данным методом подразумевают удаление нефти с поверхности воды путем локализации нефтяного пятна с помощью установки боновых заграждений и сбора нефти с поверхности воды с использованием нефтесборщиков (скиммеров).

При планировании мер по ликвидации потенциальных разливов нефти в арктических водах необходимо учитывать, что ликвидаторы могут столкнуться с двумя видами условий, сильно различающихся между собой: вода, свободная ото льда, и вода, в различной степени покрытая льдом.

Нефть, разлитая на открытой водной поверхности, быстро растекается, формируя тонкую пленку. В таких условиях в первую очередь необходимо осуществить локализацию нефтяного пятна с помощью бонового заграждения, чтобы предотвратить дальнейшее растекание нефти и обеспечить максимальную толщину нефтяной пленки для ее эффективного сбора.

Нефть, разлитая в ледовых условиях, локализуется естественным путем находящимися на поверхности воды льдинами. Лед препятствует распространению нефтепродуктов, что позволяет начать немедленно производить работы по сбору нефти. В таких условиях нет необходимости осуществлять локализацию нефтяного пятна боновыми заграждениями.

Для того чтобы системы механического сбора нефти работали в присутствии сильносплоченного льда, они должны быть оборудованы

					<i>Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тюкалов И.Ю.			Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					33	91
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

средствами удаления льда для получения доступа к нефти и эффективного ее сбора. Такие системы также должны быть рассчитаны на работу при низких температурах, поэтому нефтесборщики (скиммеры) оборудуют системами защиты или подогрева, защищающими их от замерзания.

Нефть, скопившаяся подо льдом, может самостоятельно найти место выхода на водную поверхность через карманы, а в случае их отсутствия могут быть сделаны траншеи и шурфы буром, цепной пилой, бульдозером или экскаватором. Они позволяют нефти собираться на поверхности для последующего ее удаления или сжигания. Если для сбора используются трещины, то их можно обложить нефтенепроницаемым пластиком.

4.1.1 Локализация разлива нефти на поверхности льда

На твердом льду снег и неровности поверхности действуют как естественные барьеры, которые ограничивают распространение нефти и могут задерживать ее, позволяя осуществлять механический сбор или сжигание. Если необходимо провести дополнительное задержание, то для быстрого возведения эффективных преград можно использовать снег, который является также хорошим сорбентом для нефти. Для перемещения снега и создания барьеров могут быть использованы как лопаты, так и грейдеры, бульдозеры.

Снег должен быть хорошо утрамбован. Преграду можно облить водой для образования ледяной корки на верхней и боковых частях и обеспечения ее непроницаемости для разлитой нефти. При разливах дизельного топлива или легких нефтепродуктов снежную преграду следует обложить пластиком или использовать барьер из фанеры для предотвращения просачивания нефти через снег (дизельное топливо может продвигаться вверх по капиллярам в снегу). Преграду можно использовать в сочетании с траншеей для остановки и сбора распространяющейся нефти.

При проведении работ на льду требуется соблюдение условий безопасности.

					<i>Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

Таблица 1 – Условия безопасности при проведении работ на льду

Груз	Масса груза, т	Наименьшая безопасная толщина ледяного покрова, см	Наименьшее допустимое расстояние до кромки льда, м
Человек со снаряжением	0,1	10	6
Автомашина грузоподъемностью 1500 кг	3,5	25	19
Автомашина грузоподъемностью >1500 кг	6,5	35	25
Самосвал с грузом или бульдозер	8,5	39	25
Тягач с грузом или трактор	10	55	26
Трактор с грузом	20	50	30
Сверхтяжелый груз	40	100	38

4.1.2 Локализация разлива нефти с помощью боновых заграждений

Для локализации нефти используются боны самых различных конструкций. В условиях открытого моря наиболее целесообразны надувные боны, которые хранятся и транспортируются на специальных барабанах, что обеспечивает их относительную компактность и быструю установку. Многие вариации бонов изготавливаются из очень прочных и устойчивых к истиранию материалов, благодаря чему их можно использовать в воде, содержащей отдельные образования льда. Эти материалы должны быть нехрупкими, подходящими для эксплуатации при низких температурах.



Рисунок 5 – Типы конструкций БЗ

Для оперативной локализации разлива нефти на морях применяются боновые заграждения длиной до 460 м на буксирных канатах (тросах), которые обеспечивают фактическую ширину охвата нефтяного пятна 90–150 м, они эффективно сдерживают быстрое распространение нефти на большой территории. В данной технологии применяют U-образную, V-образную и J-образную конфигурации бонов, которые буксируются с помощью двух судов, закрепленных к бонам на тросе (длина троса 40-60 м). Эта технология также позволяет увеличивать толщину нефтяной пленки для повышения скорости ее обработки скиммерами.

Качество работы бона лучше всего оценивается путем наблюдения. Нефть, протекающая под боном, принимает форму поднимающихся позади бона шариков и капель. Даже при хорошей работе бона может образовываться нефтяная пленка; наличие вихревого движения позади бона означает, что он буксируется слишком быстро.

Для достижения оптимальных результатов суда должны одновременно поддерживать правильную конфигурацию буксируемого бона и необходимую минимальную скорость относительно скорости воды, а именно, скорость ниже той, при которой наступает утечка нефти. Это означает, что каждому из двух буксировочных судов потребуется как минимум половина общей мощности, необходимой для буксировки бона при максимальной скорости, удовлетворительной для удерживания нефти, при сохранении способности к достаточному маневрированию при низких скоростях.

Идеальное положение буксировочного крюка на борту судна выявляется экспериментальным путем и может при необходимости потребовать переноса в зависимости от курса судна и направления ветра. Обязательным является поддержание своевременной связи между двумя буксирными судами с тем, чтобы оба судна двигались с одинаковой скоростью управляемым и координированным образом. Для координации движения, действий судов и направления их к участкам разлива с

					<i>Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

наибольшим количеством нефти также могут использоваться самолеты, оснащенные оборудованием для связи «воздух-море».



Рисунок 6 – Надувной бон, развернутый по U-образной конфигурации между двумя судами для сдерживания нефти

При более высокой сплоченности льда используются нефтесборные системы с одним судном, оборудованным выносными бортовыми стрелами, на которых закреплены боны, что позволяет обеспечить максимальный охват пятна нефти для ее сбора. При таком захвате скиммер все время находится в «кармане», образованном боными, что позволяет эффективно собирать нефть, сконцентрированную в ограниченном пространстве. Такие судна могут маневрировать между крупными льдинами при большей концентрации льда.

Для применения в холодных водах Арктики используют ограждения БЗ-МН (боны заградительные морские надувные). Главными особенностями этих бонов является увеличенная высота заграждения и их устойчивость при волнении за счет надувных поплавков, что позволяет успешно буксировать данные боны судами.

Преимущества БЗ-МН:

- двойная надувная камера, устойчивая к проколам и порезам (ПВХ-ткань);
- повышенная устойчивость к агрессивной морской среде;

- быстрота и удобство постановки за счет высококачественных специальных клапанов;
- удобство транспортировки, мытья и хранения за счет малого веса и объема;
- удобный и легкий ремонт и обслуживание;
- возможность применения при низких температурах (до -40°C).

Таблица 2 – Эксплуатационные характеристики БЗ-МН

Условия эксплуатации	Значение показателя
Волнение моря, баллы, не более	3
Скорость ветра, м/с, не более	7,9
Скорость течения, м/с, не более	1,5
Температура воздуха, °С	От -40 до +65
Скорость буксировки по водной поверхности, км/ч, не более	5,6
Количество бонов, буксируемых в одной нитке, шт, не более	15
Высота слоя нефти, удерживаемая боном, мм, не более	350
Длина секции, м, не более	15

Соединение между собой секций данных заградительных бонов осуществляется с помощью Z-образных креплений по стандарту ASTM [16].

Порядок постановки боновых заграждений:

- 1) концы бонового заграждения (длину выбирают в зависимости от площади загрязненного участка акватории) крепят к носовой части двух катеров или буксиров;
- 2) очистку открытой акватории начинают с наиболее загрязненного участка;
- 3) буксиры или катера должны двигаться малым ходом вперед параллельным курсом;

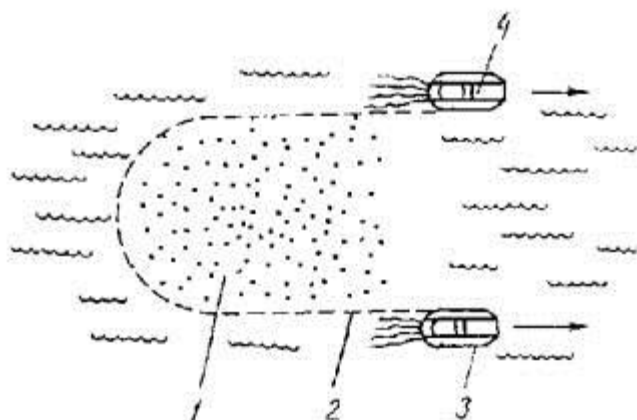


Рисунок 7 – Движение буксиров при очистке акватории:

1 – нефтяное пятно; 2 – боновые заграждения; 3 – катер; 4 – буксир

4) расстояние между буксирами или катерами выбирают из расчета максимального захвата нефтяного пятна;

5) после выхода буксиров за границу нефтяного пятна, один из них останавливается, а другой, описывая циркуляцию, подходит к первому буксиру и швартуется к нему носом к корме;

б) затем на огражденный БЗ участок спускают нефтесборщик (скиммер) [17].

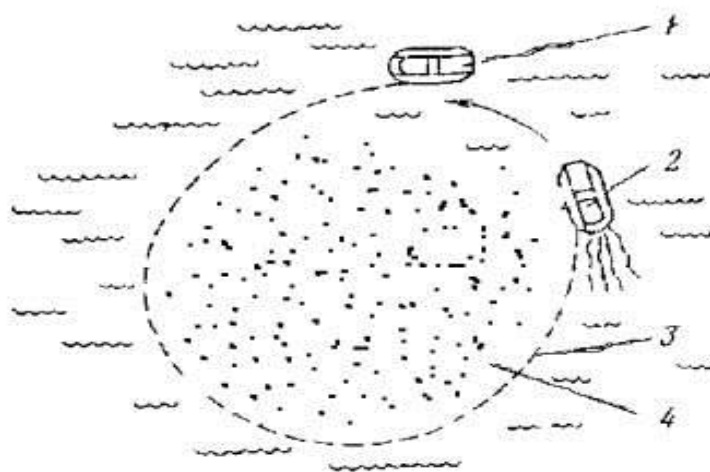


Рисунок 8 – Ограждение загрязненного участка акватории бонами:

1,2 – буксиры; 3 – боновое заграждение; 4 – нефтяное пятно

При РН в условиях битого льда рекомендуется следующий порядок работ по локализации нефтяного пятна:

1) обколоть лед вокруг разлива;

- 2) в проход во льду завести БЗ, имеющие повышенную прочность;
- 3) один конец заграждений закрепить к причалу, а другой отводить буксиром от границы разлива, создавая на огражденном участке зону свободной ото льда воды;
- 4) в свободную ото льда зону завести скиммер [17].

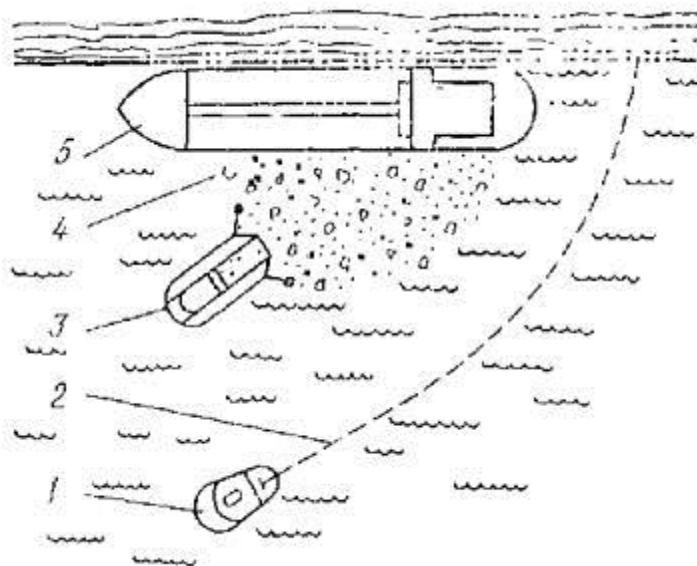


Рисунок 9 – Локализация нефтяного пятна в условия битого льда:

1 – буксир; 2 – боновые заграждения; 3 – скиммер; 4 – битый лед; 5 – танкер

4.1.3 Применение скиммеров для сбора нефти

Заборное устройство скиммера отводит или собирает нефть с морской поверхности, направляя ее во входное отверстие в насосную систему для перекачки в накопительный бак. Скиммеры спускаются на воду с судов в карманы, образованные БЗ. В ледовых условиях скиммеры работают в специально прорезанных во льду майнах.

Механизмы отвода нефти с поверхности воды включают олеофильные системы, которые основаны на прилипанию нефти к движущейся поверхности, системах засасывания, гравитационных системах водослива (пороговые скиммеры) и системах, которые поднимают нефть с поверхности с помощью механических черпаков, лент или ковшей.

Олеофильные скиммеры

В олеофильных скиммерах применяются материалы, привлекающие нефть и отталкивающие воду. Нефть прилипает к поверхности материала, обычно в форме диска, барабана, ленты, щетки или троса-швабры, которые при вращении поднимают нефть с поверхности воды. После освобождения от воды нефть счищается или выжимается из олеофильного материала и попадает в отстойный резервуар, из которого перекачивается в накопительные баки. Посредством использования олеофильных скиммеров обычно достигается максимальное соотношение количества собранной нефти и забранной отдельно или вместе с нефтью воды, известного как коэффициент забора нефти. Они наиболее эффективны при сборе нефтепродуктов средней вязкости. Маловязкие нефтепродукты, такие как дизельное топливо и керосин, не скапливаются на олеофильных поверхностях достаточно толстым слоем, что не позволяет достичь высокой эффективности забора. Нефтепродукты с более высокой вязкостью являются очень липкими и с трудом поддаются удалению с поверхности заборного устройства. Водонефтяные эмульсии, наоборот могут быть почти нелипкими и трудно поддаются забору олеофильными скиммерами некоторых конструкций, например, дисковые скиммеры проходят сквозь эмульсию вместо ее забора. Олеофильные устройства обычно изготавливаются из полимерных материалов, хотя была доказана и эффективность металлических поверхностей.

Вакуумные скиммеры

Принцип действия вакуумных скиммеров основан на использовании вакуума или воздуха для всасывания нефти с морской или береговой поверхности. Вакуумные системы являются универсальными и могут применяться для сбора различных сортов нефти (за исключением разве что тяжелой нефти), но по соображениям безопасности их нельзя применять для сбора очищенных летучих нефтепродуктов. Простейший метод сбора нефти – это погружение приемного рукава с сетчатым экраном для блокирования прохода мусора непосредственно в плавающую или оказавшуюся на мели

					<i>Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

нефть. Преимуществом вакуумных систем является то, что обычно они оборудованы встроенным баком для хранения собранной нефти и, если система не стационарная, могут использоваться для транспортировки нефти к месту хранения. Недостатком этого типа скиммеров является то, что в определенных случаях они могут собирать больше воды, чем нефти.

Пороговые скиммеры

В основе работы пороговых скиммеров лежит перетекание нефтяной смеси через преграду (пороговое устройство), расположенную на границе нефтяной пленки и воды, для разделения ее на нефтяную и водную фракции. Во многих условиях скиммеры такого типа оказываются менее эффективными, чем олеофильные, и отличаются высоким содержанием воды в собранной нефти, что требует больших резервуаров для хранения собранной жидкости, чем при использовании олеофильных систем. Пороговые скиммеры бывают самых разных размеров. Большие скиммеры применяют при значительных разливах, когда необходимо собрать большое количество нефтеводной смеси – в таких случаях после сбора используют мощные насосы для перекачки смеси в объемные резервуары для ее хранения и отделения нефти от воды. Одним из преимуществ пороговых скиммеров является их малая чувствительность к вязкости нефти. При сборе высоковязких нефтепродуктов иногда требуется добавление воды в собранный материал для облегчения его перекачивания в резервуар для хранения. Недостатком данных скиммеров является то, что в условиях сильных волн они становятся малоэффективны.

Механические скиммеры

В основе работы таких систем лежит физический сбор нефти с поверхности воды, для чего используются различные устройства, начиная с конвейерных лент и заканчивая захватывающими ковшами. Этот тип скиммеров больше подходит для сбора очень вязкой нефти.

Предпочтительные типы скиммеров, применяемые в ледовых условиях: вакуумные, барабанные, щеточные, барабанно-щеточные и дисковые

					<i>Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

системы. Использование ленточных скиммеров допустимо, если куски льда перед скиммером раздвигаются вручную или собираются с ленты скиммера.

При использовании скиммеров на водной поверхности с битым льдом следует минимизировать их столкновения с льдинами (кроме щеточного и барабанно-щеточного, которые лучше всего подходят для отклонения небольших льдин).



Рисунок 10 – Скиммер барабанно-щеточный

4.1.4 Применение сорбентов

На практике главным образом используются два типа реагирования на разлив нефти в ледовых условиях с применением нефтяных сорбентов.

1) Закачка сорбентов под лед для сорбирования нефти, сконцентрированной под ледяным покровом.

Данный способ применяется для снижения концентрации нефти, адсорбированной под нижней кромкой льда. Для ускорения вытеснения нефти из-под ледяного покрова и ее сорбирования в нескольких точках производится закачка сорбента под лед через специально устроенные прорезы или майны.

2) Нанесение сорбента на нефть, разлитую на поверхности льда и снега, с последующим смывом подогретой водой.

Данный способ применяется также для предотвращения попадания нефтепродуктов в воду и их дальнейшего распространения при таянии льда. Для использования сорбентов на арктическом шельфе необходимо иметь:

- сорбент, позволяющий сорбировать нефть при низких температурах;
- специальные средства нанесения сорбента, которые позволяют закачивать его под лед;
- специальные средства сбора отработанного сорбента.

Основные сорбенты, позволяющие работать при широком диапазоне температур, такие как «Унисорб», «Ньюсорб», «Экосорб» и другие сочетают в себе множество преимуществ:

- не наносят абсолютно никакого вреда экологии;
- одинаково эффективно сорбируют нефть при любых погодных условиях;
- легко утилизируются;
- способность применения на твердой и водной поверхностях;
- способность применения при экстремально низких температурах (-50°C).

Таблица 3 – Технические характеристики сорбента Ньюсорб

Наименование параметра	Значение
Сорбционная емкость (нефтеемкость) г/г	4,6-9
Температура применения, °С	-50...+60
Плаваемость насыщенного сорбента	не ограничена
Объемный вес (насыпная плотность) тонн/м ³	0,14-0,15
Фракция, мм	0-9
Срок хранения	Не ограничен
Упаковка	П/п пакет с п/э вкладышем, масса 12 кг



Рисунок 11 – Распыление сорбента

Для распыления сорбента Ньюсорб может использоваться распылитель АРС (Автономный распылитель сорбента) [18].

Сорбенты по степени утилизации можно разделить на три группы: утилизируемые, частично утилизируемые и не утилизируемые.

Использование сорбента неоднократно возможно в случаях, если сорбент обладает высокой упругостью, то есть восстанавливает свои свойства после отжима. В практике применения сорбентов отмечается уменьшение емкости сорбента после нескольких отжимов в связи с закупориванием его пор и необратимой деформацией структуры, когда он к дальнейшему использованию не пригоден, то есть его необходимо утилизировать.

Сжигание отработанного сорбента неприменимо ко всем сорбентам, например, его невозможно применить к минеральным сорбентам и с существенными замечаниями применить к синтетическим при использовании топков, обеспечивающих высокую температуру, что позволяет избежать образования токсичных продуктов неполного окисления длинных органических молекул.

Один из наиболее легких способов утилизации – вывоз сорбента на свалку или передача дорожникам – зачастую связан с непредвиденными препятствиями. Почти ни одна свалка не примет сорбент с нефтепродуктом, если у нее нет специальной технологии его захоронения. В основном, это

					<i>Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		45

касается синтетических сорбентов, которые чаще всего бионеразложимы. Легче утилизировать сорбенты из природного органического сырья, так как их можно сжечь или подвергнуть ускоренному биоразложению с помощью добавления биопрепаратов.

4.2 Методы ликвидации разливов нефти

4.2.1 Сжигание нефти на месте разлива

В технологии сжигания нефти на месте разлива важную роль оказывает сплоченность льда, которую можно условно разделить на три группы:

- 1) От 0 до 30% поверхности заняты льдом;
- 2) От 30 до 70% поверхности заняты льдом;
- 3) От 70 до 100% поверхности заняты льдом.

Для сжигания нефти в открытой воде (при небольшой сплоченности льда), когда лед не препятствует распространению нефти, необходимы два технологических компонента: огнеупорные боны и воспламенители. Технология сжигания в таком случае проста: огнеупорные боны устанавливаются с помощью буксирующих судов, затем путем выброса на разлитую нефть с вертолета желатинообразного топлива или выброса запального устройства с судна осуществляется воспламенение нефти. Следует отметить, что для поддержания горения нефти необходима минимальная толщина пленки 2-3 мм.

Во льдах средней сплоченности (от 30 до 70%), лед снижает скорость распространения и перемещения пятна, но не способен полностью локализовать нефтяной разлив. Применение боновых заграждений при такой сплоченности льда затруднительно, если вообще возможно. Вместо этого можно применять нефтесобирающие ПАВ, которые служат для концентрации нефтяных пятен до толщины, достаточной для их сжигания.

Метод сжигания наиболее полезен и имеет высокую эффективность во льдах с высокой сплоченностью (от 70 до 90%). Присутствие льда препятствует распространению нефти (нефть собирается в естественных выбоинах и трещинах); также за счет пониженного действия волн в пределах

					<i>Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		46

ледового поля и низких температур снижается влияние процессов выветривания, что облегчает сжигание нефти. В результате «окно возможности» для сжигания более продолжительно при разливах во льдах высокой сплоченности, чем при разливах на открытой воде.

Нефть, разлитая на поверхности льда и смешавшаяся со снегом, может успешно сжигаться в сугробах даже в условиях арктической зимы. Во многих случаях ожидание момента, когда снег растает, может привести к образованию тонких пленок нефти, не способных поддерживать горение и распространенных на большой территории ледового покрытия. В то же время загрязненная нефтью снежная масса, доля снега в которой достигает 70%, может сжигаться на месте. Для смесей с более высоким содержанием снега (т.е. с более низким содержанием нефти) для инициации горения могут использоваться катализаторы, такие как дизельное топливо или свежая сырая нефть. Для еще более разжиженных смесей нефти в снегу целесообразно сгребать загрязненный нефтью снег в сугробы, пока нефть не сконцентрируется до уровня, допускающего успешное воспламенение и сжигание. При этом сугробы загрязненного нефтью снега должны быть конусообразными с углублением посередине, куда помещается воспламенитель. Под действием тепла от пламени тают окружающие внутренние стенки конического сугроба, при этом из снега высвобождается нефть, которая стекает в центр сугроба и служит топливом для огня. При таком способе образуются значительные количества талой воды у основания сугроба, которую следует отводить.

					<i>Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

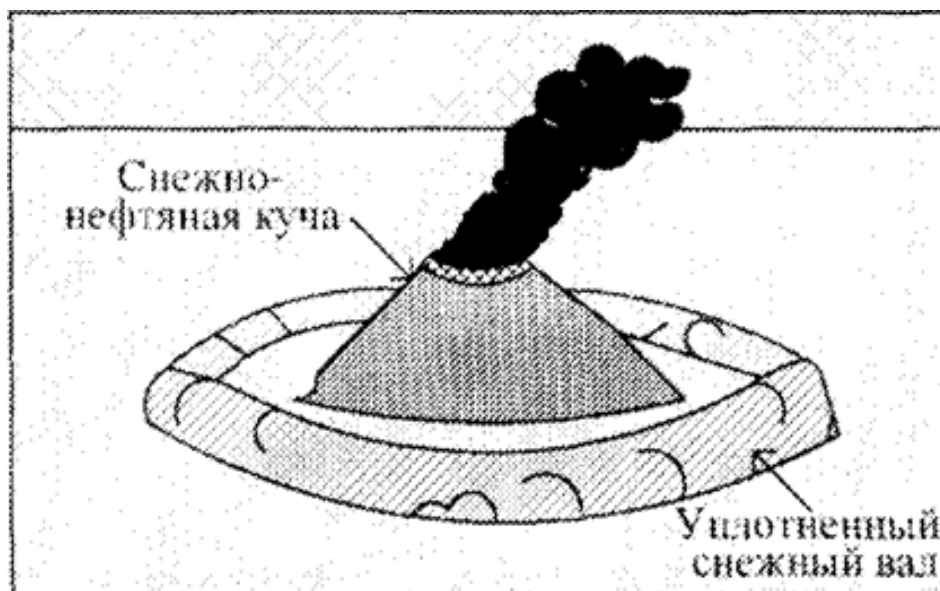


Рисунок 12 – Сжигание снежно-нефтяных куч

Метод сжигания на месте является очень важным средством для ликвидации разливов нефти, которое позволяет уничтожать нефть с эффективностью 90%.

Несмотря на множество факторов, побуждающих к рассмотрению метода сжигания как основного способа борьбы с разливами нефти, применение данного метода может вызывать некоторые возражения. Отмечается две главных проблемы: во-первых, опасения по поводу вторичных возгораний, представляющих угрозу для человеческой жизни, имущества и природных ресурсов; и, во-вторых, потенциально вредные воздействия на окружающую среду и здоровье человека со стороны побочных продуктов сжигания, в первую очередь – дыма.

4.2.2 Применение диспергентов

Химические и физические диспергенты предназначены для ускорения естественного рассеивания нефти путем снижения поверхностного натяжения на границе раздела нефти и воды, облегчая образование небольших капель нефти под воздействием волн. Волны и течения распространяют капли нефти в дисперсном состоянии в водной толще, где нефть претерпевает естественное биоразложение.

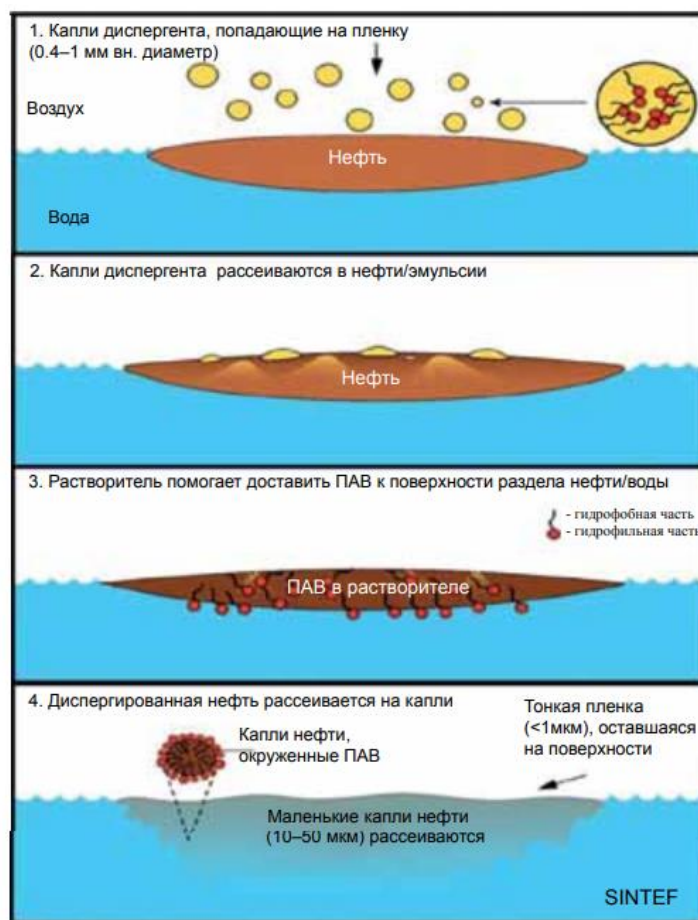


Рисунок 13 – Процесс применение диспергентов и рассеивания нефти

Использование диспергентов незаменимо, когда из-за сильных ветров и плохих погодных условий на арктическом шельфе невозможно применять механические методы сбора нефти и методы сжигания ее на месте.

Применение диспергентов при ликвидации аварийных разливов нефти на арктическом шельфе бывает затруднено из-за присутствия льда, так как в основном они могут использоваться либо на открытой воде, либо при низкой сплоченности льда (10-20%). Для использования диспергентов при высокой сплоченности льда требуется проведение дополнительных мероприятий, таких, как вырубка во льду майн или дополнительное перемешивание нефти винтами, которые осуществляются с помощью судов и другой техники.

На эффективность применения диспергентов в условиях Арктики влияют следующие факторы: тип диспергента, сорт нефти, температура окружающей среды (низкие температуры способствуют повышению вязкости нефтепродуктов) и волнение моря.

Доставка диспергентов к месту разлива нефти и их распыление обычно осуществляется с помощью плавучих средств, самолетов или вертолетов. Следует отметить, что диспергенты менее токсичны, чем нефть, но они также могут оказывать пагубное влияние на человека и другие живые организмы при их распылении.

Диспергент Корексит 9527

Диспергент Корексит 9527 – это один из наиболее эффективных зарубежных диспергентов, а также один из немногих диспергентов, разрешенных для применения контролирующими органами в России. Данный тип диспергентов отличается относительно низкой токсичностью, а также возможностью применения при низких температурах. Характеристика диспергента представлена в таблице 4 [15].

Таблица 4 – Свойства диспергента Корексит 9527

Показатель	Корексит 9527
Внешний вид при 20 °С	Маслянистая жидкость от светло-коричневого до темно-коричневого цвета
Плотность при 20 °С, кг/м ³	1010
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с, не более	60
Температура вспышки, °С, не ниже	79
Температура замерзания, °С	-35
Токсичность, ПДК, мг/л	0,05
Расход диспергента по отношению к нефти, не более	1:10

4.3 Очистка береговой линии

Вопросы о защите и очистке береговой линии становятся актуальными лишь при отсутствии сплошного льда, в ином случае припай препятствует попаданию нефти на берег.

Для защиты береговой линии в условиях отсутствия льда важную роль играют береговые боны. Они предназначены для использования в межприливных областях или на берегах с постоянно меняющимся уровнем

воды. Данный тип бонов наилучшим образом подходит в случае, когда необходимо закрыть контур берега вне зависимости от того, повышается ли уровень воды или падает. Береговые боны применяются путем заполнения их нижней части водой, верхняя часть заполняется воздухом, что автоматически позволяет приспособливаться к изменяющемуся уровню воды.

Методы очистки береговых зон в случае РН делятся на три основные группы: естественное восстановление без вмешательства, физическое удаление загрязненных нефтью материалов и обработка нефти на месте.

Естественное восстановление.

Естественное восстановление береговой линии зачастую бывает самым щадящим решением при обработке пятен нефти низкой и средней плотности, особенно если доступ к ним ограничен или затруднен, что характерно для многих арктических побережий. Такая стратегия подходит в условиях, когда:

- Активная обработка или очистка нефти, осажденной вдоль береговой полосы, повлечет за собой нанесение большего ущерба окружающей среде, чем при ее естественном восстановлении;
- Методы ликвидации нефтяного загрязнения не ускорят темпы естественного восстановления;
- Персоналу, осуществляющему ликвидационные работы, грозит опасность либо со стороны нефти как таковой, либо со стороны условий проведения работ (погода, возможности доступа, естественные опасности и др.).

Физическое удаление нефти.

Физическое удаление нефти включает сбор и утилизацию нефти. Существует ряд различных методов сбора нефти, в основе которых обычно лежит либо вымывание нефти, либо сбор или механическое удаление нефти.

При вымывании нефть вытесняется напором воды либо в близлежащие воды, где она задерживается бонами и собирается нефтесборным оборудованием, либо в направлении зоны сбора, например, в специально оборудованный колодец или траншею, откуда нефть собирается вакуумной

					<i>Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

системой или скиммером. Такой способ очистки довольно медленный и требует большого количества рабочей силы, но в результате его применения образуются только жидкие отходы.

Ручное удаление включает сбор нефти с помощью черпаков и скребков, срезание загрязненной нефтью растительности, а также применение и утилизацию пассивных сорбентов. Метод ручного сбора нефти также отличается низкой скоростью и необходимостью большого количества рабочей силы, но в результате его применения образуется меньше отходов, чем при механическом удалении нефти.

Для механического удаления в основном используется оборудование для землеройных и строительных работ (бульдозеры, экскаваторы, грузовые автомобили). Несмотря на то, что при механическом удалении нефти требуется намного меньше рабочей силы и скорость очистки существенно выше, чем при ручном (может быть важным для отдаленных районов), при этом способе образуется гораздо больше отходов, а значит, нужна особая организация их транспортировки и хранения.

Очистка на месте образования загрязнения.

В этом случае работы по очистке проводятся непосредственно на месте образования загрязнения, а значит, количество отходов и необходимость их обработки сводятся к минимуму, что исключает проблему их перевозки и утилизации. Метод очистки на месте образования загрязнения особенно подходит для отдаленных районов, где логистика является ключевым фактором для оценки практической реализуемости и целесообразности. Метод включает в себя следующие действия:

- Механическое перемешивание загрязненных нефтью отложений (также известное как рекультивация или аэрация) может включать перемешивание либо в отсутствие воды (сухое перемешивание), либо под водой (мокрое перемешивание). Метод предполагает выветривание и бактериальное разложение как можно большего количества нефти либо

					<i>Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

создание смеси нефти с грунтом, имеющей меньшее негативное влияние на экологию, чем жидкая нефть на поверхности.

- Перемещение осадочных отложений (перемещение насыпей, мытье в зоне прибоя) отличается от процесса перемешивания, несмотря на то, что при применении данного метода осадочные отложения также тщательно перемешиваются, но при этом загрязненные нефтью отложения намеренно перемещаются с одного места на другое, где очистке будут способствовать более высокая энергия волн.

- Сжигание пропитанных нефтью бревен или берегового мусора, так как эти материалы содержат очень небольшое количество нефти.

- Методы, основанные на использовании биологических веществ, ускоряющих разложение нефти с места образования загрязнения естественным путем. Эффективность данных методов не всегда бывает одинаково высока, поскольку многие культуры «работают» лишь в относительно узком диапазоне условий. Обычно для очистки используют бактерии (*Bacterium Actinomyces*, *Artrobacter*, *Thiobac-terium*, *Desulfo-lomaculum*, *Pseudomonas*, *Hydromonas*, *Bacillus* и др.), а также низшие формы грибов.

					<i>Методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в арктических условиях</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

5 Расчётная часть

Задание: Определить количество нефти, вылившейся из нефтепровода вследствие аварии, оценить степень загрязнения земель, атмосферы, водных объектов, а также оценить ущерб, подлежащий компенсации окружающей природной среде, от загрязнения земель, атмосферы и водных объектов.

Исходные данные:

НП между приемо-сдаточным пунктом и нефтеналивным терминалом «Ворота Арктики» длиной 3,9 км, диаметром 720 мм с толщиной стенки 18 мм. Глубина заложения 1 м. НП на 0,4-3,9 км проложен по дну Обской губы.

Место аварии 1,2 км. Произошел гильотинный разрыв нефтепровода. Общая площадь загрязнения нефтью составила 13000 м². Из них 3000 м² - загрязнение береговой зоны.

Левая задвижка от места аварии находится на 0,2 км трассы, правая – на 3,9 км.

Время возникновения аварии 05.10.2016 г. в 10-00. Время остановки перекачки нефти 10 минут. Время закрытия задвижек 6 минут.

Температура воздуха равна -14°C, температура верхнего слоя земли 0°C, температура верхнего слоя воды 1°C. Грунт берега – гравий влажностью 60%.

					Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Расчетная часть	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					54	91
Консульт.								
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						
						ТПУ гр. 2Б4Б		

Таблица 5 – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Y, м	№ п/п	X, м	Y, м
1	0	3,1	11	2,0	-7,9
2	0,2	3,5	12	2,2	-8,4
3	0,4	0,1	13	2,4	-8,6
4	0,6	0	14	2,6	-8,1
5	0,8	-1,1	15	2,8	-9
6	1,0	-5,5	16	3,0	-10,2
7	1,2	-7,5	17	3,2	-10,6
8	1,4	-7,7	18	3,4	-11,1
9	1,6	-7,6	19	3,7	-11,4
10	1,8	-8,2	20	3,9	-12

$Q_0=0,35 \text{ м}^3/\text{с}$ – расход нефти в неповрежденном нефтепроводе при работающих насосных станциях;

$Q^*=0,41 \text{ м}^3/\text{с}$ – расход нефти при работающих насосах в поврежденном нефтепроводе;

$P_0=3 \text{ МПа}$ – рабочее давление;

$\rho=850 \text{ кг/м}^3$ – плотность;

$g=9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести;

$\nu=0,076 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ – кинематическая вязкость нефти;

$h_a = 10 \text{ м вод. столба}$ – напор, создаваемый атмосферным давлением;

$t_i = 0,1 \text{ ч}$ – элементарный интервал времени;

$C_\phi=0,05 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_p=50 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии;

$m_p=120 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади моря после аварии;

$m_\phi=0,24 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади моря до аварии;

$m_{\text{пл.ост.}}=0,4 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 после ликвидации аварии;

$D_{п}=0,07\text{м}$ – толщина слоя нефти на поверхности земли;

$D_{в}=0,003\text{м}$ – толщина слоя нефти на водной поверхности;

$T_{н.п.}=48\text{ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$T_{н.в.}=48\text{ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности;

$q_{и.п.}=556\text{ г/м}^2$ – удельная величина выбросов летучих углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на почве;

$q_{и.в.}=150\text{ г/м}^2$ – удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на воде;

Регион – Ямало-Ненецкий автономный округ;

Период восстановления земель – 3 года;

Степень загрязнения – средняя;

Глубина пропитки почвы – 7 см.

Профиль трассы нефтепровода представлен в приложении Б.

5.1 Оценка факторов, определяющих величину ущерба окружающей среде при авариях на нефтепроводах

Основными факторами, определяющими величину ущерба, наносимого окружающей природной среде при авариях на нефтепроводах, являются:

- количество вылившейся из нефтепровода нефти и распределение ее по компонентам окружающей среды;
- площадь и степень загрязнения земель;
- площадь и степень загрязнения водных объектов;
- количество углеводородов, выделившихся в атмосферу [19].

5.2 Определение количества нефти, вылившейся из нефтепровода вследствие аварии

Расчет количества нефти, вылившейся из трубопровода, производится в три стадии, определяемыми разными режимами истечения:

- истечение нефти с момента повреждения до остановки перекачки;

					<i>Расчетная часть</i>	<i>Лист</i>
						56
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- истечение нефти с момента остановки перекачки до закрытия задвижек;

- истечение нефти с момента закрытия задвижек до прекращения утечки.

Суммарный объем аварийной утечки нефти равен:

$$V=V_1+V_2+V_3,$$

где V_1 – объем нефти, вытекшей с момента повреждения до остановки перекачки, м^3 ;

V_2 – объем нефти, вытекшей с момента остановки перекачки до закрытия задвижек, м^3 ;

V_3 – объем нефти, вытекшей с момента закрытия задвижек до прекращения утечки (до полного опорожнения отсеченной части трубопровода), м^3 [19].

Определение количества нефти, истекшей с момента аварии до остановки перекачки.

Объем нефти V_1 , вытекшей из нефтепровода с момента возникновения аварии до момента остановки перекачки, определяется соотношением:

$$V_1 = Q_1 \cdot T_1 = Q_1 \cdot (T_0 - T_a),$$

где Q_1 – расход нефти через место повреждения с момента возникновения аварии до остановки перекачки, $\text{м}^3/\text{с}$;

T_1 – продолжительность истечения нефти из поврежденного нефтепровода при работающих насосных станциях, с;

T_0 – время остановки насосов после повреждения, с;

T_a – время повреждения нефтепровода, с [20].

Так как разрыв произошел на полное сечение трубопровода, то давление в конце участка НП в поврежденном состоянии будет равно 0 ($P''=0$). В этом случае, согласно методике [19], расход нефти через место повреждения определяем по частному случаю:

$$Q_1 = Q' = 0,41 \text{ м}^3/\text{с}$$

					Расчетная часть	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тогда, объем нефти, вытекшей из НП с момента возникновения аварии до момента остановки насосов:

$$V_1 = 0,41 \cdot (36600 - 36000) = 246 \text{ м}^3$$

Определение количества нефти, истекшей из нефтепровода с момента остановки перекачки до закрытия задвижек и истекшей нефти из нефтепровода с момента закрытия задвижек до прекращения утечки.

После отключения насосных станций происходит опорожнение расположенных между двумя ближайшими насосными станциями возвышенных и прилегающих к месту повреждения участков, за исключением понижений между ними. Истечение нефти определяется переменным во времени напором, уменьшающимся вследствие опорожнения нефтепровода.

Напор в месте порыва:

$$h_i = Z_i - Z_m - h_T - h_a,$$

где Z_m – геодезическая отметка места повреждение;

Z_i – геодезическая отметка самой высокой точки профиля рассматриваемого участка нефтепровода;

h_T – глубина заложения нефтепровода;

h_a – напор, создаваемый атмосферным давлением [19].

$$h_1 = 3,5 - (-7,5) - 1 - 10 = 0 \text{ м}$$

Так как значение первого напора нефтепровода в месте порыва $h = 0$, то нефть из трубопровода с момента остановки перекачки до прекращения утечки будет истекать самотеком с точки 0,2 км до места разрыва.

Следовательно, общий объем выхода нефти из нефтепровода с момента остановки перекачки до закрытия задвижек и с момента закрытия задвижек до прекращения утечки (V_2) – рассчитаем по следующей формуле:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D_{\text{вн}}^2 \cdot l'}{4},$$

где $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр нефтепровода, м;

					Расчетная часть	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где l' - суммарная длина участков НП между двумя перевальными точками или двумя смежными с местом повреждения задвижками, возвышенными относительно места повреждения и обращенными к месту повреждения, за исключением участков, геодезические отметки которых ниже отметки повреждения, м.

Найдём длину каждого участка нефтепровода l' , с которого стечет нефть, по теореме Пифагора. Для этого рассмотрим треугольники между всеми геодезическими отметками на этих участках.

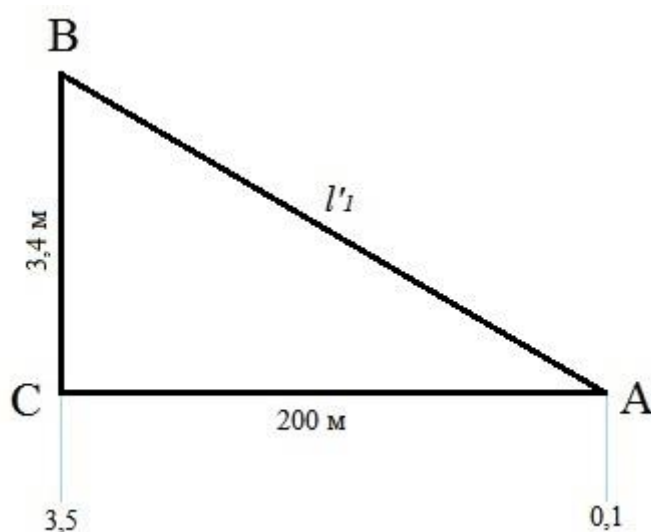


Рисунок 14 – Прямоугольный треугольник ABC

Находим l' для 200–400 м:

$$l'_1 = \sqrt{(400 - 200)^2 + (3,5 - 0,1)^2} = 200,03 \text{ м}$$

Аналогичным образом находим длины остальных участков, с которых стечет нефть:

Находим l' для 400–600 м:

$$l'_2 = \sqrt{(600 - 400)^2 + (0,1 - 0)^2} = 200 \text{ м}$$

Находим l' для 600–800 м:

$$l'_3 = \sqrt{(800 - 600)^2 + (0 - (-1,1))^2} = 200 \text{ м}$$

Находим l' для 800–1000 м:

$$l'_4 = \sqrt{(1000 - 800)^2 + (-1,1 - (5,5))^2} = 200,05 \text{ м}$$

Находим l' для 1000–1200 м:

					Расчетная часть	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$l'_5 = \sqrt{(1200 - 1000)^2 + (-5,5 - (-7,5))^2} = 200,01 \text{ м}$$

$$l' = \sum l'_i = 200,03 + 200 + 200 + 200,05 + 200,01 = 1000,09 \text{ м}$$

Находим внутренний диаметр нефтепровода:

$$D_{\text{вн}} = D - 2\delta = 0,72 - 2 \cdot 0,018 = 0,684 \text{ м};$$

где D – диаметр трубы, м;

δ – толщина стенки трубы, м.

Объем выхода нефти из нефтепровода с момента остановки перекачки до закрытия задвижек и с момента закрытия задвижек до прекращения утечки:

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 0,684^2 \cdot 1000,09}{4} = 367,3 \text{ м}^3$$

Общий объем вылившейся нефти:

$$V = V_1 + V_2 = 246 + 367,3 = 613,3 \text{ м}^3$$

Масса вылившейся нефти:

$$M = V \cdot \rho$$

$$M = 613,3 \cdot 0,85 = 521,3 \text{ т}$$

5.3 Оценка степени загрязнения земель

Степень загрязнения земель определяется нефтенасыщенностью грунта (количество нефти, впитавшейся в грунт), которая определяется по соотношению:

$$M_{\text{вп}} = V_{\text{вп}} \cdot \rho,$$

$$V_{\text{вп}} = K_{\text{н}} \cdot V_{\text{гр}},$$

где $M_{\text{вп}}$ – масса нефти, впитавшаяся в грунт, т;

$V_{\text{вп}}$ – объем нефти, впитавшийся в грунт, м³;

ρ – плотность нефти, т/м³;

$K_{\text{н}}$ – нефтеемкость грунта, принимаем 0,12 (гравий с влажностью 40%);

$V_{\text{гр}}$ – объем нефтенасыщенного грунта, м³ [19].

Объем нефтенасыщенного грунта вычисляется по формуле:

$$V_{\text{гр}} = F_{\text{гр}} \cdot h_{\text{ср}},$$

					Расчетная часть	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $F_{гр}$ – площадь нефтенасыщенного грунта;
 $h_{ср}$ – средняя глубина пропитки грунта на всей площади нефтенасыщенного грунта.

Вычислим:

$$V_{гр} = 3000 \cdot 0,07 = 210 \text{ м}^3,$$

$$V_{вп} = 0,12 \cdot 210 = 25,2 \text{ м}^3$$

$$M_{вп} = 25,2 \cdot 0,85 = 24,42 \text{ т.}$$

5.4 Оценка степени загрязнения водных объектов

Масса нефти, загрязняющей толщу водоема, рассчитывается по формуле:

$$M_{н.в-м} = 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot M_p (C_n - C_\phi),$$

$$M_p = (m_p - m_\phi) \cdot F_n \cdot 10^{-6} + (C_p - C_\phi) \cdot V_p \cdot 10^{-6},$$

где M_p – масса нефти, разлитой на поверхности водного объекта, т;

C_n – концентрация насыщения растворенной и (или) эмульгированной нефти в поверхностном слое воды водного объекта, г/м³;

C_ϕ – фоновая концентрация растворенной и (или) эмульгированной нефти в водном объекте на глубине 0,3м вне зоны разлива, г/м³;

m_p – удельная масса разлитой нефти на 1м² поверхности воды, г/м²;

m_ϕ – удельная масса фоновой нефти на 1м² свободной от разлива поверхности воды, г/м²;

F_n – площадь поверхности воды, покрытая разлитой нефтью, м².

C_p – концентрация растворенной и (или) эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3м после аварии, г/м³;

V_p – объем воды, в котором к моменту инструментальных измерений растворилась разлитая нефть, м³.

$$V_p = 0,3 \cdot F_n = 0,3 \cdot 10000 = 3000 \text{ м}^3,$$

$$M_p = (120 - 0,24) \cdot 10000 \cdot 10^{-6} + (50 - 0,05) \cdot 3000 \cdot 10^{-6} = 1,35 \text{ т,}$$

$$M_{н.в-к} = 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,35 \cdot (260 - 0,05) = 2,035 \text{ т.}$$

$$M_y = M_{н.в-к} + M_{пл.ост.}$$

					<i>Расчетная часть</i>	<i>Лист</i>
						61
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Так как в результате сбора нефти пленочная нефть полностью удалена, то $M_{пл.ост.} = 0$, следовательно

$$M_y = 2,035 \text{ т.}$$

5.5 Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха

Степень загрязнения атмосферного воздуха вследствие аварийного разлива нефти определяется массой углеводородов, испарившихся с поверхности земли или водоема.

Масса летучих низкомолекулярных углеводородов, испарившихся с поверхности почвы, покрытой разлитой нефтью, определяется по формуле:

$$M_{и.п.} = q_{и.п.} \cdot F_{гр} \cdot 10^{-6},$$

где $q_{и.п.}$ – удельная величина выбросов летучих углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на почве.

Средняя температура поверхности испарения определяется по формуле:

$$t_{и.п.} = 0,5 \cdot (t_{п} + t_{воз}),$$

где $t_{п}$ – температура верхнего слоя земли, °С;

$t_{воз}$ – температура воздуха, °С [19].

Производим вычисления:

$$t_{и.п.} = 0,5 \cdot (0 - 14) = -7^\circ\text{С}$$

Если $t_{и.п.} < 4^\circ\text{С}$, то удельная величина выбросов принимается равной нулю.

Масса летучих низкомолекулярных углеводородов, испарившихся в атмосферный воздух с поверхности водного объекта, покрытой нефтью, определяется по формуле:

$$M_{и.в.} = q_{и.в.} \cdot F_{н} \cdot 10^{-6},$$

где $q_{и.в.}$ – удельная величина выбросов летучих углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на водной поверхности.

Средняя температура поверхности испарения определяется по формуле

$$t_{и.в.} = 0,5(t_{в} + t_{воз}),$$

где $t_{в}$ – температура верхнего слоя воды, °С;

					<i>Расчетная часть</i>	<i>Лист</i>
						62
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$t_{\text{воз}}$ – температура воздуха, °С.

$$t_{\text{и.в.}} = 0,5 \cdot (1 - 14) = -6,5^\circ\text{C}$$

Если $t_{\text{и.в.}} < 4^\circ\text{C}$, то удельная величина выбросов принимается равной нулю.

5.6 Баланс количества вылившейся и потерянной нефти

На всех стадиях ликвидации аварии на нефтепроводах с момента ее возникновения до полной ликвидации ее последствий должен соблюдаться баланс между массой вылившейся нефти из трубопровода и распределением ее по компонентам ОПС с последующим соблюдением баланса между массой вылившейся из трубопровода нефти (M), собранной ($M_{\text{сб.}}$) и безвозвратно потерянной ($M_{\text{б.п.}}$) нефти:

$$M = M_{\text{б.п.}} + M_{\text{сб.}},$$

$$M_{\text{б.п.}} = M_{\text{в.п.}} + M_y,$$

где: $M_{\text{в.п.}}$ – масса нефти, впитавшаяся в грунт;

M_y – масса нефти, загрязняющей водный объект [19].

Вычисляем:

$$M_{\text{б.п.}} = 24,42 + 2,035 = 26,455 \text{ т};$$

$$M_{\text{сб}} = M - M_{\text{б.п.}} = 521,3 - 26,455 = 494,845 \text{ т}.$$

5.7 Оценка ущерба, подлежащего компенсации, окружающей природной среде от загрязнения земель

$$U_{\text{почв}} = \text{СХВ} \cdot S \cdot K_{\text{г}} \cdot K_{\text{исх}} \cdot T_x = 1,5 \cdot 3000 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 900 = 7,695 \text{ млн. руб.},$$

где СХВ – степень химического загрязнения почв нефтепродуктами;

S – площадь загрязненного участка, м^2 ;

$K_{\text{г}}$ – показатель в зависимости от глубины загрязнения нефтепродуктами или порчи почв;

$K_{\text{исх}}$ – показатель в зависимости от категории земель и целевого назначения, на которой расположен загрязненный участок;

T_x – такса для исчисления размера ущерба (вреда), причиненного почвам как объекту окружающей среды, при химическом загрязнении почв, руб/ м^2 [22].

					Расчетная часть	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.8 Оценка ущерба, подлежащего компенсации, окружающей природной среде от загрязнения нефтью водных объектов

$$Y_{\text{вод}} = K_{\text{вг}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{ин}} \cdot K_{\text{дл}} \cdot H_{\text{н}} = 1,15 \cdot 1,02 \cdot 1,86 \cdot 1,1 \cdot 2,3 = 5,52 \text{ млн.}$$

руб,

где, $K_{\text{вг}}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий состояние водных объектов;

$K_{\text{ин}}$ – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития;

$K_{\text{дл}}$ – коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект при непринятии мер по его ликвидации;

$H_{\text{н}}$ – такса для исчисления размера ущерба (вреда) от сброса нефтепродуктов в водные объекты, млн. руб [22].

5.9 Плата за загрязнение окружающей природной среды при авариях на магистральных нефтепроводах

Плата за загрязнение окружающей природной среды складывается из ущерба, подлежащего компенсации за загрязнение земли и водного объекта:

$$П = Y_{\text{почв}} + Y_{\text{вод}} = 7,695 + 5,52 = 13,215 \text{ млн. руб.}$$

Общий объем нефти, вытекший при аварии на магистральном трубопроводе, составил 613,3 м³. Общий ущерб окружающей среде составил 13,215 миллионов рублей.

					Расчетная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе будет произведен расчет сметной стоимости работ по ликвидации аварийного разлива нефти в арктических условиях.

6.1 Нормативная продолжительность работ

В таблице 6 представлен график выполнения операций при ликвидации аварийного разлива нефти в арктических условиях.

Таблица 6 - Нормы времени выполнения технологических операций

№ п/п	Наименование операций	Продолжительность работ, часов
1	Технологическое закрытие задвижек	1
2	Откачка нефти из отключенного участка в амбар	2
3	Установка боновых заграждений	3
4	Устройство площадки для размещения техники и оборудования на месте растекания нефти для её откачки	2,5
5	Завоз нефтесборного оборудования	6
6	Сбор нефти с поверхности грунта	26
7	Сбор нефти с поверхности воды	22
8	Вывоз загрязненного грунта	12
9	Рекультивация нефтезагрязнённых участков	20
	Продолжительность работ	94,5

6.2 Расчет сметной стоимости работ по ликвидации аварийного разлива нефти

Основные методы расчёта сметной стоимости работ отражены на рисунке 15.

					<i>Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тюкалов И.Ю.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					65	91
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

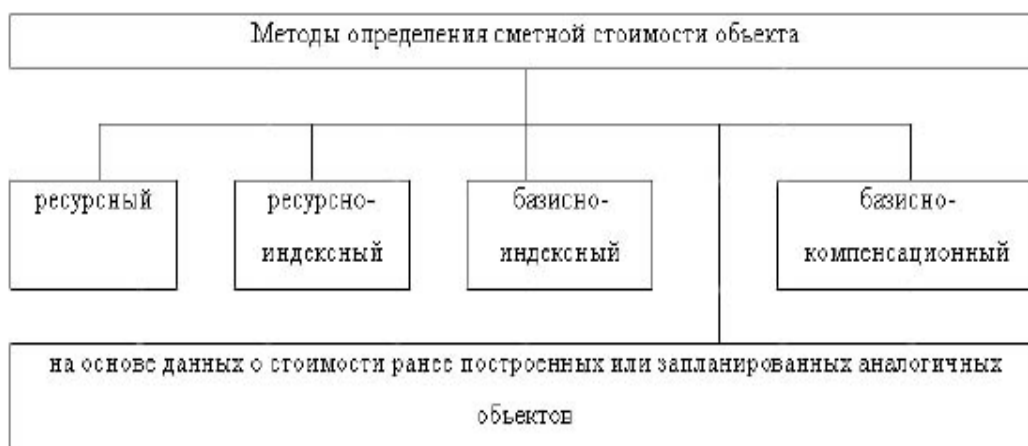


Рисунок 15 - Методы определения сметной стоимости

Ресурсный метод – калькулирование в текущих (прогнозных) ценах и тарифах ресурсов (элементов затрат), необходимых для реализации проектного решения. При составлении смет используются натуральные измерители расхода материалов и конструкций, затрат времени эксплуатации машин и оборудования, затраты труда рабочих, а цены на указанные ресурсы принимаются текущие (т.е. на момент составления смет). Использование данного метода позволяет определить сметную стоимость объекта на любой момент времени [23].

Расчет затрат на проведение работ по локализации и ликвидации аварийного разлива нефти на магистральном нефтепроводе.

Состав затрат в соответствии с их экономическим содержанием формируется по следующим элементам:

- затраты на спецоборудование;
- материальные затраты;
- затраты на оплату труда;
- страховые взносы в государственный внебюджетный фонд;
- амортизационные отчисления;
- накладные расходы

В таблицах 7 – 11 представлены отдельные статьи затрат. В таблице 12 представлена общая смета затрат на выполнение проектно-изыскательской работы.

Затраты на спецоборудование и материальные затраты приведены в таблицах 7 и 8 соответственно.

Таблица 7 - Затраты на спецоборудование

№ п/п	Наименование материалов и комплектующих	Единица измерения	Количество	Цена, руб	Сумма, руб
1	Распылитель сорбента	шт.	1	52000	52000
2	Нефтесборщик	шт.	2	231900	463800
3	Установка для сжигания отходов	шт.	3	4425	13275
4	Прочее	шт.	10	5000	50000
	ИТОГО:				579075

Таблица 8 - Материалы и комплектующие

№ п/п	Наименование материалов и комплектующих	Единица измерения	Количество	Цена,руб	Сумма,руб
1	Боновое ограждение	шт.	25	1950	48750
2	Песок	м ³	40	280	11200
3	Сорбент	кг	750	400	300000
	ИТОГО:				359950

К расходам на оплату труда относятся суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда. Премии за производственные результаты, надбавки к тарифным ставкам и окладам за профессиональное мастерство и др. Начисления стимулирующего или компенсирующего характера – надбавки за работу в ночное время, в многосменном режиме, совмещение профессий, работу в выходные и праздничные дни и др.

Работы по организации ликвидации РН должны проводиться в соответствии с данным Планом и разработанными Планами ликвидации возможных аварий (ПЛВА) для объектов. Исходя из этого, будем

производить расчет заработной платы. Расчет заработной платы сведем в таблицу 9.

Таблица 9 - Расчет заработной платы

Должность	Количество	Средняя заработная плата одного чел. дня	Фонд з/платы в день	Количество дней проведения работ	Фонд з/платы на весь объем работ
Мастер ЛЭС	1	3640	3640	4	14560
Машинист вездехода	2	1670	3340	4	13360
Линейный трубопроводчик	5	1900	9500	4	38000
Электромонтер	1	1800	1800	4	7200
Начальник ЦРС	1	2650	2650	4	10600
Мастер участка	1	2400	2400	4	9600
Машинист бульдозера	1	1850	1850	4	7400
Машинист экскаватора	1	1850	1850	4	7400
Водитель	3	1570	4710	4	18840
Иные работники	6	1300	7800	4	31200
ИТОГО:	22				158160

Сумма страховых взносов в государственные внебюджетные фонда составляет 30% от общей суммы заработной платы работников (42703 руб.).

Сумма амортизационных отчислений определяется исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части. Расчет амортизационных отчислений сведем в таблицу 10.

Таблица 10 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Количество	Балансовая стоимость, руб.		Годовая норма амортизации, %	Время полезного использования, %	Сумма амортизации, руб.
		одного объекта	всего			
Бульдозер «КАМАЗ Д-85А»	1	2800000	2800000	20	1,2	6720
Автомобиль грузопассажирский высокой проходимости (4x4) типа «УАЗ 2206»	2	220000	440000	25	1,2	1320
Нефтеборщик «LAS 125»	2	231900	463800	30	1,2	1670
Экскаватор одноковшовый «ЭО-4121»	1	1200000	1200000	20	1,2	2880
Вездеход ГТТ	1	480000	480000	18	1,2	1037
Урал бортовой 4320 (перевозка оборудования)	1	2025000	2025000	21	1,2	5103
ИТОГО:						18730

Накладные расходы определяются косвенным способом в процентах от основных затрат. Расчет накладных расходов сведен в таблицу 11.

Таблица 11 - Накладные расходы

№ п/п	Наименование затрат по направлениям затрат	Общий объем затрат, руб.	% накладных расходов	Сумма накладных расходов, руб.
Всего прямых расходов				115861,8
1	Спецоборудование	579075	10	57907,5
2	Материалы и комплектующие	359950	10	35995
3	Оплата труда	158160	10	15816
4	Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды (30%)	42703	10	4270,3
5	Амортизация основных средств	18730	10	1873

На основании вышеперечисленных расчетов затрат определяется общая сумма затрат на проведение организационно-технического мероприятия по форме таблицы 12.

Таблица 12 – Затраты на проведение организационно-технического мероприятия

№ п/п	Состав затрат	Сумма затрат, руб.
1	Спецоборудование	579075
2	Материалы и комплектующие	359950
3	Оплата труда	158160
4	Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды	42703
5	Амортизация основных средств	18730
6	Накладные расходы	115861,8
7	Итого собственных затрат	1274479,8

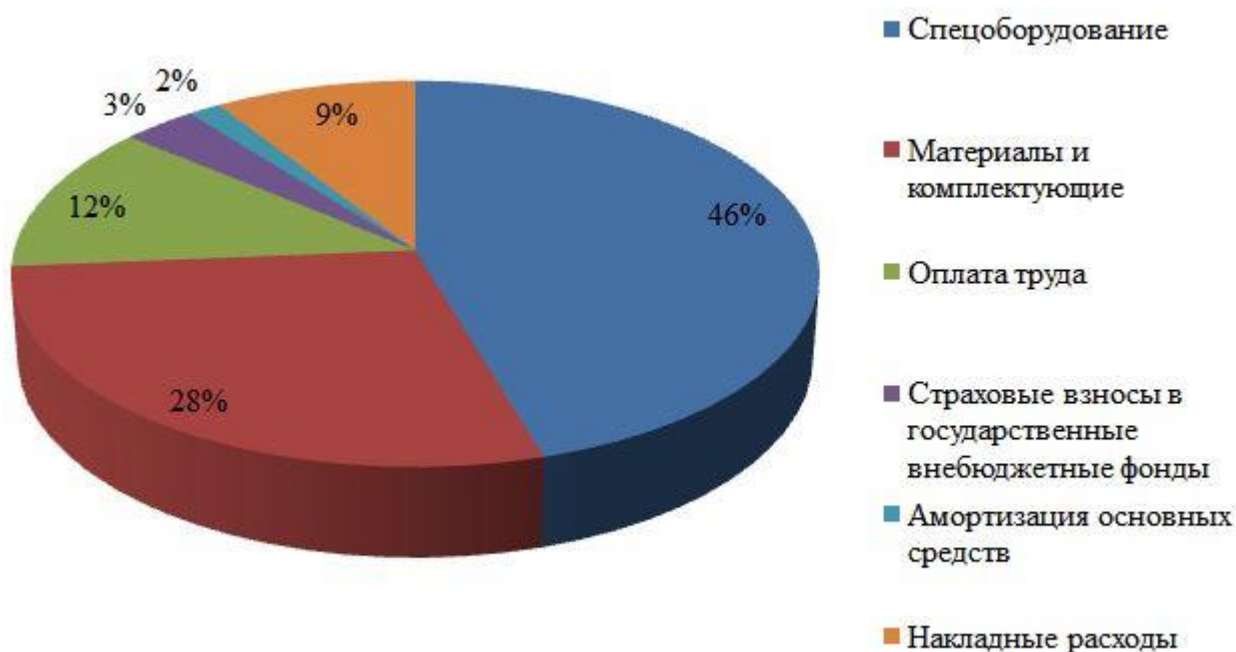


Рисунок 16 – Структура затрат

Экономический расчет является подтверждением того, что очень важно совершенствование концептуальных подходов к вопросу предупреждения аварийных ситуаций на морских трубопроводах. Локализация и ликвидация аварийных разливов нефти предприятию обходится намного дороже, чем постоянный мониторинг технического состояния НПП.

Оптимизация затрат на предупреждение утечек нефти и ликвидацию последствий требует выработки компромисса между целями достижения компаниями макро- и микроэкономических показателей деятельности, а

также выполнения требований регулирования по снижению опасностей возникновения аварий с тяжелыми последствиями.

На микроэкономическом уровне дополнительные меры по снижению опасностей возникновения аварий с тяжелыми последствиями являются условно убыточными. Для компаний с низким качеством корпоративного управления улучшение экономических показателей деятельности достигается и за счет снижения издержек на меры по безопасности.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

7 Социальная ответственность

В данном разделе рассматриваются опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть при производстве работ по ликвидации разлива нефти в арктических условиях на МН от приемо-сдаточного пункта «Мыс Каменный» до нефтеналивного терминала «Ворота Арктики» протяженностью 3,9 км, а также мероприятия с помощью, которых возможно устранить эти факторы. В разделе рассмотрены вопросы, касающиеся производственной безопасности, экологической безопасности, безопасности при возникновении чрезвычайных ситуаций, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. В процессе ликвидации разлива нефти необходимо руководствоваться нормативными документами.

7.1 Производственная безопасность

Согласно ГОСТ 12.0.002-2014 [24] факторы производственной среды делят на опасные и вредные.

Опасные факторы – это факторы, приводящие к травме или другому резкому ухудшению здоровья.

Вредные факторы – это факторы, воздействие которых на организм человека может привести к профессиональному заболеванию.

По природе опасные и вредные производственные факторы подразделяют на следующие группы:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

					<i>Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тюкалов И.Ю.			Социальная ответственность	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					72	91
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

Таблица 13 – Факторы, характерные для производства работ по ЛАРН в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 [25]

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74) [25]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Полевые работы: 1) Разведка места аварии; 2) Сбор высвободившейся нефти; 3) Рекультивационные работы.		Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	ГОСТ 12.1.003 - 74 ССБТ[25]
	Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны		СанПиН 2.2.4.548-96[29]
	Превышение уровней шума		ГОСТ 12.1.003–2014 [28]
	Превышение уровней вибрации		ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ [30]
	Недостаточная освещенность рабочей зоны		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 СП 52.13330.2011 [32]

7.1.1 Анализ вредных производственных факторов

1. Превышение уровней шума

Превышение уровней шума возможно при работе спецтехники. Действие шума на человека определяется влиянием на органы слуха и многие другие органы и системы организма, в том числе шум приводит к снижению внимания и увеличению ошибок при выполнении различных видов работ, замедляет реакцию человека на поступающие от технических устройств сигналы, угнетает центральную нервную систему, вызывает изменения скорости дыхания и пульса.

Рассматриваемое рабочее место является постоянным и находится на территории предприятия. В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83[33] для рабочего места (в полевых условиях) устанавливается эквивалентный уровень звука равный 80 дБА. Запрещается даже кратковременное

пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Основные методы борьбы с шумом:

1. снижение шума в источнике (применение звукоизолирующих средств);
2. средства индивидуальной защиты (беруши, наушники, ватные тампоны);
3. соблюдение режима труда и отдыха;
4. использование дистанционного управления при эксплуатации шумящего оборудования и машин.

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Для строительных площадок и участков работ необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2 лк независимо от применяемых источников света, за исключением автодорог. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 5 лк при работе вручную и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов[9].

3. Превышение уровня вибрации

Источниками вибраций являются машины и аппараты, в которых движутся неуравновешенные массы. Они характерны для машин роторного типа (турбины, электродвигатели, ручной механизированный инструмент), для механизмов с возвратно-поступательным движением (вибромолоты). Вибрация возникает при соударении деталей в зубчатых зацеплениях, подшипниковых узлах, соединительных муфтах. Источником вибрации, является и движущийся транспорт. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6-9 Гц [30].

Коллективная виброзащита включает в себя простые и составные средства виброизоляции и виброгашения: установку вибрирующего оборудования на массивный фундамент, применение демпфирующего покрытия и виброизоляторов. Средствами индивидуальной защиты

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

считаются специальные платформы, сидения, перчатки, рукоятки и некоторые виды обуви, позволяющие минимизировать воздействие вибрации.

4. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны

Постоянное отклонение метеоусловий на рабочем месте от нормальных параметров приводит к перегреву или переохлаждению человеческого организма и связанным с ними негативным последствиям:

– при перегреве – к обильному потоотделению, учащению пульса и дыхания, резкой слабости, головокружению, появлению судорог, а в тяжелых случаях – возникновению теплового удара;

– при переохлаждении возникают простудные заболевания, хронические воспаления суставов, мышц и др.

Работы ведутся в различных погодных условиях от минус 45°С до плюс 40°С.

Работающие на открытой территории в зимний период года должны быть обеспечены спецодеждой с теплозащитными свойствами, работа должна быть организована таким образом, чтобы рабочие имели возможность периодически находиться в теплом помещении. К СИЗ относятся: специальная теплая одежда, обувь, средства защиты рук, средства защиты головы, лица и глаз[34].

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны» [34] при определенной температуре воздуха и скорости ветра работы приостанавливаются (таблица 14).

					Социальная ответственность	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 14 – Работы на открытом воздухе приостанавливаются работодателями при следующих погодных условиях

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С
При безветренной погоде	-40
Не более 5,0	-35
5,1–10,0	-25
10,1–15	-15
15,1–20,0	-5
Более 20,0	0

7.1.2 Анализ опасных производственных факторов

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

Движение машин происходит при перевозке к месту работ и обратно, доставке оборудования. Основными причинами опасностей, аварий и несчастных случаев, связанных с эксплуатацией транспортных средств является нарушение требований правил дорожного движения на улицах и дорогах, а также во всех местах, где возможно движение транспортных средств, например, внутризаводские территории.

Для предотвращения несчастных случаев необходимо соблюдать технику безопасности при работе оборудования, машин и механизмов, а их эксплуатацию должны выполнять только лица, имеющие на это право.

7.2 Экологическая безопасность

При транспортировке нефти по МТ необходимо соблюдать требования по защите окружающей среды, установленные законодательством по охране природы. В таблице 15 представлено экологическое влияние аварий на МТ.

Таблица 15 – Экологическое влияние аварий на магистральных трубопроводах

Геосферы	Вредные воздействия
Атмосфера	Случаи отравления парами нефтепродуктов достаточно редки. Но взаимодействие летучих углеводородов, входящих в состав нефти и нефтепродуктов, окислов азота и ультрафиолетового излучения приводит к образованию смога. В таких случаях количество пострадавших может составлять тысячи человек. Особую опасность представляет загрязнение воздуха вблизи населенных пунктов. В этих случаях возможность наложения или аккумуляции различных загрязнений значительно усугубляет характер последствий. Также загрязнение воздуха может привести к угнетению растительного покрова.
Литосфера	Нефть не образует больших растеканий по поверхности почвы. Определенную опасность представляет вариант загорания пропитанных нефтью и нефтепродуктами грунтов. Основные экологические проблемы при попадании нефти на землю связаны с грунтовыми водами. После просачивания до их поверхности, нефть и нефтепродукты начинают образовывать плавающие на воде линзы. Эти линзы могут мигрировать, вызывая загрязнение водозаборов, поверхностных вод.
Гидросфера	Нефть, разлитая на воде, представляет собой, куда большую опасность, чем нефть, разлитая на суше. Нефть влияет на структуру экосистемы животных организмов. При нефтяном загрязнении изменяется соотношение видов и уменьшается их разнообразие. Поскольку на воде нефтяное пятно может расплзтись на сотни миль и превратиться в тончайшую масляную пленку, которая покрывает даже берега. Такое развитие событий может привести к гибели птиц, млекопитающих и других организмов.

7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Аварии, возникающие на магистральном НП, приводят к чрезвычайным ситуациям, так как в результате разлива нефти возможен пожар, разрушение сооружения, гибель людей, загрязнение окружающей среды.

ЧС, вызванные авариями на магистральных НП, могут сопровождаться одним или несколькими следующими событиями:

- смертельными случаями;
- травмированием с потерей трудоспособности или групповым травматизмом;
- воспламенением нефти или взрывом его паров;
- утечкой транспортируемой нефти в количестве более 1 т.

Наиболее характерной ЧС является экологическое загрязнение окружающей среды.

Предупреждение аварий с разливом нефти достигается комплексом превентивных мероприятий, а именно:

- создание собственных формирований или заключение договоров с профессиональными аварийно-спасательными формированиями (службами);
- создание резервов финансовых средств и материально-технических ресурсов для локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов;
- обучение работников способам защиты и действиям в чрезвычайных ситуациях, связанных с разливами нефти и нефтепродуктов;
- разработка декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов;
- организация и осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте;
- проведение корректировки планов при изменении исходных данных;
- создание и поддержание в готовности системы обнаружения разливов нефти и нефтепродуктов, а также системы связи и оповещения;
- проверка работоспособности автоматических систем обнаружения и оповещения о возникновении аварии на объектах;
- контроль за выполнением правил противопожарной безопасности;
- защита персонала и населения: организация системы оповещения, запас индивидуальных средств защиты, планирование проведения эвакуации;
- подготовка к привлечению при необходимости дополнительных сил и средств в соответствии с планом взаимодействия.

Пожаровзрывобезопасность на рабочем месте

Образование взрывоопасной среды обусловлено образованием взрывоопасной смеси паров нефти и воздуха.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Горючие газы и пары легко воспламеняющихся жидкостей способны образовывать в смеси с кислородом воздуха взрывчатые смеси. Границы концентраций горючих паров в воздухе, при которых возможен взрыв, называются нижним и верхним пределом распространения пламени (НКПР и ВКПР). Другими словами концентрация от НКПР до ВКПР называется диапазоном взрываемости. Для паров нефти установлены следующие диапазоны взрываемости: НКПР – 42000 мг/м³; ВКПР – 195000 мг/м³ [26].

Перед началом проведения любых видов работ повышенной опасности на опасном производственном объекте, необходимо провести анализ газовой среды на предмет превышения НКПР, НКПВ, ПДК с помощью аналитических приборов различного типа.

Работы по сбору нефтесодержащей жидкости выполняются без наряда-допуска с записью в журнале газоопасных работ выполняемых без наряда-допуска. Место разлива должно быть обозначено информационными и предупреждающими знаками исключающими доступ посторонних лиц, курение и использование открытого огня.

Первичные средства пожаротушения следует размещать вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, с обеспечением к ним свободного доступа.

На месте проведения работ по ликвидации аварийных разливов нефти должны находиться первичные средства пожаротушения, такие как огнетушители порошковые ОП-10, топор, багор, ведра, штыковые лопаты, кошма или асбестовое покрывало.

Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу

При аварии на НП возникает утечка нефти из трубопровода. Нефть относится к 3-му классу опасности. В таблице 16 представлены показатели вредных веществ.

					Социальная ответственность	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 16 – Показатели вредных веществ

Наименование показателя	Нормы для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м	Менее 500	500- 5000	5001- 50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

Защита органов зрения осуществляется с помощью различных предохранительных очков. Защита органов дыхания обеспечивается применением различного рода респираторов и противогазов. Респираторы служат для защиты легких человека от воздействия взвешенной в воздухе пыли, противогазы – для защиты от газов и вредных паров [31].

7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

7.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В соответствии с законодательством на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, работодатель обязан бесплатно обеспечить выдачу сертифицированных средств индивидуальной защиты согласно действующим типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи работникам спецодежды, обуви и

других средств индивидуальной защиты в порядке, предусмотренном «Правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты» [36]. Рабочие, занятые на работах с вредными и опасными условиями труда, должны проходить медицинский осмотр в сроки, установлен Минздравом РФ [37].

Все лица, находящиеся на рабочей смене, обязаны носить защитные каски. Работники без защитных касок и других необходимых средств индивидуальной защиты к выполнению работ не допускаются.

Работодатель должен обеспечить работников санитарно-бытовыми помещениями (гардеробными, сушилками для одежды и обуви, душевыми, помещениями для приема пищи, отдыха и обогрева) согласно соответствующим строительным нормам и правилам, и коллективному договору или тарифному соглашению.

В решениях по организации труда излагаются: форма организации труда (вахтовый, экспедиционно-вахтовый, бригадный и т.д.); графики работы; режимы труда и отдыха; составы бригад.

Запрещается применение труда женщин на тяжелых работах и на работах с вредными условиями труда, а также на подземных работах, кроме некоторых подземных работ (нефизических работ или работ по санитарному и бытовому обслуживанию). Список тяжелых работ и работ с вредными условиями труда, на которых запрещается применение труда женщин, утверждается в порядке, установленном законодательством[40].

Запрещается применение труда лиц моложе 18 лет на тяжелых работах и на работах с вредными или опасными условиями труда, на подземных работах. Медицинские осмотры лиц моложе 21 года осуществляются за счет средств работодателя[40].

Все работники подлежат обязательному государственному социальному страхованию. Работники, а в соответствующих случаях и члены их семей обеспечиваются за счет средств государственного социального страхования:

					Социальная ответственность	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- пособиями по временной нетрудоспособности;
- пособиями по беременности и родам и единовременными пособиями за постановку на учет в медицинских учреждениях в ранние сроки беременности;
- пособиями при рождении ребенка;
- пособиями при усыновлении ребенка;
- пособиями по уходу за ребенком до достижения им возраста полутора лет;
- пенсиями по старости, по инвалидности и по случаю потери кормильца, а некоторые категории работников - также пенсиями за выслугу лет.

Обеспечение по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний осуществляется в соответствии с Федеральным законом "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний".

7.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Подготовка к эксплуатации санитарно-бытовых помещений и устройств должна быть закончена до начала производства работ. При проведении работ санитарно-бытовые помещения следует устраивать с учетом санитарных требований, соблюдение которых обязательно при осуществлении производственных процессов. Производственные территории, участки работ и рабочие места должны быть обеспечены необходимыми средствами коллективной или индивидуальной защиты работающих, первичными средствами пожаротушения, а также средствами связи, сигнализации и другими техническими средствами обеспечения безопасных условий труда в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и условиями соглашений. При размещении на производственной территории санитарно-бытовых и производственных

					Социальная ответственность	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

помещений, мест отдыха, проходов для людей, рабочих мест должны располагаться за пределами опасных зон. На границах зон опасных производственных факторов должны быть установлены защитные ограждения.

Проезды и проходы на производственных территориях, а также рабочие места должны содержаться в чистоте и порядке.

В санитарно-бытовых помещениях должна быть аптечка с медикаментами, носилки, фиксирующие шины и другие средства оказания пострадавшим первой медицинской помощи[38].

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Заключение

В выпускной квалификационной работе:

- 1) Приведена характеристика природных условий арктического шельфа, а также характеристика магистрального трубопровода.
- 2) Выполнены исследования динамики поведения нефти, разлитой в арктических условиях.
- 3) Проанализированы методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей. Представлены материалы и средства для локализации и ликвидации разливов нефти.
- 4) Произведен расчет ущерба окружающей среде при аварии на магистральном трубопроводе, а именно водному объекту и почве, в соответствии с методикой определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах.
- 5) Произведен расчет сметной стоимости работ по ликвидации аварийного разлива нефти на арктическом шельфе.
- 6) Рассмотрены вопросы, касающиеся производственной безопасности, экологической безопасности, безопасности при возникновении чрезвычайных ситуаций, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

					<i>Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тюкалов И.Ю.			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					84	91
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						
						ТПУ гр. 2Б4Б		

Список использованных источников

1. Воробьев Ю.Л. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. / Акимов В.А., Соколов Ю.И. – М.: Иноктаво, 2007. – 368 с.
2. Альхименко А.И. Аварийные разливы нефти в море и борьба с ними. / СПб: ОМ-Пресс, 2004. - 113 с.
3. Антипов, В. Анализ риска аварий и чрезвычайных ситуаций на нефтеперерабатывающих предприятиях – один из рычагов снижения аварийности / В. Антипов // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – № 4. – С. 20-22.
4. Азизов, Х. Ф. Оценка риска аварийности нефтепроводных систем / Х. Ф. Азизов, Г. К. Ходжаева // Экологические системы и приборы. – 2008. – № 10. – С. 49-51. – Библиогр.: с. 51.
5. Алексеева, М. Н. Оценка негативного воздействия аварийных разливов нефти на окружающую природную среду на основе космических снимков / М. Н. Алексеева, Т. О. Перемитина, И. Г. Яценко // Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 2. – С. 12-17.
6. РД 153-39.4-074-01 Инструкция по ликвидации аварий и повреждений на подводных переходах магистральных нефтепродуктопроводов
7. РД-13.020.40-КТН-025-14 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Требования к разработке плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти (нефтепродуктов) на переходах МН (МНПП) через водные преграды
8. РД 153-39.4-058-00 Типовой план по организации и технологии работ по ликвидации разливов нефтепродуктов при авариях и повреждениях переходов магистральных нефтепродуктопроводов через крупные водные преграды

					<i>Ликвидация аварийных разливов нефти на шельфе Арктических морей</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тюкалов И.Ю.			Список использованных источников	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					85	91
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

9. РД 31.4.01-99 Средства ликвидации разливов нефти в море.
Классификация
10. ВСН 51-9-86 Проектирование морских подводных нефтегазопроводов
11. ОР 06.00-74.20.55-КТН-002-1-01 Регламент о порядке расследования, оформления документации и организации контроля за ликвидацией последствий аварий, связанных с экологическим ущербом окружающей среде
12. ОР-13.020.30-КТН-161-13 Порядок применения действующих методик расчета ущерба окружающей среде при инцидентах и авариях с разливами нефти и нефтепродуктов. Примеры расчетов
13. Dickins, D.F. and I.A. Buist. 1981. Oil and Gas Under Sea Ice Study: Vols. 1&2. Prepared by Dome Petroleum Ltd. for COOSRA, Report CV-1, Calgary, AB, Canada (also published In: Proceedings 1981 International Oil Spill Conference, Atlanta GA, USA.
14. Potter, S. and I. Buist. 2010. In situ Burning in Arctic and Ice-Covered Waters: Tests of Fire-Resistant Boom in Low Concentrations of Drift Ice In: Proceedings Arctic and Marine Oilspill Program (AMOP) Technical Seminar. Environment Canada. Ottawa, Canada.
15. РД 31.04.24-86 Инструкция по применению диспергентов нефти ОМ-6, ОМ-84 и Корексит 9527
16. ТУ 8026-016-670772902-2011 «Технические условия использования бонов заградительных морских надувных БЗ-МН».
17. РД 31.04.01-90 Правила ведения работ по очистке загрязненных акваторий портов
18. ТУ 8026-009-68457461-2014 «Технические условия применения сорбента»
19. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. Утв. Минтопэнерго РФ 1 ноября 1995 г [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meganorm.ru/Data2/1/4293836/4293836449.pdf> (дата обращения 10.04.2018).

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

20. Фомина Е.Е. Учебное пособие по расчету ущерба окружающей природной среде при авариях на нефтепроводах с использованием программного продукта «Аварии на нефтепроводах». Фомина Е.Е.– М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009. – 56 с.
21. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды (утверждена приказом Минприроды России от 08.07.2010 №238).
22. Методика исчисления размера вреда, причиненного водными объектам вследствие нарушения водного законодательства (утверждена приказом Минприроды России от 13.04.2009 №87).
23. Методические указания для выполнения раздела выпускной квалификационной работы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»: методические указания / Г.Ю. Боярко, О.В. Пожарницкая, В.Б. Романюк, А.А. Вазим, И.В. Шарф, М.Р. Цибулькинова и др.; Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2017. -166 с
24. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.
25. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением N 1) ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
26. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
27. ГОСТ 12.1.008-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Биологическая безопасность. Общие требования.
28. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
29. СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений" (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г. N 21.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

30. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
31. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2).
32. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 "Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 6 апреля 2003 г.).
33. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
34. Постановление Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 18 декабря 1998 г. № 51.
35. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1).
36. ГОСТ Р 12.4.296-2013 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов (насекомых и паукообразных). Общие технические требования. Методы испытаний.
37. Постановление Минтруда РФ от 18.12.1998 N 51 (ред. от 03.02.2004) "Об утверждении Правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты".
38. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 12 апреля 2011 г. N 302н "Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований)

					Список использованных источников	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда".

39. Постановление Правительства РФ от 11.03.1999 №279 «Об утверждении Положения о расследовании и учете несчастных случаев на производстве».

40. Федеральный закон "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 421-ФЗ.

					<i>Список использованных источников</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

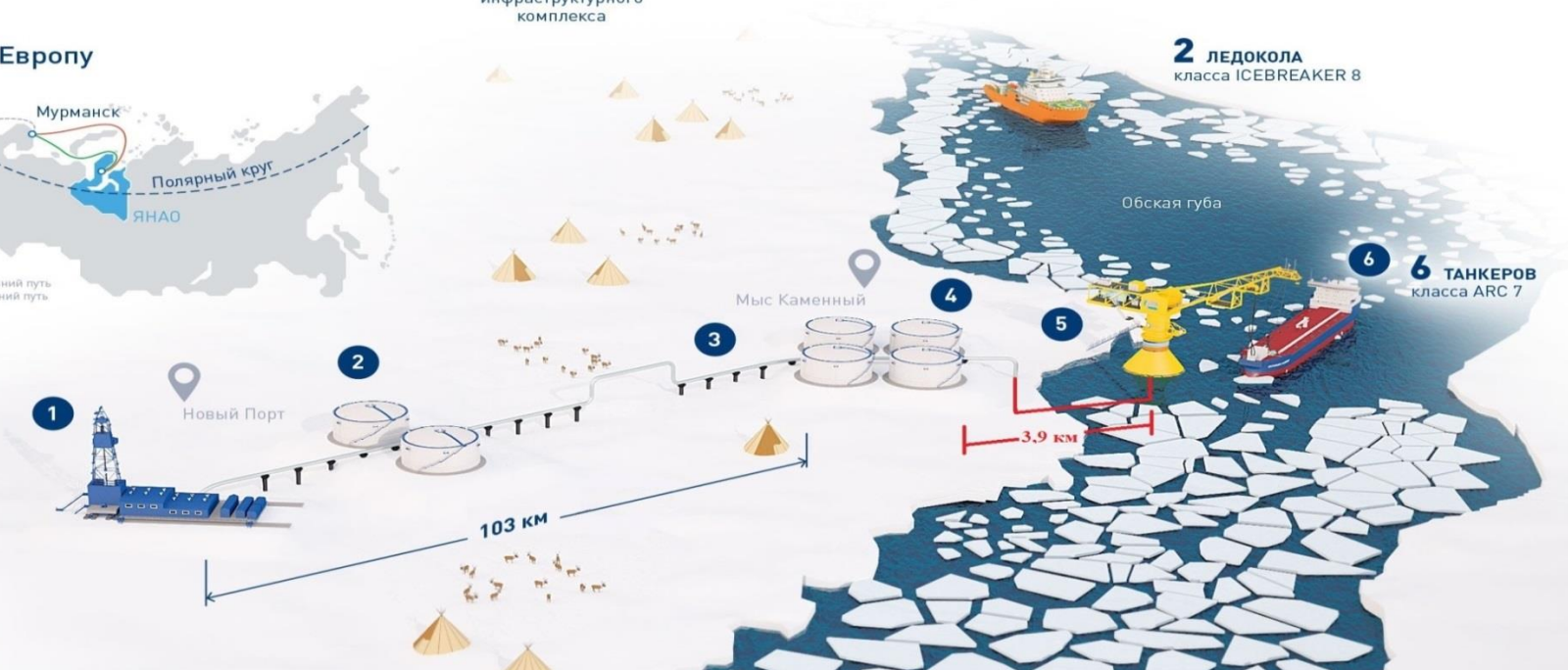
Приложение А

Схема транспортировки нефти Новопортовского месторождения

Схема транспортировки нефти Новопортовского месторождения



Путь в Европу



Приложение Б

Профиль трассы нефтепровода

