

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
 ООП/ОПОП Химическая технология переработки нефти и газа  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Исследование влияния магнитного поля на образование асфальтосмолопарафиновых отложений

УДК 622.276.72:537.63

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д92	Лотырев Роман Алексеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Бешагина Евгения Владимировна	к.х.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ИШПР	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович	—		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес Ольга Ефимовна	к.т.н.		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП  
«Химическая технология переработки нефти и газа»  
(направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»)**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен и готов использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готов использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готов использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания

	свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владеет пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознанием опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владеет основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен и готов осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готов применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готов использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способен использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способен настраивать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств

ПК(У)-7	Способен проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готов к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способен анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способен проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способен выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	Способен планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов
ДПК(У)-2	Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования
ДПК(У)-3	Готов использовать знания фундаментальных физико-химических закономерностей для решения возникающих научно-исследовательских задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе, химических реакторов
ДПК(У)-4	Готов использовать информационные технологии при разработке проектов
ДПК(У)-5	Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования на английском языке

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (ООП/ОПОП) Химическая технология переработки нефти и газа  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП/ОПОП  
 \_\_\_\_\_ Мойзес О.Е.  
 (Подпись) (Дата) (ФИО)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2Д92	Лотырев Роман Алексеевич

Тема работы:

Исследование влияния магнитного поля на образование асфальтосмолопарафиновых отложений	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	30.01.2023, № 30-98/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования является нефть с месторождений Томской области
<b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	1 Обзор литературы 1.1 Состав и физико-химические свойства АСПО 1.2 Причины и условия образования АСПО 1.3 Механизм образования АСПО 1.4 Механизм действия магнитной обработки 2 Объект и методы исследования 2.1 Объекты исследования 2.2 Методика проведения исследования 3 Результаты проведенного исследования 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5 Социальная ответственность
<b>Перечень графического материала</b>	Нет
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	доцент ОСГН Криницына З.В.
«Социальная ответственность»	старший преподаватель ООД ШБИП Гуляев М.В.

<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>
Нет

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	30.01.2023
---	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Бешагина Е.В.	К.Х.Н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д92	Лотырев Роман Алексеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д92	Лотырев Роман Алексеевич

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклад руководителя – 39300 руб. Оклад инженера – 26200 руб.</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Накладные расходы – 16 %. Районный коэффициент – 1,3.</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30 %.</i>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений. Выполнение SWOT-анализа проекта.</i>
<i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение трудоемкости работ для НИ. Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ</i>
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИ.</i>

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

*Оценка конкурентоспособности технических решений  
Матрица SWOT  
Альтернативы проведения НИ  
График проведения и бюджет НИ  
Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	30.01.2023
---	------------

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н.		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д92	Лотырев Роман Алексеевич		

## ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
2Д92		Лотырев Роман Алексеевич	
<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа Природных ресурсов</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение химической инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/ специальность</b>	18.03.01 «Химическая технология»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p><b>Введение</b></p> <p>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Объект исследования:</i> исследование влияния магнитного поля на образование асфальтосмолопарафиновых отложений</p> <p><i>Область применения:</i> нефтяные месторождения</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория с вытяжкой</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> один аппарат для исследований по методу «холодного стержня»</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> пропускание нефти через полые магниты постоянного магнитного поля, переключение температур на аппарате для исследований по методу «холодного стержня»</p>
---	--

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;</p> <p>ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности»;</p> <p>СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»;</p> <p>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»;</p> <p>ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»;</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность»;</p> <p>ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке при эксплуатации:</b></p> <p>– анализ потенциально вредных и опасных производственных факторов</p> <p>– разработка мероприятий по снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов</p>	<p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</li> <li>2. повышенный уровень шума;</li> <li>3. отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</li> <li>4. повышенный уровень напряженности электрического и электромагнитного полей;</li> </ol> <p><b>Опасные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. пожаровзрывоопасность;</li> <li>2. производственные факторы, связанные с</li> </ol>



	<p>электрическим током</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»</li> <li>– ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности»</li> <li>– СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»</li> <li>– ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»</li> <li>– ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»</li> <li>– ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность»</li> <li>– ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»</li> </ul> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: резиновые перчатки, лабораторный халат, защитные очки, маска, респиратор.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b>	<p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> загрязнение сточных вод нефтью.</p> <p><b>Воздействие на литосферу:</b> нефтяные отходы, утилизация отработанных люминесцентных ламп.</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> жидкие нефтяные отходы.</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> выбросы из вентиляционных систем, содержащие нефтяные газы.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<p><b>Возможные ЧС:</b></p> <p>Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);</p> <p>Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);</p> <p>Техногенные аварии (пожар, разлив нефтепродуктов и т.п.).</p> <p>Наиболее типичная ЧС: производственная авария (пожар и т.п.).</p>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
30.01.2023	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д92	Лотырев Роман Алексеевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (ООП/ОПОП) 18.03.01 Химическая технология  
 Уровень образования Бакалавр  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии  
 Период выполнения весенний семестр 2022/2023 учебного года

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2Д92	Лотырев Роман Алексеевич

Тема работы:

Исследование влияния магнитного поля на образование асфальтосмолопарафиновых отложений
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2023	Введение	10
25.03.2023	Обзор литературы: состав и физико-химические свойства АСПО; причины и условия образования АСПО; механизм образования АСПО; механизм действия магнитной обработки.	15
10.04.2023	Объект и методы исследования: объекты исследования; методика проведения исследования (обработка магнитными конструкциями, определение ингибирующей способности по методу «холодного» стержня).	25
01.05.2023	Результаты проведенного исследования: результаты оценки эффективности действия постоянного магнитного поля на процесс образования АСПО.	15
10.05.2023	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Раздел «Социальная ответственность»	25
21.05.2023	Заключение	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Бешагина Е.В.	К.Х.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:****Руководитель ООП/ОПОП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес О.Е.	К.Т.Н.		

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д92	Лотырев Роман Алексеевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 83 страницы, 9 рисунков, 29 таблиц, 35 источников.

Ключевые слова: нефть, асфальтосмолопарафиновые отложения, образование отложений, магнитная активация, «холодный» стержень.

Объектом исследования является нефть с месторождений Томской области.

Цель работы – исследование влияния постоянного магнитного поля на процесс образования асфальтосмолопарафиновых отложений.

В ходе работы проводились лабораторные испытания магнитной активации нефти и ее влияние на процесс образования асфальтосмолопарафиновых отложений.

В результате исследований были определены физико-химические свойства исследуемой нефти; проведена магнитная активация нефти и оценка ингибирующей способности активированной нефти; приведена зависимость ингибирующей способности от градиента температур для двух разных магнитных активаторов.

Область применения: нефтяные месторождения и промыслы, промысловая подготовка нефти.

Значимость работы: полученные в данном исследовании результаты могут быть использованы при внедрении технологии магнитной активации нефти на промыслах.

## Оглавление

Введение.....	16
1 Обзор литературы .....	18
1.1 Состав и физико-химические свойства АСПО .....	18
1.2 Причины и условия образования АСПО .....	23
1.3 Механизм образования АСПО.....	26
1.4 Механизм действия магнитной обработки.....	27
2 Объект и методы исследования .....	29
2.1 Объекты исследования .....	29
2.2 Методика проведения исследования.....	30
3 Результаты проведенного исследования .....	34
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 39	
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	39
4.2 Анализ конкурентных технических решений .....	39
4.3 SWOT-анализ.....	41
4.4 Планирование научно-исследовательских работ .....	44
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	44
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	44
4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	45
4.5 Бюджет научно-технического исследования .....	48
4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	48
4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	49
4.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	50
4.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	52
4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	52
4.5.6 Накладные расходы .....	53
4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	54

4.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	54
5	Социальная ответственность .....	58
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	58
5.1.1	Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.....	59
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя .....	60
5.2	Производственная безопасность .....	61
5.2.1	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды.....	61
5.2.2	Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений .....	62
5.2.3	Шум. Общие требования безопасности.....	63
5.2.4	Естественное и искусственное освещение .....	64
5.2.5	Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов .....	66
5.2.6	Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.....	68
5.2.7	Пожарная безопасность.....	69
5.2.8	Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны .....	70
5.3	Экологическая безопасность.....	72
5.3.1	Воздействие на атмосферу.....	73
5.3.2	Воздействие на гидросферу .....	73
5.3.3	Воздействие на литосферу .....	73
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	74
5.4.1	Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения .....	74
5.4.2	Выбор наиболее типичной ЧС.....	75

5.4.3 Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС.....	75
5.4.4 Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий .....	77
Заключение .....	79
Список использованных источников .....	80

## **Введение**

Разработка нефтяных месторождений Российской Федерации сопровождается разного рода осложнениями и проблемами, и одна из них – это образование в трубопроводе твёрдых асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО). С данной проблемой сталкиваются практически на всех нефтепромыслах и полностью устранить ее на данный момент практически невозможно.

Во время добычи и транспортировки высокопарафинистой нефти в результате процесса образования АСПО на внутренних стенках промышленного оборудования происходит изнашивание защитного покрытия и уменьшение диаметра трубопровода.

В настоящее время существует несколько хорошо известных и повсеместно применяемых методов и технологий по предупреждению образования АСПО. Применение этих методов и технологий на промыслах позволяет увеличить межремонтный период эксплуатируемых скважин. Чтобы эффективно бороться с АСПО, необходимо знать их состав, а также физико-химические свойства и, что немаловажно, причины их образования.

Таким образом, целью данной работы является исследование влияния постоянного магнитного поля на процесс образования асфальтосмолопарафиновых отложений.

Для достижения поставленной цели был определен ряд задач:

1. Определить физико-химические свойства образцов нефти исследуемых месторождений.
2. Изучить механизм, причины и факторы образования АСПО.
3. Оценить эффективность действия постоянного магнитного поля на процесс образования АСПО при различных градиентах температур.
4. Сделать выводы, опираясь на полученные результаты.

Объектом исследования в данной работе являются нефти с месторождений Томской области.



Предметом исследования является магнитная установка и оценка эффективности ее действия на процесс образования АСПО.

Научная новизна работы: установлено, что применение высокоэнергетических постоянных магнитов, имеющих в своем составе редкоземельные металлы, препятствует образованию АСПО в нефтяных трубопроводах.

Практическая значимость работы: применение магнитных активаторов позволит уменьшить количество АСПО в трубопроводах и увеличить межочистной период.

## **1 Обзор литературы**

Ликвидация АСПО в процессе добычи нефти на промысле является очень трудоемким и длительным процессом. Простаивание трубопроводов, в которых находятся АСПО, может достигать до 30 % времени. Если АСПО все же закупорили трубопровод, то их удаление требует значительных материальных расходов, ведет к повреждению нанесенного на стенки трубопровода антикоррозионного покрытия, вызывает разливы добываемой продукции и, наконец, повышает себестоимость добываемой продукции и аварийность трубопроводов.

Чтобы не допустить образования АСПО в трубопроводе, необходимо принять меры по их предупреждению, например, использовать магнитные активаторы, влияние которых на образование АСПО будет рассмотрено в данной работе.

Для эффективной борьбы с АСПО необходимо иметь представление об их составе и свойствах, а также понимать механизм их образования.

### **1.1 Состав и физико-химические свойства АСПО**

Асфальтосмолопарафиновые отложения являются смесью различных твердых углеводородов, которые представляют собой густую черную или темно-коричневую мажеобразную субстанцию. Основными компонентами, входящими в состав АСПО, являются асфальто-смолистые вещества (20-40 % масс.) и парафины (20-70 % масс.). Также в их составе могут присутствовать: связанная нефть, силикагелевая смола и механические примеси [1]. Дополнительно в составе могут находиться оксиды ванадия и железа в незначительных количествах. Они могут образовывать комплексы с макромолекулами ПАВ, что усиливает межмолекулярные взаимодействия внутри отложений. Состав и процентное содержание веществ в составе

напрямую зависит от ряда факторов: природа добываемой нефти, место отбора проб и т. д.

Основная доля отложений приходится на парафины, содержащиеся в нефти. Эти парафиновые углеводороды являются гомологами метана. Парафины, растворенные в нефти, при достаточно высоких температурах и давлении не образуют твердых отложений, т.е. остаются в растворенном состоянии. Согласно ГОСТ 11851-85 по содержанию парафинов нефть можно классифицировать на:

- малопарафиновую – менее 1,5 % масс.;
- парафиновую – от 1,5 до 6 %;
- высокопарафиновую – более 6 %.

В некоторых случаях количество парафина в нефти может достигать значений вплоть до 25 % масс. Парафины не могут растворяться в кислотах, щелочах и некоторых других химических реагентах вследствие своей неактивной природы. В основном имеет линейное строение молекул и соответствует общей химической формуле алканов  $C_nH_{2n+2}$ , где  $n$  может принимать значения от 16 до 64. Парафины растворяются в органических растворителях (бензол, ацетон и т.д.), различных нефтепродуктах при повышенных температурах и маслах, в которых содержатся минеральные компоненты. Парафины плавятся при температуре 45-65 °С [2].

Разновидностью парафина является церезин, у которого число атомов углерода в цепи может достигать значений от 36 до 55. Может иметь как нормальное, так и изомерное строение. Обладает мелкокристаллической структурой, а также является мягким, аморфным веществом, его температуры плавления принимает значения от 65 до 85 °С. В отличие от парафина имеет большую молекулярную массу из-за большего числа атомов углерода в цепи. Церезины состоят из молекул разветвленного строения, а также имеют ароматические и нафтеновые радикалы, реагируют с сильными окислителями (например, азотная и хлорсульфоновая кислоты).

Асфальто-смолистая часть состава представляет собой гетероорганические соединения темного цвета со сложным гибридным строением. В состав АСВ входит кислород, азот и сера, а также большая часть микроэлементов нефти и металлы (например, железо, медь, ванадий, хром и др.). АСВ могут стабилизировать водонефтяные эмульсии вследствие своей высокой поверхностной активности. Тем самым, они оказывают сильное влияние на процессы кристаллизации присутствующих в нефти парафиновых углеводородов. АСВ имеют достаточно высокую молекулярную массу вследствие своего довольно сложного структурного строения.

Асфальтены, содержащиеся в АСПО представляют собой аморфные хрупкие углеводородные соединения темно-коричневого и черного цвета. В их состав входят следующие элементы:

- углерод – до 86 %;
- водород – до 9 %;
- сера – от 0,5 до 9 %;
- азот – до 2 %;
- кислород – до 10 %.

В нефти в зависимости от условий содержание асфальтенов может принимать значения от 1 до 20 %. При температуре 300 °С переходят в легкое состояние, и при последующем нагревании могут разлагаться, выделяя газ, жидкие вещества и твердые остатки. Имеют меньшую растворимость, чем смолы, но по-прежнему могут быть растворены в ароматических углеводородах. Не растворяются в спиртах, эфирах и ацетоне. Асфальтены являются тяжелыми компонентами нефти, так как имеют плотность больше единицы ( $1,2 \text{ г/см}^3$ ). Молекулярная масса составляет около 2000 – 4000 а.е.м. Установлено [3, 4], что асфальтены обладают парамагнетическими свойствами. Выявлена природа сил, которые способствуют структурированию нефтяных дисперсных систем. Это так

называемые спин-спиновые взаимодействия нейтральных свободных радикалов. Было показано, что формирование дисперсной фазы начинается при достижении определенной концентрации свободных радикалов. Скорость образования асфальтенов при карбонизации нефтяных систем является лимитирующим фактором для всего процесса карбонизации [3].

Нефтяные смолы являются еще одним составляющим АСВ. От асфальтенов они отличаются растворимостью. Смолы – это аморфные высокомолекулярные и гетероатомные соединения, обладающие высокой вязкостью, и имеющие черный или темно-коричневый цвет. В сравнении с асфальтенами обладают меньшей плотностью ( $0,99 - 1,08 \text{ г/см}^3$ ), а также имеют меньшую молекулярную массу (1200 а. е.м.). Смолы могут хорошо растворяться в нефтепродуктах и в большинстве органических растворителях (кроме метанола и этанола). Также могут растворяться и в алканах при температуре  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ . При нагревании смол до температуры  $350 \text{ }^\circ\text{C}$  структура смол уплотняется, а затем происходит их превращение в асфальтены. Легко окисляются на воздухе. В составе смол присутствуют кислород, сера и азот в количестве 17 %, но при увеличении молекулярной массы этот процент снижается. В сырой нефти асфальтены имеют коллоидную форму, стабилизированную нефтяными смолами, поскольку смолы имеют промежуточную полярность между асфальтенами и ароматическими соединениями. Эти смолы структурно подобны асфальтенам с гораздо меньшей молекулярной массой. их молекулы характеризуются небольшими ароматическими кольцами и длинными алкильными цепями и содержат меньше гетероатомов, чем асфальтены. Поэтому они, вероятно, адсорбируются на поверхности асфальтенов; полярные участки смол взаимодействуют с полярными участками асфальтенов, в то время как неполярные участки смол взаимодействуют с масляной фазой, чтобы сформировать стерический слой вокруг частиц асфальтенов и создать комбинированное образование, называемое «мицелла». [5, 6].

Тип АСПО определяется исходя из содержащихся в их составе органических веществ, т.е. асфальтенов, смол и парафинов. По типу АСПО нефть разделяют на 3 класса (таблица 1), где П, А, С – содержание в нефти соответственно парафинов, смол и асфальтенов (% масс.) [7].

Таблица 1 – Классификация типов АСПО

Тип АСПО	Подтип АСПО (вид)	Отношение содержания парафинов (П) к сумме смол (С) и асфальтенов (А) $P / (C + A)$	Содержание механических примесей, %
Асфальтеновый (А)	A <sub>1</sub>	< 0,9	< 0,2
	A <sub>2</sub>	< 0,9	0,2 – 0,5
	A <sub>3</sub>	< 0,9	> 0,5
Смешанный (С)	C <sub>1</sub>	0,9 – 1,1	< 0,2
	C <sub>2</sub>	0,9 – 1,1	0,2 – 0,5
	C <sub>3</sub>	0,9 – 1,1	> 0,5
Парафиновый (П)	P <sub>1</sub>	> 1,1	< 0,2
	P <sub>2</sub>	> 1,1	0,2 – 0,5
	P <sub>3</sub>	> 1,1	> 0,5

К физико-химическим свойствам АСПО относятся: плотность, температура плавления, молекулярная масса, адгезия, характеризующая сцепление отложений с поверхностью трубопровода.

Плотность нефти составляет порядка 730 – 1040 кг/м<sup>3</sup>. В пластовых условиях от 0,82 до 0,90 г/см<sup>3</sup>. Если в нефти преобладают парафиновые фракции, то плотность отложений будет наименьшей. В нефти с повышенным содержанием АСВ плотность отложений будет наибольшей.

Важным свойством также является температура плавления, необходимая для характеристики состава АСПО и их адгезионных свойств. Температура плавления зависит от химического состава отложений и позволяет в какой-то мере оценить подвижность АСПО. Логично будет предположить, что тяжелее всего удалить отложения с высокой

температурой плавления, которая обусловлена наличием в их составе высокомолекулярных и тугоплавких соединений (н-парафинов).

Показатель средней молекулярной массы используется для определения индивидуальных углеводородов в составе АСПО. Она может принимать значения в диапазоне от 200 до 4000 а.е.м.

Еще одними важнейшими для рассмотрения свойствами АСПО являются адгезия и седиментация. Они определяют способность отложений прилипать и скапливаться на стенках трубопровода.

## **1.2 Причины и условия образования АСПО**

Были обозначены, по меньшей мере, три стадии образования кристаллов АСПО и их роста [8, 9]. На первой стадии начинают зарождаться центры кристаллизации, затем происходит дальнейший рост парафиновых кристаллов. Во второй стадии на внутренней поверхности трубы происходит процесс осаждения центров кристаллизации. И, наконец, на третьей стадии уже отложившиеся кристаллы начинают разрастаться за счет того, что к центрам кристаллизации прилипают более крупные парафиновые кристаллы.

Выделены главные факторы, которые, так или иначе, оказывают влияние на процесс образования АСПО:

- снижение давления на забое и вследствие этого нарушение гидродинамического равновесия газожидкостной системы;
- интенсивное выделение пузырьков газа;
- падение температуры, как в пласте, так и в стволе скважины;
- изменение режима течения газожидкостной смеси, а также отдельных ее компонентов;
- углеводородный состав смеси в каждой ее фазе;
- отношение объема жидкой фазы к газовой;
- шероховатость внутренней поверхности трубопровода.

То, насколько интенсивно могут образовываться АСПО, сильно зависит от вышеперечисленных факторов, и от того, в какой степени каждый из них преобладает в данный момент. Эти факторы постоянно меняются как по времени, так и по глубине, следовательно, количество АСПО и их характер непостоянны.

На практике было установлено [10], что парафины чаще всего образуются в скважинных насосах, в резервуарах промысловых сборных пунктов, в выкидных линиях от скважин и в НКТ. Наиболее интенсивно АСПО образуются на так называемой внутренней поверхности трубопроводов при подъеме со скважин.

При понижении температуры нефтяной смеси изменяется агрегатное состояние некоторых компонентов, которые содержатся в нефти, что приводит к возникновению центров кристаллизации парафинов и к последующему росту их кристаллов. Характер распределения температуры по всему стволу скважины является важным фактором, который влияет на образование парафинов, и зависит от:

- передаваемого тепла от жидкости в стволе скважины к окружающим породам;
- охлаждения и расширения газожидкостной смеси из-за работы газа по подъему жидкости.

Согласно лабораторным исследованиям, на интенсивность выпадения парафиновых отложений влияет процесс выделения и поведения пузырьков газа в потоке газожидкостной смеси [11]. Пузырьки газа способны флотировать взвешенные частицы парафина. Когда пузырек соприкасается со стенкой трубопровода, флотированные частицы парафина в этом пузырьке откладываются на ней. Затем эти частицы увеличиваются в размерах при нарастании процесса отложения, так как парафин имеет гидрофобную поверхность. В результате на стенках трубопровода образуется слой, состоящий из кристаллов парафина и пузырьков газа. Чем меньшую



долю в этом слое составляет газ, тем выше его плотность. Таким образом, более плотные отложения выпадают в нижней части подъемных труб, где пузырьки газа имеют малые размеры и лучше прилипают к кристаллам парафина и стенкам трубопровода.

Также на интенсивность образования АСПО сильно влияет скорость течения смеси. В режиме ламинарного течения АСПО образуются достаточно медленно. При переходе к турбулентному режиму интенсивность отложений поначалу возрастает. Дальнейшая турбулизация потока приводит к уменьшению интенсивности образования отложений: чем выше скорость течения смеси, тем больше кристаллов парафина остается во взвешенном состоянии и выносится из скважины. Вдобавок к этому, турбулентный поток срывает часть отложений со стенок трубопровода. Быстро движущийся поток смеси охлаждается медленнее, что также замедляет процесс образования АСПО [12].

Состояние внутренней поверхности трубопровода также определяет возможность образования АСПО. Микроскопические неровности стенок трубопровода вызывают разрывы слоя, замедления скорости движения жидкости, а также являются очагами вихреобразования. Все это является причиной образования на стенках центров кристаллизации отложений, прилипания к поверхности трубопровода и застревания кристаллов парафина между выступами и впадинами поверхности трубопровода. В случае, если размер шероховатости поверхности трубопровода соизмеримо или меньше, чем размер парафиновых кристаллов, то процесс образования АСПО затрудняется.

Характер процесса образования АСПО можно назвать адсорбционным, так как на поверхности контакта парафина с нефтяным потоком возникает двойной электрический слой. При механическом нарушении последнего на поверхности стенок трубопровода или на парафинистом слое появляются некомпенсированные заряды статического электричества. Таким

образом, происходит электризация как поверхности трубопровода, так и поверхности кристаллов парафина, что приводит к усилению адгезии парафина к металлу [12].

### **1.3 Механизм образования АСПО**

Выделяют три основных механизма образования АСПО [4].

1. Осадочно-объемная теория. Данная теория заключается в том, что зарождение кристаллов парафина происходит в потоке газожидкостной смеси. Они пробиваются через слой движущегося флюида и постепенно оседают и прилипают к внутренней поверхности трубопровода, образуя слой парафинов. Во время движения нефти по трубопроводу от забоя к устью скважины температура окружающей среды, а вместе с ней и температура стенок трубопровода, и температура нефти снижается, что можно сказать и про давление. С уменьшением давления потока в трубопроводе возникает эффект Джоуля-Томсона, сопровождающийся выделением газа и понижением температуры. Нефть, охлаждаясь до температуры, ниже температуры, при которой происходит плавление большинства твердых углеводородов, начинает выделять кристаллы парафинов, тем самым образуя центры кристаллизации на поверхности трубы. Также уменьшается растворяющая способность нефти, и вследствие этого в системе происходит образование особых пространственных надмолекулярных структур. Весь дальнейший рост кристаллов парафина обусловлен тем, что на поверхности образовавшихся зародышей парафиновых кристаллов располагаются центры дислокации, которые ответственны за то, чтобы кристаллы продолжали расти, увеличиваясь в размерах. Каждый из этих кристаллов имеет запас поверхностной энергии. При постоянном взаимодействии с окружающей средой происходит накопление энергии и дальнейшее взаимодействие дисперсной фазы с АСВ, представляющие собой дисперсионную среду. К примеру, углеродистая сталь, обладающая значительной поверхностной

энергией, имеет интенсивную тенденцию к увеличению отложений асфальтенов, несмотря на то, что она гидрофильна [13]. Дальнейший рост кристаллов обусловлен образованием сольватного адсорбционного слоя, происходящим из молекулярных компонентов, содержащихся в дисперсионной среде, так как парафиновые кристаллы сами по себе не могут самостоятельно образовывать плотные отложения, поэтому асфальтены и смолы служат цементирующим материалом.

2. Кристаллизационно-поверхностный механизм. Суть данного механизма заключается преимущественно в том, что процесс кристаллизации и накопления парафиновых углеводородов происходит на стенках внутренних металлических поверхностей НКТ. Немаловажную роль в этом процессе играют газовые глобулы, которые транспортируют кристаллы парафинов к стенкам трубопровода с последующим полным разрушением самих газовых глобул.

3. Третий механизм образования отложений сочетает в себе особенности первых двух механизмов, протекающих параллельно.

#### **1.4 Механизм действия магнитной обработки**

Установлено [14-16], что при воздействии постоянного магнитного поля в потоке газожидкостной смеси происходит разрушение агрегатов, состоящих из субмикронных ферромагнитных микрочастиц соединений железа (окисей/гидроокисей железа), концентрация которых составляет порядка 10 – 100 г/т в нефти и попутной воде. Так как в каждом агрегате содержится от нескольких сотен до нескольких тысяч микрочастиц, то разрушение этих агрегатов приводит к очень резкому (в 100 – 1000 раз) увеличению центров кристаллизации парафинов, а также к формированию пузырьков газа микронных размеров на поверхности этих ферромагнитных частиц. В результате разрушения агрегатов железа кристаллы парафина выпадают в виде тонкодисперсной, объемной, устойчивой взвеси, а скорость

роста парафиновых отложений уменьшается вместе со средними размерами выпавших кристаллов парафина. Увеличение количества центров кристаллизации также приводит к уменьшению средних объемов кристаллов парафиновых отложений. Скорость накопления кристаллов на стенках трубопровода уменьшается (на несколько порядков) за счет того, что мелкие кристаллы парафинов остаются в потоке жидкости во взвешенном состоянии, а часть из них уносится с потоком.

Таким образом, в данной главе были рассмотрены основные физико-химические свойства и состав АСПО, причины и условия их образования, механизм их образования, а также механизм действия на них магнитной обработки.

В следующих главах будет проведено лабораторное исследование влияния магнитной обработки на процесс образования АСПО.

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Объекты исследования

Объектом исследования в данной работе была выбрана нефть с высоким содержанием парафинов. В таблице 2 представлена характеристика исследуемой нефти.

Таблица 2 – Характеристика исследуемой нефти

Наименование показателя	Метод испытаний	Ед. измерения	Результат испытаний	Приписанная характеристика погрешности методики
Массовая доля воды	ГОСТ 2477-65	мас.%	1,4	± 0,1
Плотность при температуре 15 °С	ГОСТ 3900-97	кг/м <sup>3</sup>	778,5	± 1,1
Плотность при температуре 20 °С	ГОСТ 3900-97	кг/м <sup>3</sup>	772,4	± 1,1
Вязкость кинематическая при 20 °С	ГОСТ 33-2000	мм <sup>2</sup> /с	2,827	± 0,014
Вязкость кинематическая при 50 °С	ГОСТ 33-2000	мм <sup>2</sup> /с	1,567	± 0,008
Массовая доля мех. примесей	ГОСТ 6370-83	мас.%	0,032	± 0,007
Массовая доля серы	ГОСТ 51947-02	мас.%	0,047	± 0,002
Концентрация хлористых солей в сырой нефти (до отделения воды)	ГОСТ 21534-76	мг/дм <sup>3</sup>	550	± 35
Массовая доля парафина	ГОСТ 11851-85	мас.%	15,3	± 7,5
Температура плавления парафина	ГОСТ 4255-75	°С	49,0	± 0,2
Давление насыщенных паров	ГОСТ 1756-2000	кПа	65,0	± 3,5
Температура застывания	ГОСТ 20287-91, метод Б	°С	12,0	± 5,6
Массовая доля асфальтенов	Методика ВНИИ НП	мас.%	0,42	± 0,08
Массовая доля смол	Методика ВНИИ НП	мас.%	5,6	± 0,56
Фракционный состав:	ГОСТ 2177-99, метод Б			
температура начала кипения		°С	37	± 5
выход фракций: при 100 °С		об.%	18,0	± 1,4
при 200 °С		об.%	42,5	± 1,4
при 300 °С		об.%	66,0	± 1,4

Как видно из таблицы, исследуемая нефть характеризуется значительным содержанием парафинов (15,3 % масс.), а также относительно высокой температурой застывания (+12,0 °С). Содержание смол и

асфальтенов не так велико (5,6 % масс. и 0,42 % масс. соответственно). Также нефть содержит небольшое количество механических примесей (0,032 % масс.). Поэтому, согласно таблице 1 по типу АСПО данную нефть можно отнести к парафиновому типу, к подтипу П<sub>1</sub>.

На рисунке 1 представлено процентное содержание парафинистых углеводородов в зависимости от числа атомов углерода в цепи.

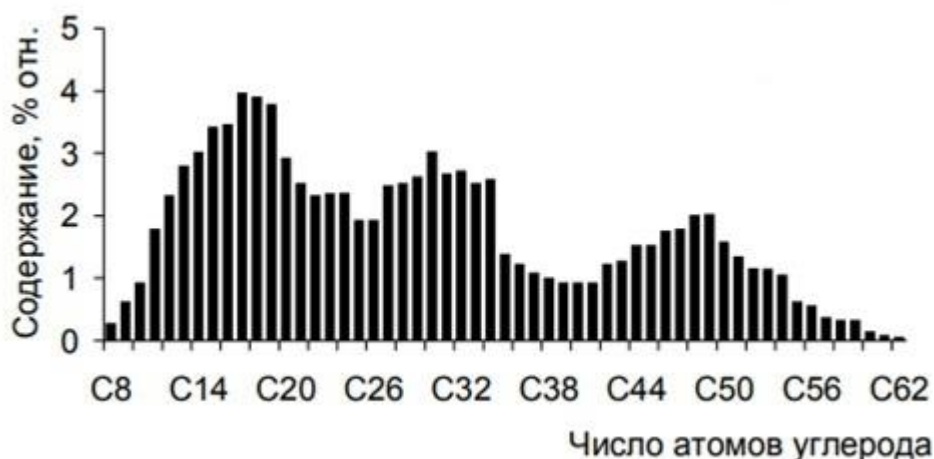


Рисунок 1 – Зависимость содержания ПУ от количества атомов углерода в цепи

## 2.2 Методика проведения исследования

Перед началом исследования необходимо активировать нефть посредством постоянного магнитного поля. Для этого были взяты два магнитных активатора разной длины: длина первого активатора – 58 см (рисунок 2, а), длина второго активатора – 28 см (рисунок 2, б). Также данные активаторы обладают индуктивностью от 160 до 200 мТл с несколькими переполюсовками.



Рисунок 2 – Магнитные активаторы: а) 58 см; б) 28 см

Метод «холодного» стержня заключается в гравиметрическом определении АСПО, которые, выпадая из нефти, откладываются на, собственно, охлажденном металлическом стержне. Лабораторная установка имеет два блока [17]:

- блок «холодного» стержня с водяной баней;
- блок термостата / криостата, обеспечивающего создание в стержнях температуры в пределах от -30 до +60 °С.

В блоке «холодного» находятся 4 металлических стакана, в которые заливается исследуемая нефть, и 4 крышки, в которые вмонтированы полые U-образные стержни. Данные стержни подключены к системе циркуляции хладагента – тосола. На рисунке 3 представлена установка для определения

АСПО по методу «холодного» стержня, а на рисунке 4 представлены комплектующие данной установки.



Рисунок 3 – Установка для определения АСПО по методу «холодного» стержня

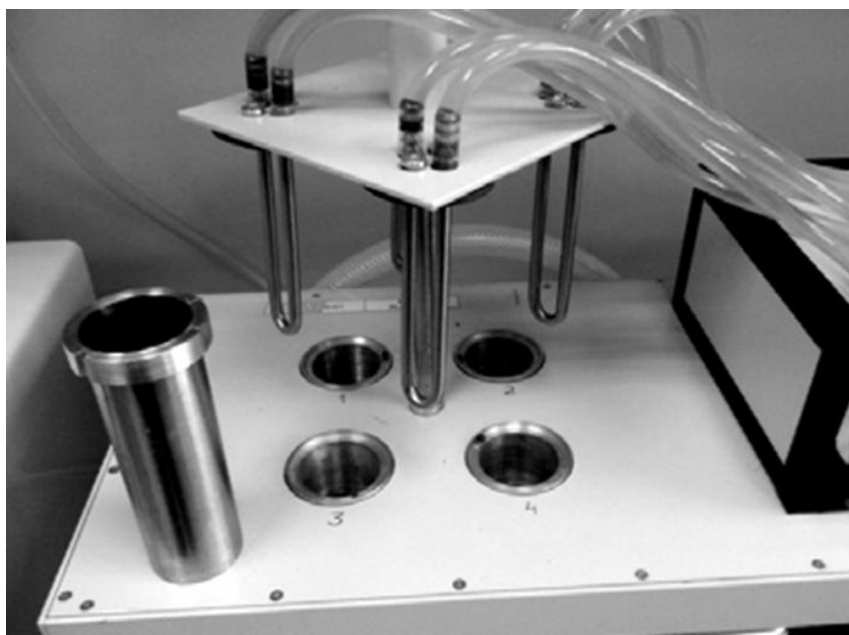


Рисунок 4 – Металлический стакан и параллельно работающие U-образные стержни



После загрузки образцов нефти (2 исходных и 2 активированных) в стаканы, в водяной бане устанавливается необходимая температура (обычно положительная). Также в блоке термостата выставляется температура циркулирующего в трубках тосола (обычно отрицательная). За счет разности (градиента) температур парафины начинают оседать на поверхности охлажденных стержней. Во время эксперимента стаканы с нефтью вращаются вокруг своей оси, а значит и вокруг стержней. После извлечения стержней из нефти и, соответственно, из стаканов, оставляем стержни с АСПО над стаканами в течение 10-20 минут, позволяя остаткам нефти стечь обратно в стаканы.

Затем повышаем температуру «холодного» стержня до +50 °С и далее расплавляющиеся парафины собираем в предварительно взвешенные чашки Петри и взвешиваем.

Экспериментально отработаны оптимальные режимы: время эксперимента 40 мин, объем нефти – 80 мл. Количество осадка, образовавшегося на стержне, определяем гравиметрическим методом.

Ингибирующую способность активированной нефти рассчитывали по следующей формуле:

$$I = \frac{W_0 - W_1}{W_0} * 100,$$

где  $I$  – ингибирующая способность, %;

$W_0$  – выход осадка для исходной нефти, г;

$W_1$  – выход осадка для активированной нефти, г.

В данной главе были приведены основные характеристики исследуемой нефти, а также методика проведения эксперимента.

В следующей главе будут представлены результаты проведенного исследования, проведен анализ полученных результатов и их обсуждение.

### 3 Результаты проведенного исследования

В результате проведенного исследования были получены результаты, представленные ниже.

В таблице 3 приведены результаты исследования действия магнитных активаторов на нефть при различных градиентах температур. Прочерком обозначены опыты, в которых отсутствовал положительный эффект от магнитной активации нефти.

Таблица 3 – Результаты проведенного исследования

Температура нефть/стержень (градиент), °С	Ингибирующая способность, %	
	Магнитный активатор длиной 28 см	Магнитный активатор длиной 58 см
+40/0 (40)	40	–
+40/-10 (50)	22	–
+40/-15 (55)	16	–
+40/-20 (60)	25	41
+40/-30 (70)	–	43
+55/-20 (75)	–	–
+60/-20 (80)	–	14
+55/-30 (85)	–	3
+60/-30 (90)	–	–

На рисунке 5 изображен график зависимости ингибирующей способности от градиента температур для обоих магнитов.

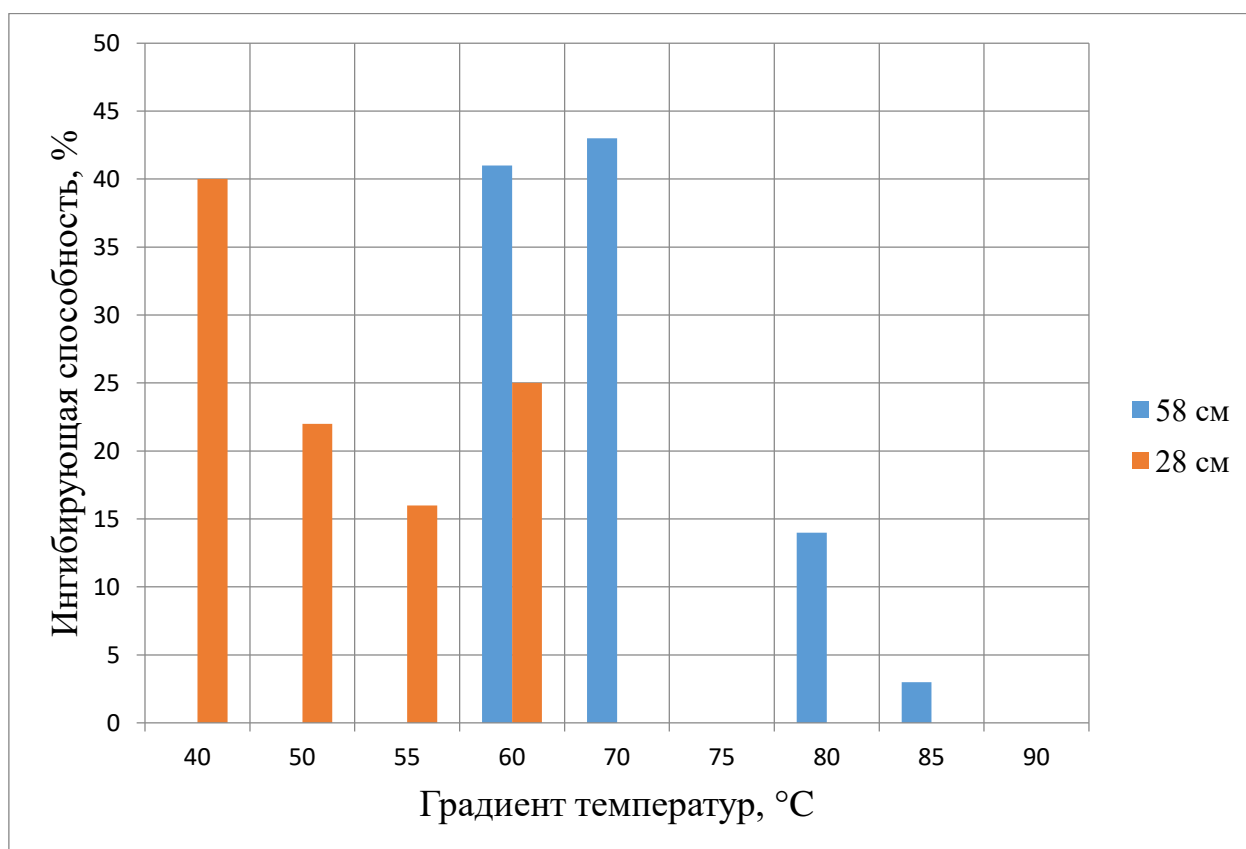


Рисунок 5 – Зависимость ингибирующей способности от градиента температур для обоих магнитов

Из графика видно, что ингибирующая способность магнитного активатора длиной 58 см возрастает с увеличением градиента температур, достигает максимума в области 60-70 °С, затем идет на понижение (с небольшим скачком до 14 %) вплоть до 0 % при достижении 90 °С. Для магнитного активатора длиной 28 см можно сделать вывод о том, что его ингибирующая способность достигает максимума при небольших градиентах температур (всего 40 °С), а при дальнейшем увеличении градиента его ингибирующая способность монотонно уменьшается до 0 % при 70 °С с небольшим скачком, равным 9 %, в области 55-60 °С.

На рисунке 6 приведена фотография АСПО на «холодном» стержне при температурах нефть/стержень +40/-30 °С.

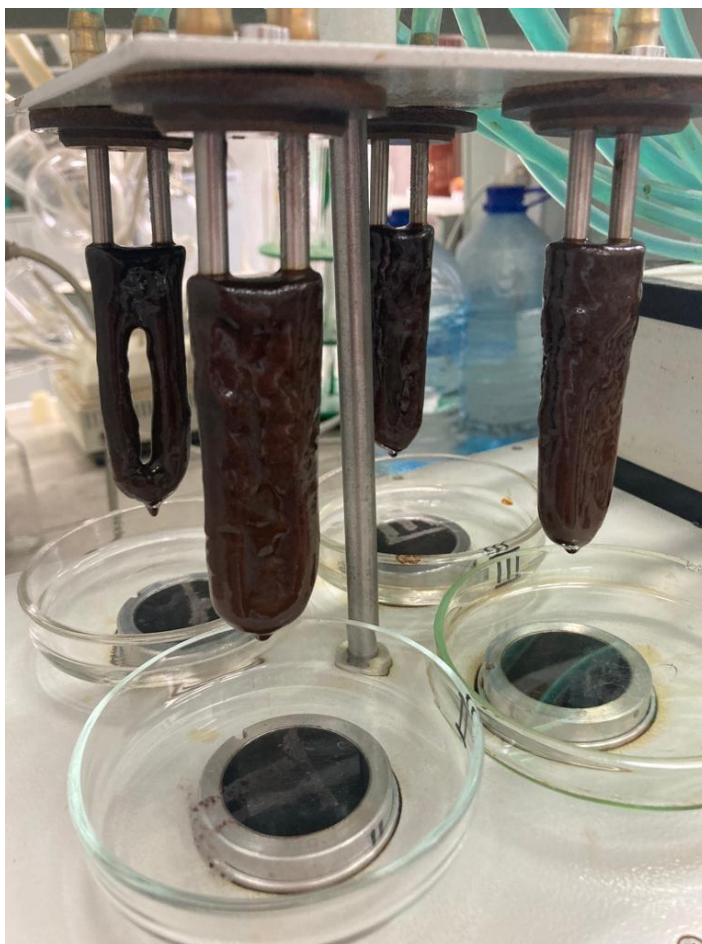


Рисунок 6 – АСПО на «холодном» стержне при температурах нефть/стержень +40/-30 °С

На фотографии видно, что из активированной на магните длиной 58 см нефти выделилось заметно меньше АСПО, чем из двух исходных образцов и образца, активированного на магните длиной 28 см.

Выделившиеся из исследуемой нефти отложения также были рассмотрены через микроскоп (рисунки 7, 8, 9).



Рисунок 7 – АСПО в исходном образце



Рисунок 8 – АСПО в образце нефти после активации на магните  
длиной 28 см



Рисунок 9 – АСПО в образце нефти после активации на магните  
длиной 58 см

Из вышеприведенных фотографий видно, что в образцах активированной на магнитах нефти кристаллы АСПО имеют меньший размер и их больше в несколько десятков раз, чем в исходном образце, что подтверждает теорию, приведенную в обзоре литературы.

Таким образом, в данной главе были представлены и проанализированы результаты проведенного исследования. Показано, что ингибирующая способность магнитных активаторов зависит от градиента температур, и с увеличением этого градиента увеличивается ингибирующая способность до определенного предела. После достижения этого предела (как показал опыт, разные магниты дают разное значение этого предела по температуре) ингибирующая способность уменьшается вплоть до 0 %. Небольшие скачки при уменьшении ингибирующей способности связаны с вторичными процессами, происходящими при высоких градиентах температур.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Целью данного раздела является определение коммерческой привлекательности научно-исследовательской работы. Достижение цели обеспечивается при выполнении следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

В данной научно-исследовательской работе будет проведено исследование влияния постоянного магнита на образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО).

### **4.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Продукт – магнитные активаторы для ингибирования процесса парафиноотложения.

Целевой рынок – нефтехимическая отрасль промышленности.

### **4.2 Анализ конкурентных технических решений**

Существуют различные методы по ингибированию процесса образования АСПО. Основными методами являются: физические, химические и с применением защитных покрытий.

В целях сравнения конкурентных технических решений приведем оценочную карту и вычислим коэффициенты конкурентоспособности (таблица 4).

Данная карта помогает оценить возможности технических решений конкурентов и собственного, и увеличить возможность развития продукта, выхода его на рынок и продвижения.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1. Эффективность	0,23	5	5	5	1,15	1,15	1,15
2. Простота эксплуатации	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
3. Безопасность	0,2	5	5	4	1	1	0,8
4. Экологичность	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
5. Универсальность	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
6. Цена	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
7. Наличие сертификации разработки	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
Итого:	1				4,7	4,55	4,2

В таблице 4 условно обозначены баллы и конкурентоспособность:

Б<sub>ф</sub>, К<sub>ф</sub> – разрабатываемое решение (физические методы);

Б<sub>к1</sub>, К<sub>к1</sub> – конкурентное решение – химические методы;

Б<sub>к2</sub>, К<sub>к2</sub> – конкурентное решение – методы с применением защитных покрытий.

Вес критериев в сумме составляет 1. Баллы по каждому показателю оцениваются по пятибалльной шкале. Конкурентоспособность конкурента К [18]:

$$K = \sum V_i \cdot B_i,$$

где:  $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);



$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Были выбраны данные методы [2–7], т.к. они являются одними из наиболее часто применяемых.

Анализируя данные оценочной карты, можно сделать вывод о том, что разрабатываемое решение конкурентоспособно, имея при этом главные требуемые технические характеристики с более высокими показателями или на уровне конкурентов.

### 4.3 SWOT-анализ

Воспользуемся SWOT-анализом для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Возможности во внешней среде</b>
С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Востребованность в нефтяной промышленности. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Квалифицированный руководитель. С5. Экологичность технологии.	В1. Использование полученных данных предприятия газоподготовки для оптимизации процесса производства; В2. Внедрение разработанной математической модели на нефтегазопромысел; В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.
<b>Слабые стороны</b>	<b>Угрозы внешней среды</b>
Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой. Сл2. Большое количество конкурентов. Сл3. Недостаточная информированность о разработке на рынке. Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.	У1. Отсутствие спроса на данную модель; У2. Создание подобной модели на рынке в более краткие сроки; У3. Внедрение других подобных моделей на нефтегазопромысел по данному процессу.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Результаты выполнения второго этапа приведены в таблицах 6 – 9.

Таблица 6 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей

		Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	0	0	0
	B2	-	+	+	0	+
	B3	+	+	+	0	+
	B4	-	-	0	+	-

Таблица 7 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз

		Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	0	-	+	+	0
	У2	-	+	+	+	0
	У3	+	+	0	0	+

Таблица 8 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей

		Сильные стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	0	0	+
	B2	-	0	+	-
	B3	0	-	-	-
	B4	+	+	0	+

Таблица 9 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз

		Сильные стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	-
	У2	0	+	-	0
	У3	-	+	-	+

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 10.

Таблица 10 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Востребованность в нефтяной промышленности.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Квалифицированный руководитель.</p> <p>С5. Экологичность технологии.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p> <p>Сл2. Большое количество конкурентов.</p> <p>Сл3. Недостаточная информированность о разработке на рынке.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт научных исследований.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>В4. Переход нефтехимической отрасли на ресурсосберегающие технологии.</p>	<p>1. Предложение наиболее эффективных марок магнитов в целях оптимизации процесса промышленной подготовки нефти и повышения качества товарной нефти.</p>	<p>1. Повышение квалификации кадров.</p> <p>2. Привлечение новых заказчиков.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Переход на альтернативное топливо.</p> <p>У4. Истощение природных ресурсов.</p> <p>У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>	<p>1. Поддержание низкой цены.</p> <p>2. Привлечение новых квалифицированных кадров для оптимизации и модернизации технологии.</p>	<p>1. Продвижение новой технологии с целью повышения спроса.</p> <p>2. Использование импортного сырья.</p>

## 4.4 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение моделей и проведение эксперимента	Руководитель, инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Инженер

### 4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Расчет трудоемкости выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула [18]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел. – дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел. – дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел. – дн

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;  $Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### 4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Переведем длительность каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные [18]:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определим по следующей формуле [18]:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности для 5-дневной недели:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Сводим рассчитанные значения в таблицу 12.

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	$t_{\text{min}}$ , чел-дни	$t_{\text{max}}$ , чел-дни	$t_{\text{ожид}}$ , чел-дни	Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
1.1 Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	Руководитель	1,4	2
2.1 Подбор и изучение материалов по теме	5	10	7	Инженер	7	9
2.2 Выбор направления исследований	1	2	1,4	Руководитель	1,4	2
2.3 Календарное планирование работ по теме	1	2	1,4	Руководитель Инженер	0,7	1
3.1 Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	5	3,8	Инженер	3,8	5
3.2 Построение моделей и проведение эксперимента	40	60	48	Руководитель Инженер	48	59
3.3 Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	3	5	3,8	Инженер	3,8	5
4.1 Оценка эффективности полученных результатов	1	2	1,4	Руководитель Инженер	0,7	1
5.1 Составление пояснительной записки	5	10	7	Инженер	7	9
Итого				Руководитель	52	65
				Инженер	71	89

На основе таблицы временных показателей был построен календарный план-график с использованием диаграммы Ганта (таблица 13).

Таблица 13 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
			февраль			март			апрель			май						
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1 Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2																
2 Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	9																
3 Выбор направления исследований	Руководитель	2																
4 Календарное планирование работ по теме	Руководитель Инженер	1																
5 Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	5																
6 Построение моделей и проведение эксперимента	Инженер	59																
7 Сопоставление результатов экспериментов с теоретическим и исследованиям и	Инженер	5																
8 Оценка эффективности и полученных результатов	Руководитель Инженер	1																
9 Составление пояснительной записки	Инженер	9																

– инженер

– руководитель

## 4.5 Бюджет научно-технического исследования

### 4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществим по следующей формуле [18]:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м,  $m^2$  и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ $m^2$  и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, равный 20 %.

В таблице 14 приведены материальные затраты, необходимые для проведения исследования.

Таблица 14 – Материальные затраты

Материал	Единица измерения	Количество единиц материала, $N_{расх,i}$	Цена за единицу, $C_i$ , руб.	Затраты на материалы, ( $Z_M$ ), руб.
Тетрадь	шт.	1	30	36
Ручка	шт.	1	20	24
Картридж для принтера	шт.	1	300	360
Бумага	шт.	200	1,6	384
Итого				804



#### 4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Результаты расчетов по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Количество, шт.			Цена за единицу, руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Компьютер	1	1	1	50000	50000	50000	60000	60000	60000
ПО Microsoft Office	1	1	1	9000	9000	9000	10800	10800	10800
Магнитный активатор	1	-	-	6000	-	-	7200	-	-
Ингибитор парафиноотложений PROCHINOR AP 07	-	1	-	-	1890 за 1 л	-	-	2268 за 1 л	-
Фторопластовый лак	-	-	1	-	-	1250 за 1 кг	-	-	1500 за 1 кг
Установка ПР-НПХ-04	1	1	1	100000	100000	100000	120000	120000	120000
Весы МЛ 1 В1ЖА (D=140) "Ньютон" (d=0,01) (Технологическое)	1	1	1	15900	15900	15900	19080	19080	19080
<b>Итого</b>							<b>217080</b>	<b>212148</b>	<b>211380</b>

При приобретении спецоборудования учтены затраты по его доставке и монтажу в размере 15 % от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного научного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных отчислений.

#### 4.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя от университета [18]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}},$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 4);

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [18]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя.

При отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 16).

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	44	48
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	56	28
- отпуск	0	0
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Месячный должностной оклад работника [18]:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p,$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Месячный должностной оклад для руководителя:

$$Z_m = 39300 * (1 + 0,3 + 0,35) * 1,3 = 84299 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад для инженера:

$$Z_m = 16200 * (1 + 0,3 + 0,35) * 1,3 = 34749 \text{ руб.}$$

Таким образом, для руководителя и инженера соответственно:

$$Z_{дн} = \frac{84299 * 10,4}{251} = 3493 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{34749 * 11,2}{275} = 1415 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = 3493 * 52 = 181636 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = 1415 * 71 = 100465 \text{ руб.}$$

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 17.

Таблица 17 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	39300	0,3	0,35	1,3	84299	3493	52	181636
Инженер	16200	0,3	0,35	1,3	34749	1415	71	100465
Итого								282101

#### 4.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведем по следующей формуле [18]:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн},$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы, равный 0,12 – 0,15.

Тогда, дополнительная заработная плата руководителя и инженера соответственно составляет:

$$Z_{доп} = 0,135 * 181636 = 24521 \text{ руб.}$$

$$Z_{доп} = 0,135 * 100465 = 13563 \text{ руб.}$$

Итого: 38084 руб.

#### 4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды [18].

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}),$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 30 %.

Тогда для руководителя и инженера соответственно:

$$Z_{внеб} = 0,3 * (181636 + 24521) = 61847 \text{ руб.}$$

$$Z_{внеб} = 0,3 * (100465 + 13563) = 34208 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	$Z_{\text{внеб}}$ , руб.
Руководитель	181636	24521	30	61847
Инженер	100465	13563	30	34208
Итого				96055

#### 4.5.6 Накладные расходы

Величина накладных расходов определим по следующей формуле [18]:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) * k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равный 16 %.

$$Z_{\text{накл.исп.1}} = (804 + 217080 + 282101 + 38084 + 96055) * 0,16 = 101460 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{накл.исп.2}} = (804 + 212148 + 282101 + 38084 + 96055) * 0,16 = 100671 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{накл.исп.3}} = (804 + 211380 + 282101 + 38084 + 96055) * 0,16 = 100548 \text{ руб.}$$

#### 4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 19.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты	804	804	804	Пункт 3.1
Затраты на специальное оборудование	217080	212148	211380	Пункт 3.2
Затраты по основной заработной плате	282101	282101	282101	Пункт 3.3
Затраты по дополнительной заработной плате	38084	38084	38084	Пункт 3.4
Отчисления во внебюджетные фонды	96055	96055	96055	Пункт 3.5
Накладные расходы	101460	101460	101460	16 % от суммы ст. 1-5
Бюджет затрат НТИ	735584	729863	728972	Сумма ст. 1-6

#### 4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где  $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Для альтернатив разработки:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.1}} = \frac{735584}{735584} = 1;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.2}} = \frac{729863}{735584} = 0,99;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.3}} = \frac{728972}{735584} = 0,99.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $b^a_i, b^p_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;  $n$  – число параметров сравнения. Результаты расчетов приведены в Таблице 20.

Таблица 20 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	5	5	5
Удобство в эксплуатации	0,20	5	4	3
Энергосбережение	0,25	5	4	4
Надежность	0,25	5	5	4
Материалоемкость	0,15	4	4	4
Итого	1	24	22	20

$$I_{p-исп1} = 5 * 0,15 + 5 * 0,2 + 5 * 0,25 + 5 * 0,25 + 5 * 0,15 = 5;$$

$$I_{p-исп2} = 5 * 0,15 + 4 * 0,2 + 4 * 0,25 + 5 * 0,25 + 4 * 0,15 = 4,4;$$

$$I_{p-исп3} = 5 * 0,15 + 3 * 0,2 + 4 * 0,25 + 4 * 0,25 + 4 * 0,15 = 3,95.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{фин.p}^{исп.i}}$$

$$I_{исп.1} = \frac{5}{1} = 5;$$

$$I_{исп.2} = \frac{4,4}{0,99} = 4,44;$$

$$I_{исп.3} = \frac{3,95}{0,99} = 3,99;$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}}$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{5}{5} = 1$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{4,44}{5} = 0,888;$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{3,99}{5} = 0,798.$$

Результаты расчетов представлены в таблице 21.



Таблица 21 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,99	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	4,4	3,95
3	Интегральный показатель эффективности	5	4,44	3,99
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,888	0,798

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в выпускной квалификационной работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым. Также стоит отметить, что разрабатываемое в данной научно-исследовательской работе исполнение с магнитным активатором позволяет экономить в долгосрочной перспективе. Магнитный активатор устанавливается один раз и работает всегда, в то время, как химические реагенты нужно постоянно добавлять в нефть, а защитное покрытие периодически обновлять.

## **5 Социальная ответственность**

Проблема содержания асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) в нефти на промыслах всегда была актуальна, поскольку данные отложения негативно влияют на добычу и промысловую подготовку нефти, а именно снижают эффективный диаметр трубопровода, что, в свою очередь, снижает производительность трубопровода и, как следствие, всего нефтепромысла в целом. Это также сказывается на затратах, которые связаны с дополнительными расходами на удаление АСПО и очистку стенок трубопровода. К тому же сложность процесса их удаления зависит от температуры самой нефти и окружающей среды.

Область применения данного исследования с глобальной стороны затрагивает промысловую подготовку нефти Российской Федерации, нуждающуюся в усовершенствовании имеющихся методов подготовки с целью получения большей прибыли и улучшения экологии в стране.

Объектами исследования являются нефти месторождений Томской области.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является одним из национальных приоритетов в целях сохранения человеческого капитала, что неразрывно связано с решением задач по улучшению условий и охраны труда, промышленной и экологической безопасности. Российское трудовое законодательство включает совокупность норм, целью которых является обеспечение безопасных для жизни и здоровья работников условия труда. В соответствии с п. 3 ст. 37 Конституции РФ, «каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены» [19].

### **5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства**

Согласно Трудовому Кодексу Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019) каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

Согласно ТК РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ Глава 21:

– работник, занятый на тяжелых работах, работах с вредными или опасными и иными особыми условиями труда, имеет право получать повышенную ставку оплаты труда.

Рабочее место сотрудника аудитории 129, 2 корпуса ТПУ соответствует требованиям согласно ГОСТ 12.2.032-78.

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

Выполнение данной исследовательской работы производилось в химической лаборатории аудитории 129 корпуса № 2 отделения химической инженерии Томского политехнического университета, в соответствии с методическими рекомендациями ПНД Ф 12.13.1-03 [20], регулирующими работу в химических лабораториях. Лаборатория оборудована вентиляцией, водоснабжением и канализацией. Полы выполнены из жаростойкой и гидрофобной керамогранитной плитки. Лабораторные столы имеют гладкие поверхности из материалов, не сорбирующих вредные вещества, и легко поддаются очистке.

Работа с вредными и легколетучими веществами производится в вытяжных шкафах, обеспечивающих изоляцию работающих от опасной среды. Помещение хорошо освещено как дневным, так и искусственным светом. В условиях химических лабораторий в задачи производственной санитарии входит предупреждение профессиональных отравлений, предотвращение воздействия на работающих ядовитых и раздражающих веществ, производственной пыли, шума и других вредных факторов, определение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе производственных помещений, разработка и эксплуатация средств индивидуальной защиты, системы вентиляции, отопления и рационального освещения [21].

## 5.2 Производственная безопасность

В данном подразделе проанализированы вредные и опасные факторы, которые могут возникать при исследовании нефти месторождений Томской области в лабораторных условиях.

### 5.2.1 Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды

В ГОСТе 12.0.003-2015 [22] описывается состояние условий с позиции безопасности труда, а именно определение вредных и опасных производственных факторов, которые участвуют при выполнении работ по обеспечению безопасных условий. В таблице 22 представлены те факторы, которые участвуют при проведении данного исследования.

Таблица 22 – Возможные вредные и опасные факторы

Измеряемый параметр	Этап работ			Нормативные документы
	Разработка	Исследование	Эксплуатация	
1	2	3	4	5
Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96		+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
Шум. Общие требования безопасности ГОСТ 12.1.003-2014		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности»
Естественное и искусственное освещение СП 52.13330.2016	+	+	+	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»
Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»

## Продолжение Таблицы 22

Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
Пожарная безопасность ГОСТ 12.1.004-91		+	+	ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность»
Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.1313-03		+	+	ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»

### **5.2.2 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений**

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата – климата внутренней среды этих помещений. В качестве отклонений могут выступать климатические условия снаружи помещения в зависимости от времени года, отключение отопления и неэффективная работа вентиляции.

Метеоусловия производственной среды регламентируются СанПиН 2.2.4.548-96, согласно которому температура воздуха в лаборатории поддерживается: в холодный период 21 – 23 °С; в теплый период 22 – 24 °С. Влажность воздуха не должна превышать 40 – 60 %, скорость движения воздуха 0,1 м/с [23]. По уровню энергозатрат работу можно отнести к **категории Ib**, так как данная работа выполняется преимущественно сидя или стоя. В таблице 23 приведены оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений.

Таблица 23 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

В лаборатории создание микроклимата обеспечивается приточной вытяжной вентиляцией. Летом помещения проветриваются с помощью вентиляторов. В зимнее время помещения нагревают центральным отоплением.

Согласно [23] микроклимат аудитории 129, 2 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

### 5.2.3 Шум. Общие требования безопасности

В качестве шума принимают упругие колебания, распространяющиеся в среде. Шум оказывает раздражающее воздействие на работника, а именно повышается утомляемость, снижается внимание и сосредоточенность. Ряд этих воздействий может привести к ряду ошибок, а также увеличению времени выполнения задания.

Нарушение слуха приводит к появлению профессиональных заболеваний и может привести к летальному исходу. Различают три вида

шумов: механический, аэрогидродинамический, гидродинамический шум и шумы электромагнитного происхождения.

При работе с ЭВМ в аудитории 129, 2 корпуса ТПУ характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более 1 октавы.

По данным [24] в лабораторных помещениях максимальный уровень шума 75 дБА. В таблице 24 приведен допустимый уровень шума в лабораторных помещениях.

Таблица 24 – Допустимый уровень шума в лабораторных помещениях

	Уровни звукового давления, дБА, в октановых полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Лабораторные помещения	103	91	83	77	73	70	68	66	64	80

В качестве средств индивидуальной защиты для органов слуха от шума и вибрации применяются наушники, беруши.

Наушники понижают негативное воздействие в диапазоне от 7 до 38 дБ с частотой от 125 до 8 000 Гц.

Согласно [24] уровень шума в аудитории 129, 2 корпуса ТПУ не более 80 дБА и соответствует нормам.

#### **5.2.4 Естественное и искусственное освещение**

При недостаточном освещении ухудшается производительность труда и качество выполняемой работы, понижается безопасность труда и повышается травматизм на производстве. Конечно, недостаток света сам по себе не может вызывать несчастные случаи, но может способствовать их возникновению. Например, при нехватке света человек нагибается ближе к объекту исследования и может получить повреждение лица и глаз. Также может возникать тень из-за которой теряется внимательность и может способствовать возникновению травматизма.



В лаборатории имеется совмещенный вид освещения.

Искусственное освещение создаётся с помощью источников света – ламп. Различают общее, местное или комбинированное. Общее необходимо для освещения всего производственного помещения. Местное дополняет общее и концентрирует дополнительный световой поток на рабочих местах. В лаборатории имеется комбинированное освещение. Данную работу в лаборатории можно отнести к V разряду (малой точности), так как наименьший размер объекта различения не превышает 5 мм. В таблице 25 приведена норма освещенности на рабочем месте производственных помещений при искусственных источниках света.

Таблица 25 – Норма освещенности на рабочем месте производственных помещений при искусственных источниках света

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение				Естественное освещение	Совместное освещение			
						Освещенность, лк		Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта URG и коэффициента пульсации		КЕО, %				
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения	URG, не более	К, %, не более	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
						Всего	В том числе от общего							
Малой точности	св.1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	25	20	3,0	1,0	1,8	0,6
			б	Малый Средний	Средний Темный	-	-	200	25	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	-	-	200	25	20				
			г	Средний Большой >>	Светлый >> Средний	-	-	200	25	20				

В аудитории 129, 2 корпуса ТПУ, где проводилось исследование, комбинированная система освещения. Согласно [25] освещенность соответствует допустимым нормам.

## **5.2.5 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов**

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ЭВМ в аудитории 129, 2 корпуса ТПУ, оборудование оснащено защитным заземлением, занулением. По опасности поражения электрическим током лаборатория ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18 – 20 °С, с влажностью 40 – 50 %) [26].

Работники из электротехнического персонала до 18 лет к работе в электротехнических установках не допускаются. Практикантам из учебных заведений до 18 лет разрешается пребывание в действующих электроустановках под постоянным надзором лиц из электротехнического персонала с группой не ниже III в электроустановках до 1000 В, не ниже IV в электроустановках выше 1000 В. Им до 18 лет запрещается допуск к самостоятельной работе и присвоение группы III и выше.

Электротехнический персонал не должен иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья электротехнического персонала определяется медицинским освидетельствованием при приёме на работу, а так же периодическими осмотрами (сроки устанавливаются органами здравоохранения). От медицинского освидетельствования освобождается административно-технический персонал, не принимающий участие в оперативных, ремонтных, монтажных и наладочных работах и не организующий их.

Работник из числа оперативного персонала, получивший разрешение (распоряжение, команду) на включение электроустановки после полного окончания работ в ней, должен перед включением убедиться в готовности электроустановки к включению (проверить чистоту рабочего места, отсутствие инструмента), снять временные ограждения, переносные плакаты

безопасности и заземления, установленные при подготовке рабочего места оперативным персоналом, восстановить постоянные ограждения.

Основным нормативным документом, устанавливающим требования по электробезопасности, является ГОСТ 12.1.038-82 [26].

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются [8]:

- несоответствие электроустановок, средств защиты и приспособлений требованиям безопасности и условиям применения;
- дефекты устройства электроустановок и защитных средств (дефекты конструирования, изготовления, монтажа, ремонта);
- неисправности электроустановок и защитных средств, возникшие в процессе эксплуатации;
- несоответствие типа электроустановки и защитных средств условиям применения;
- использование защитных средств с истекшим сроком периодических испытаний.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются [26]:

- защитное заземление;
- защитное зануление;
- защитное отключение;
- электрозащитные средства;
- уравнивание потенциалов;
- двойная изоляция;
- предупредительная сигнализация;
- блокировка;
- знаки безопасности.

Основными организационным мероприятиям являются [26]:

- соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей;
- изоляция токопроводимых частей;
- применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
- использование предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
- применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
- использование средств защиты и приспособлений (огородительные устройства, изолирующие устройства, устройства защитного заземления и зануления, молниеотводы и и т.д).

#### **5.2.6 Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля**

Одним из наиболее вредных факторов является электромагнитное поле (ЭМП), которое при превышении допустимых уровней оказывает вредное влияние на нервную, иммунную и эндокринную системы человека. Наиболее подвержены влиянию ЭМП кровеносная система, головной мозг, глаза, иммунная и половая системы. Кроме того, нарушается работа нервной системы, ослабевает память, повышается утомляемость, нарушается режим сна.

Допустимые уровни ЭМП в аудитории 129, 2 корпуса ТПУ, создаваемых ЭВМ, не должны превышать значений [27], представленных в таблице 26.

Таблица 26 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Уровни ЭМП, ЭСП на рабочем месте в аудитории 129, 2 корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 5, соответствуют нормам [27].

### 5.2.7 Пожарная безопасность

Работа с нефтепродуктами и растворителями является пожароопасной. Для того, чтобы предотвратить несчастный случай нужно исключить скопление паров, газов и жидких нефтепродуктов с помощью вентиляции и своевременной уборки разлитого нефтепродукта. Также легковосполменяющиеся жидкости (ЛВЖ) нельзя нагревать на открытом огне и располагать тару с ЛВЖ вблизи открытого огня. Лаборатория относится к категории помещения П-2а, так как она содержит ЛВЖ с температурой вспышки более 28 °С. Также лаборатория оснащена планом эвакуации, пожарной сигнализацией и световыми указателями пути эвакуации. Согласно ГОСТ 12.1.004-91 [28] при возникновении пожара необходимо принять меры по его тушению. Для этого лаборатория оснащена средствами для пожаротушения [28]:

- огнетушитель углекислотный газовый типа ОУ – 3 (1 шт.) для тушения всех видов горючих веществ и электроустановок, кроме веществ, горящих без доступа воздуха;

- порошковый огнетушитель ОПС – 5 (1 шт.), предназначенный для тушения небольших очагов возгорания щелочных металлов;
- асбестовое одеяло, которое используется при тушении обесточенных электропроводов, горячей одежды;
- ящик с песком для тушения обесточенных горящих на горизонтальной поверхности проводов.

### **5.2.8 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны**

Вредные вещества могут попадать в организм через дыхательные пути, через кожу, а также через ротовую полость. При этом вредные вещества оказывают токсичное действие и являются вредными для живого организма.

Охарактеризовать вредность различных видов загрязнений воздуха позволяют значения предельно допустимой концентрации. ПДК – это такая концентрация, которая при восьмичасовом рабочем дне не вызывает изменений в организме человека в течение всей жизни. Класс опасности вещества определяется по таблице ПДК по ГН 2.2.5.1313-03 [29]:

- 1 класс – чрезвычайно опасные;
- 2 класс – высокоопасные;
- 3 класс – опасные;
- 4 класс – умеренно опасные.

Работники, выполняющие работы, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования охраны труда, должны проходить повторный инструктаж по охране труда не реже одного раза в три месяца, а также не реже одного раза в двенадцать месяцев - проверку знаний требований охраны труда. Перечень профессий работников и видов работ, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования охраны труда, утверждается локальным нормативным актом работодателя.

При работе в лаборатории используются вредные вещества, ПДК в воздухе рабочей зоны, класс опасности и влияние на организм человека этих веществ указаны в таблице 27 [29].

Таблица 27 – Вредные вещества и их характеристика

Наименование вещества	ПДК паров в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Воздействие на человека и окружающую среду
1	2	3	4
Углеводороды	300	2	Воздействие каждой группы углеводородов по своему опасно: начиная от наркотического воздействия на организм, заканчивая отравлением или смертью.
Спирт этиловый	1000	4	При остром отравлении этиловым спиртом отмечается рвота, замедление дыхания и сердечных сокращений, потеря сознания.

Поэтому при работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования к технике безопасности [30]:

1. Перед тем как приступить к работе, сотрудники должны осмотреть и привести в порядок рабочее место.
2. Приступая к работе, проверяется исправность оборудования.
3. Проводить работу с ядовитыми и едкими веществами, а также с органическими растворителями только в вытяжном шкафу.
4. Работа проводится в вытяжных шкафах в защитных очках, перчатках и фартуке, если существует вероятность поломки стеклянного прибора с разбрызгиванием горячих или едких продуктов при его нагреве или повышенном давлении.
5. Работа в вытяжном шкафу проводится так, чтобы в шкафу находились только руки, наблюдение за процессом осуществляется через шкаф, для этого створки шкафа поднимают на высоту не более 30 см.

6. Приготовление химических растворов с выделением тепла проводится в фарфоровой или термостойкой емкости.

7. Во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость.

При работе в лаборатории используются следующие средства индивидуальной защиты [30]:

- халат (при любых работах в лаборатории);
- перчатки из химически стойких материалов (при работе с веществами и реагентами);
- защитные очки (при необходимости);
- респиратор (при необходимости);
- маска (при необходимости).

Для защиты персонала от воздействия токсичных веществ в воздухе рабочей зоны в лаборатории имеется вентиляция, а также вытяжные шкафы.

В случае возникновения пожара или превышения в лаборатории ПДК токсичных веществ персонал обязан позвонить на номера специальных служб (тел. 101, 112) и эвакуироваться согласно плану эвакуации.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Химическая лаборатория не является особо опасным объектом воздействия на окружающую среду.

Существует два основных подхода к проблеме защиты окружающей среды:

- путем максимально эффективной очистки;
- путем создания замкнутой безотходной технологической системы.

Для лаборатории наиболее оптимален выбор первого варианта.



### **5.3.1 Воздействие на атмосферу**

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то для очистки достаточно использование адсорбционного фильтра. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров [31].

### **5.3.2 Воздействие на гидросферу**

Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию [32].

### **5.3.3 Воздействие на литосферу**

Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Наиболее опасными отходами для литосферы в условиях лаборатории являются отработанные люминесцентные лампы, относящиеся к 1 классу опасности. Их утилизация производится согласно [32].

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС – это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Для того чтобы люди были подготовлены к таким обстоятельствам необходимо знать и проанализировать дальнейшие действия.

### **5.4.1 Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения**

К чрезвычайным ситуациям (ЧС), которые может инициировать объект исследования, относят:

- производственные аварии;
- стихийные бедствия;
- социальные конфликты.

В ходе эксперимента возможно возникновение пожаров, взрывов, разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураганов, землетрясений. Здания защищаются от прямых ударов молнии молнеприемниками. Для обеспечения безопасности людей рекомендуется ограждать заземлители или во время грозы не допускать людей к заземлителям на расстояние ближе 5 – 6 метров. Заземлители располагаются вдали от дорог.

В случае стихийного бедствия (урагана, землетрясения) необходимо отключить воду, электричество и покинуть помещение согласно плану эвакуации.

В связи с нестабильной международной обстановкой, массовыми террористическими актами, нужно предусмотреть возможности начала военных действий и связанных с ними нападений на объекты с использованием средств массового поражения. По сигналу «воздушная тревога» производится отключение воды и электроэнергии в лаборатории, затем организованная эвакуация работающих в лаборатории согласно плану эвакуации.

#### **5.4.2 Выбор наиболее типичной ЧС**

Наиболее типичной и опасной является ЧС техногенного характера (производственные аварии). В любой лаборатории всегда существует вероятность возникновения аварийной ситуации. В данной работе это авария в виде пожара. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

#### **5.4.3 Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС**

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении 129, 2 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

- неисправность нагревательных элементов;
- несоблюдение мер предосторожности;
- работа с ЛВЖ.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены эвакуационные знаки безопасности, подача звуковых и (или) световых сигналов во всех помещениях здания с постоянным или временным пребыванием людей, трансляция текстов о необходимости эвакуации, а также направленные на предотвращение паники и других явлений, усложняющие эвакуацию.

Аудитория 129, 2 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.). В таблице 28 приведены типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках.

Таблица 28 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а. В таблице 29 приведены категории помещений по пожарной опасности.

Таблица 29 – Категория лаборатории по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

#### 5.4.4 Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий

Мероприятия, проводимые во время чрезвычайных ситуаций, представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге поражения. Данные мероприятия проводятся на основании положения комплекса государственных стандартов по предупреждению и ликвидации чрезвычайной ситуации и определены в [33].

Мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций представлены ниже согласно ГОСТ Р 22.3.03-94:

- систематическая диагностика оборудования;

- обслуживание и ремонт вентиляторов, вытяжных шкафов, осветительных приборов;
- наличие современных сигнализаций и приборов контроля в помещении для исследования;
- систематический инструктаж персонала;
- планы поддержания рабочего состояния лаборатории после чрезвычайной ситуации или катастрофы;
- план реагирования в случае террористических действий.

Технические и организационные меры по предотвращению пожара или взрыва и противопожарной защите осуществляются в соответствии с [34] и [35].

В корпусе 2 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания сотрудник лаборатории должен выполнить следующие действия:

- вызвать пожарную часть, объяснив место очага возгорания;
- нажать ручной пожарный извещатель;
- в случае невозможности потушить возгорание собственными силами (большая площадь возгорания) покинуть лабораторию.

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где выполнялось исследование влияния магнитного поля на процесс образования АСПО, можно сделать вывод, что исследовательская лаборатория удовлетворяет предъявляемым требованиям и нормам. При соблюдении техники безопасности и правил работы в химической лаборатории работа в лаборатории не повлияет на здоровье работника.

Действие вредных и опасных факторов в лаборатории сведено к минимуму. Микроклимат, освещение и уровень шума удовлетворяют требованиям, так же соблюдены все требования по электро- и пожароопасности. Также отсутствует опасность для экологии.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе было проведено исследование влияния магнитного поля на образование асфальтосмолопарафиновых отложений. Проведены опыты по исследованию эффективности действия магнитных активаторов на процесс ингибирования образования АСПО в образце исследуемой нефти.

Был проведен ряд экспериментов, и опытным путем установлено, что влияние постоянного магнитного поля действительно позволяет замедлить процесс образования АСПО.

В результате проведенных исследований выявлено, что воздействие постоянного магнитного поля на нефть положительно влияет на количество образующихся АСПО, но только при определенных температурах (градиентах температур). Также была обнаружена зависимость: ингибирующая способность возрастает с увеличением градиента температур, но только до определенного предела. Для магнитов различной длины и мощности эти пределы разнятся. Наилучший результат показал магнитный активатор длиной 58 см при температурах нефть/стержень, равных  $+40/-30$  °С, что является очень близким к реальным условиям.

Полученные результаты могут быть использованы для выбора магнитного активатора для магнитной активации нефти при ее первичной подготовке.

Магнитные активаторы безопасны для экологии, так как не требуют энергозатрат, не выделяют отходов и не оказывают негативного влияния на персонал. Также они являются относительно недорогими и практически не нуждаются в обслуживании, но требуется изолировать магниты от воздействия на них агрессивных сред. Недостатком следует отметить то, что для каждой нефти нужно подбирать магнитный активатор в соответствии с температурным режимом.

## Список использованных источников

1. Персиянцев М.Н. Добыча нефти в осложненных условиях. – ООО «НедраБизнесцентр», 2000. – 653 с.
2. Петрова Л.М., Форс Т.Р., Юсупова Т.Н., Мухаметшин Р.З., Романов Г.В. Влияние отложения в пласте твердых парафинов на фазовое состояние нефтей в процессе разработки месторождений // Нефтехимия. 2005. Т.45. №3. С. 189-195.
3. Сверхвысокомолекулярные полимеры. – Под ред. А. Чиферри и И. Уорда /Пер. с англ. – Л.: Химия, 1983. – 270 с.
4. Тронов В.П. Механизм образования смолопарафиновых отложений и борьба с ними. – М.: Недра, 1970. – 192 с.
5. Иванова, Л.В. Асфальтосмолопарафиновые отложения в процессах добычи, транспорта и хранения / Л.В. Иванова, Е.А. Буров, В.Н. Кошелев // Электронный научный журнал “Нефтегазовое дело”. - 2011. - №1. – С. 268 – 284.
6. Gharbi, K.; Benyounes, K.; Khodja, M. Removal and prevention of asphaltene deposition during oil production: A literature review. J. Pet. Sci. Eng. 2017, 158, 351–360.
7. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.
8. Коршак А.А., Шаммазов А.М. Основы нефтегазового дела. Учебник для ВУЗов: - Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2001 – 544 с.: ил.
9. Тронов В.П., Гуськов А.И., Мельников Г.М. Об условиях формирования АСПО на поздней стадии разработки //Проблемы нефтегазового комплекса России. Горное дело: Тезисы докладов Международной Научно-технической конференции. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1998. – с. 106-108.
10. Люшин С.В., Рассказов В.А.. Опыт работы с отложениями парафина.//РНТС. ВНИИОНГ. – 1967. – 67 с.



11. Ибрагимов Г.З., Сорокин В.А., Хисамутдинов Н.И. Химические реагенты для добычи нефти: Справочник рабочего. – М.: Недра, 1986. – 240 с.
12. Голонский П.П. Борьба с парафином при добыче нефти. – М.: Гостоптехиздат, 1960. – 88 с.
13. Moradi, S.; Amirjahadi, S.; Danaee, I.; Soltani, B. Experimental investigation on application of industrial coatings for prevention of asphaltene deposition in the well-string. J. Petrol. Sci. Eng. 2019, 181, 106095.
14. Персиянцев М.Н., Василенко И.Р. Магнитные депарафинизаторы МОЖ // Газовая промышленность. – 1999. - № 8. – стр. 34 – 37.
15. Сахаров В.А., Сейткасымов Б.С. «Опыт применения магнитных приборов для обработки скважин с целью предотвращения проблем, связанных с органическими отложениями», Нефтепромысловое дело, № 8, 2004 г., с. 39 – 40.
16. Сейткасымов Б.С. Повышение эффективности методов борьбы с асфальто-смоло-парафиновыми отложениями на месторождениях Южно-Тургайского прогиба Республики Казахстан. Автореф.... канд. техн. наук. – Москва: РГУНГ им. Губкина, 2006. – 22 с.
17. Бешагина Е.В. Определение количества нефтяных отложений по методу «холодного» стержня / Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов III курса. – 2017. – 19 с.
18. Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
19. «Конституция Российской Федерации» (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) [Электронный ресурс]. –

- URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28399/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/) – Дата обращения: 15.05.2023.
20. ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения) [Электронный ресурс]. – URL: <https://beta.docs.cntd.ru/document/1200044235> – Дата обращения: 15.05.2023.
21. Захаров Л.Н. Техника безопасности в химических лабораториях / Л.Н. Захаров. – Ленинград: Химия, 1991. – 336 с.
22. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> – Дата обращения: 15.05.2023.
23. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [Электронный ресурс]. – URL: <http://vsegost.com> – Дата обращения: 15.05.2023.
24. ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606> – Дата обращения: 15.05.2023.
25. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> – Дата обращения: 15.05.2023.
26. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов». [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200313> – Дата обращения: 15.05.2023.
27. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200272> – Дата обращения: 15.05.2023.

28. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность». [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> – Дата обращения: 15.05.2023.
29. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901862250> – Дата обращения: 15.05.2023.
30. ПБ 09-596-20 «Правила безопасности химически опасных производственных объектов». [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573171533> – Дата обращения: 15.05.2023.
31. ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200001355> – Дата обращения: 15.05.2023.
32. ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртути содержащих отходов. Основные положения» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032452> – Дата обращения: 15.05.2023.
33. ГОСТ Р 22.3.03-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения». [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001521> – Дата обращения: 15.05.2023.
34. «Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности инструменту» [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_148963/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/) – Дата обращения: 15.05.2023.
35. ГОСТ 12.1.010-76 «Взрывобезопасность. Общие требования». [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200270> – Дата обращения: 15.05.2023.