

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология», профиль «Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа»  
 Отделение химической инженерии

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Исследование влияния порфиринов на устойчивость нефтяной дисперсной системы</b> УДК 665.61:544.77

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Федорова Екатерина Николаевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чузлов В.А.	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер ОХИ ИШПР	Кривцова К.Б.	-		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Спицына Л.Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преп. ОСГН ШБИП	Гуляев М.В.	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Юрьев Е.М.	К.Т.Н.		

## ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

(ООП 18.03.01 Химическая технология)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <b><i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i></b>
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <b><i>выводить на рынок новые материалы</i></b> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 «Химическая технология», профиль  
 «Химическая технология подготовки и переработки нефти»  
 Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>бакалаврской работы</b>
----------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д7В	Федоровой Екатерине Николаевне

Тема работы:

<b>Исследование влияние порфиринов на устойчивость нефтяной дисперсной системы</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	33-23/с от 02.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2021
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектами исследования являются порфирины нефти Поселковского, Снежного, Ясного и Усинского месторождений с повышенными значениями плотности и вязкости.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор литературе по тематике выделения металлопорфиринов и их влияния на нефтяную дисперсную систему, добыча нефти и переработка тяжелых остатков нефти. Обзор технологий переработки асфальтенов с целью выделения металлов из металлопорфиринов. Проведение опытов выделения металлов из металлопорфиринов.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Нет</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	

Раздел	Консультант
<i>Литературный обзор; Объект и методы исследования; Результаты исследования</i>	Крицова К.Б., инженер ОХИ ИШПР
<i>Финансовый менеджмент</i>	Спицына Любовь Юрьевна, доцент ОСГН ШБИП ТПУ
<i>Социальная ответственность</i>	Гуляев Милий Всеволодович, старший преподаватель
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
–	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	02.02.2020
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чузлов В.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Федорова Е.Н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д7В	Федоровой Екатерине Николаевне

<b>Школа</b>		<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта – не более 600 000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 550 000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4,4 баллов из 5,0.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды – 30 %</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта; Определение затрат на проектирование (смета затрат)</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет интегрального показателя эффективности проекта</i>

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Альтернативы проведения НИ</li> <li>4. График проведения и бюджет НИ</li> <li>5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</li> </ol>
---

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Д7В	Федорова Екатерина Николаевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д7В	Федорова Екатерина Николаевна

<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»

Тема ВКР:

Исследование влияния порфиринов на устойчивость нефтяной дисперсной системы	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является исследование влияния порфиринов на устойчивость нефтяной дисперсной системы. Область применения: работа направлена на изучение влияния природных порфиринов с различными ядрами на устойчивость нефтяной дисперсной системы при нарушении коллоидного равновесия.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны; Научно-исследовательская лаборатория.
<b>2. Производственная безопасность:</b>	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Неудовлетворительный микроклимат;</li> <li>– Повышенный уровень шума;</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– Поражение электрическим током;</li> <li>– Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте;</li> <li>– Повышенный уровень напряженности электростатического поля, электромагнитных полей;</li> <li>– Пожаровзрывоопасность на объектах вывода на соответствие допустимым условиям труда согласно специальной оценке условий труда;</li> <li>– Поражение парами органических растворителей, нефтепродуктов;</li> <li>– Ожоги при работе с кислотами и щелочами.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу;</li> <li>– Решение по обеспечению экологической безопасности.</li> </ul>

<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– Выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий;</li> <li>– Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>
---	--

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Федорова Екатерина Николаевна		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа содержит 114 с., 16 рисунков, 24 таблицы, 63 литературных источника.

Ключевые слова: тяжёлое нефтяное сырьё, асфальтены, металлопорфирины, поверхностное натяжение, ванадий, никель.

Объектом исследования являются порфирины нефти Поселковского, Снежного, Ясного и Усинского месторождений с повышенными значениями плотности и вязкости.

Цели работы: исследование влияния порфиринов на нефтяную дисперсную систему; оценка эффективности процесса деметаллизации как метода выделения редких металлов из металлопорфиринов.

В процессе исследования было проведено выделение металлопорфиринов из асфальтенов нефтей различных месторождений с последующей деметаллизацией и разделением на узкие серии, получены ИК- и УФ-спектры различных серий порфиринов, исследовано их влияние на нефтяную дисперсную систему (НДС), а так же разработана технологическая схема деметаллизации тяжелого нефтяного сырья (ТНС).

Область применения: нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность.

Данная работа показывает, насколько сильно и как порфирины влияют на устойчивость нефтяной дисперсной системы, а также раскрывает перспективы вторичной переработки не только тяжелых нефтяных остатков, но и уменьшения количества асфальтеновых отвалов посредством их деструкции с целью выделения редкоземельных металлов и порфириновых экстрактов.

## Определения, условные обозначения и сокращения

АС – азотистые соединения;

ВЭЖХ – высокоэффективная жидкостная хроматография;

ВМС – высокомолекулярные соединения;

ГК – гидрокрекинг;

ИПС – изопропиловый спирт;

КК – каталитический крекинг;

ПАВ – поверхностно-активное вещество;

САВ – смолисто-асфальтеновые вещества;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

НДС – нефтяная дисперсная система;

ПН – поверхностное натяжение;

ТК – термический крекинг;

ТКХ – тонкая колоночная хроматография;

ТНО – тяжёлые нефтяные остатки;

ТНС – тяжёлое нефтяное сырьё;

ТН – тяжёлая нефть.

## Содержание

Введение .....	13
1 Литературный обзор .....	16
1.1 Тяжёлое нефтяное сырьё и методы его переработки .....	16
1.1.1 Классификация тяжёлого нефтяного сырья .....	16
1.1.2 Основные физико-химические характеристики тяжёлого нефтяного сырьё.....	18
1.1.3 Смолы и асфальтены как основной структурирующий компонент НДС.....	20
1.1.4 Порфирины как основной структурирующий компонент НДС .....	24
1.1.5 Влияние смол, асфальтенов и порфиринов на устойчивость нефтяной дисперсной системы .....	26
1.2 Способы добычи и переработки сырья .....	28
1.2.1 Способы добычи сырья .....	28
1.2.2 Способы переработки ГНС .....	31
1.2.3 Деасфальтизация на НПЗ.....	34
1.2.4 Деметаллизация .....	36
2 Объект и методы исследования.....	41
2.1 Характеристика объекта исследования.....	41
2.2 Описание применяемых методик эксперимента .....	42
2.3 Методы исследования.....	43
2.3.1 Определение физико-химических показателей.....	43
2.3.2 Вещественный анализ.....	44
2.3.3 Тонкая колоночная хроматография .....	45
2.3.4 ИК-спектроскопия .....	45
2.3.5 УФ-спектроскопия .....	45
2.3.6 Определение поверхностного натяжения.....	46
3 Обсуждение результатов .....	47
3.1 Описание эксперимента.....	47
3.2 Результаты исследования .....	51

3.2.1	ИК-спектроскопия серий порфиринов .....	51
3.2.2	УФ-спектроскопия растворов солей .....	54
3.2.3	Определение поверхностного натяжения.....	55
3.3	Технологическая схема.....	59
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	61
4.1.1	Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения....	61
4.1.2	Потенциальные потребители результатов исследования .....	61
4.1.3	Анализ конкурентных технических решений .....	62
4.1.4	Матрица SWOT .....	64
4.2	Определение возможных альтернатив проведения научного исследования .....	67
4.3	Планирование исследовательских работ .....	69
4.3.1	Структура работ в рамках исследования .....	69
4.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ. Разработка графика проведения исследования .....	70
4.3.3	Бюджет научно-технического исследования .....	74
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	80
5	Социальная ответственность.....	83
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	83
5.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	84
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя .....	85
5.1.3	Научно-исследовательская лаборатория .....	85
5.2	Производственная безопасность.....	86
5.2.1	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды.....	86
5.2.2	Воздействие вредных веществ .....	86

5.2.3	Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов .....	89
5.2.4	Повышенный уровень напряженности электростатического поля, электромагнитных полей .....	93
5.2.5	Пожаровзрывоопасность на объектах.....	94
5.2.6	Поражение парами органических растворителей .....	95
5.2.7	Ожоги при работе с кислотами и щелочами .....	96
5.3	Экологическая безопасность .....	98
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	100
5.4.1	Анализ вероятных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	100
5.4.2	Выбор наиболее типичной ЧС .....	101
5.4.3	Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС.....	101
5.4.4	Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.....	102
5.4.5	Пожаровзрывоопасность .....	102
	Заключение .....	104
	Список публикаций студента .....	105
	Список использованных источников .....	108

## Введение

В течение продолжительного периода чёрное золото на различных основаниях привлекает к себе особый интерес учёных со всего мира, и до сих пор нефть играет важную роль на мировой экономической арене. Нефть нужна для получения различных видов топлива, в том числе и автомобильных, а также служит сырьём для нефтехимического синтеза полимерных материалов и сырьём для создания органических материалов, необходимых человеку в повседневной жизни.

Нефть содержит различные группы соединений: основу составляет смесь парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов, также присутствуют гетеропроизводные: кислород-, сера- и азотсодержащие соединения и некоторые другие вещества. Одной из наиболее важных групп являются азотистые соединения (АС), которые в большей степени сосредотачиваются в тяжёлых остатках. В настоящее время азотсодержащие соединения нефти изучены недостаточно, чтобы представить их главные и основные свойства в виде механизмов и математических моделей влияния АС на процесс переработки нефти. Наиболее изученными среди АС являются порфирины. При помощи порфиринов происходят важнейшие функции в живой природе (например, транспорт электронов, фотосинтез). Порфирины на сегодняшний день являются единственными идентифицированными металлсодержащими органическими компонентами. Они образуют комплексы с металлами переходных подгрупп.

В настоящее время наиболее интересным и актуальным является вопрос выделения металлопорфириновых компонентов из тяжёлого нефтяного сырья. Такой интерес возникает, когда концентрация металлов, содержащихся в порфириновых компонентах нефти отдельных месторождений настолько высока, что может быть сравнима с содержанием этих же металлов в рудах, а иногда и превышать его.

Первые работы по изучению металлпорфириной и выделению металлов из тяжёлого нефтяного сырья и его компонентов были опубликованы в 1980-х

годах, но только к настоящему времени интерес исследователей к изучению этих вопросов усилился. Вне зависимости от проведенных ранее исследований особенностей содержания ванадия и никеля в САВ тяжелых нефтей данные имеют бессвязный характер. Некоторые особенности строения и свойств порфиринов до сих пор не установлены (молекулярная масса, парамагнетизм порфиринов, элементный состав и др).

Данная работа показывает, насколько сильно влияют порфирины на устойчивость НДС, а также перспективы вторичной переработки не только ТНО, но и уменьшения количества асфальтовых отвалов посредством их деструкции с целью выделения редких металлов.

Цели данной работы:

- 1) Исследовать влияние порфиринов на устойчивость НДС;
- 2) Предложить гипотетическую схему демеаллизации ТНС и ТНО.

Задачи исследования:

1. Изучить и подобрать наиболее оптимальный метод выделения металлопорфиринов из нефтей;
2. Выделить асфальтены Поселковского, Снежного, Ясного и Усинского месторождений;
3. Провести выделение порфиринов кислотным методом (с использованием серной кислоты);
4. Разделить полученные порфирины на серии с помощью тонкой колоночной хроматографии;
5. Исследовать нефтяные порфирины методом электронной спектроскопии в ИК-диапазоне, металлсодержащие экстракты - методом УФ-спектроскопии;
6. Провести сравнительный анализ нефтей по содержанию порфиринов ванадиевого и никелевого типов;
7. Предложить гипотетическую схему процесса выделения металлов из металлопорфиринов.

## Методы исследования

Определение плотности и кинематической вязкости нефти проводилось с помощью вискозиметра Штабингера SVM 3000 в соответствии с ASTM D 7042-14. Анализ по определению содержания общей серы в образцах проведён с помощью энергодисперсионного рентген-флуоресцентного анализатора «СпектросканS» согласно ГОСТ Р 51947-2002.

Асфальтены получали «холодным» методом Гольде. Бензольные экстракты порфиринов разделяли на фракции при помощи тонкой колоночной хроматографии. Инфракрасные спектры фракций, полученных после хроматографического разделения порфиринового экстракта, регистрировали на инфракрасном Фурье спектрометре Cary 600 Series FTIR Spectrometer фирмы «Agilent Technologies» в диапазоне 4000-500 см<sup>-1</sup>. В ходе работы УФ-спектры регистрировали с помощью прибора Cary 60 UV-Vis фирмы «Agilent Technologies» в диапазоне 400-700 нм. Определение поверхностного натяжения проводилось на приборе Тензиометр DCAT, DataPhysics, Германия.

## **1 Литературный обзор**

### **1.1 Тяжёлое нефтяное сырьё и методы его переработки**

Тяжелое нефтяное сырьё (ТНС) это основной перспективный источник энергии в современном мире. ТНС характеризуется высоким содержанием некоторых ценных металлов (V, Ni, Mo, Co и др.) [1]. В наши дни в промышленности насчитывается более 100 разнообразных процессов первичной и вторичной переработки нефти. Несмотря на успешное внедрение процессов переработки сырья необходимы более специфические процессы, служащие для выделения редких металлов.

На 2019 год доказанные мировые запасы нефти составляли порядка 1,5 трлн баррелей, из которых запасы ТНС составляют около 80% [1-2]. Доказанные запасы нефти в России согласно ОПЕК составляют около 80 млрд баррелей, а согласно данным компании ЦРУ США находятся на уровне 103,2 млрд баррелей сырой нефти[3]. В свою очередь, добыча месторождений тяжёлого сырья в других странах (например, Венесуэла) ведётся уверенными темпами. Россия же не обладает достаточными современными подходами для переработки тяжёлого сырья, в том числе вторичной.

#### **1.1.1 Классификация тяжёлого нефтяного сырья**

Состав компонентов нефти существенным образом влияет на свойства конкретной нефти и является индивидуальным для каждой нефти. Количественный и качественный состав существенно влияет на качество полученных нефтепродуктов и глубину переработки, а также определяет направление переработки нефти. Поэтому принята классификация нефти на классы, типы, группы и виды. В настоящее время существует большое количество классификаций нефти, но наиболее соответствующая классификации должна основываться на очень ограниченном числе критериев. Такие критерии позволяли бы наилучшим образом разделять нефть на

отдельные типы, поэтому тяжёлое нефтяное сырьё распределяют на две большие группы: природные и искусственные (рис. 1.1).

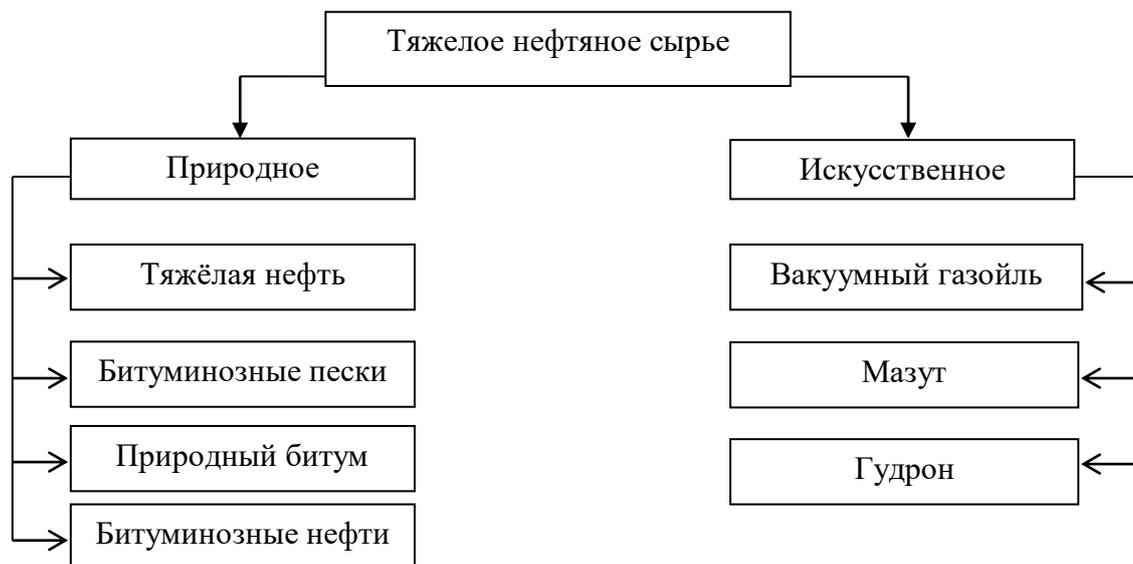


Рисунок 1.1 – Классификация тяжёлого нефтяного сырья

К природной группе относят битуминозные пески и песчаники, природный битум и тяжелая нефть. К искусственному тяжёлому нефтяному сырью относят продукты нефтепереработки, которые состоят из тяжёлых остатков фракционирования нефти: мазут, гудрон и вакуумный газойль.

Природный битум – полутвердый или твердый продукт, который является смесью углеводородов и их гетероатомных (азотистых, кислородистых, сернистых) и металлсодержащих производных. Является аморфным веществом (т.е. в твердом состоянии не переходит в кристаллическую форму, но при нагревании переходит из твердого состояния в жидкое, постепенно размягчаясь). Применяется в изготовлении кровельных материалов, в производстве асфальтобетона и пр.

Битуминозные пески – вид нетрадиционной нефти. Является смесью глины и мокрого песка, которая пропитана битумом. Используется как сырьё для получения светлых нефтепродуктов, если нефть содержит достаточное количество светлых фракций. Используется как сырьё для производства битумов, моторных топлив, смазочных масел и пр.

Битуминозные нефти – ископаемое, один из видов нетрадиционной нефти. Другими словами это нефть, получаемая из битуминозных пород. Битуминозной породой называют песчаники, в которых находится тяжёлая вязкая нефть, схожая с битумом по составу. По своему химическому составу битуминозные породы являются тяжёлыми углеводородами. Битуминозные нефти являются сырьём для производства битумов, моторных топлив, смазочных масел и пр.

Гудрон – сверхвязкая жидкость или твердый продукт черного цвета. Является продуктом переработки из нефти фракций, которые выкипают выше 450°C. Применяется гудрон в качестве дорожных, кровельных и строительных битумов, малозольного кокса, смазочных масел, мазута, горючих газов.

Мазут – вязкая жидкость темно-коричневого цвета или остаток, получившийся после выделения продуктов вторичной переработки бензиновых, керосиновых и газойлевых фракций, выкипающих до 350°C. Мазут в настоящее время используются в технологических печах, в металлургической, химической, нефтеперерабатывающей промышленности и сельском хозяйстве, в судовых котельных установках, газовых турбинах.

### **1.1.2 Основные физико-химические характеристики тяжёлого нефтяного сырья**

В настоящее время нефть и нефтепродукты принято характеризовать несколькими физическими свойствами: плотность, вязкость, молекулярная масса, температуры застывания, помутнения, кристаллизации, вспышки, воспламенения, показателя преломления и др. К основным из перечисленных характеристик свойств относят плотность, вязкость и молекулярную массу.

По плотности нефть идентифицируют по ГОСТ Р 51858-2002 «Нефть. Общие технические условия». По данному ГОСТу нефти по плотности бывают нескольких типов: легкие, средние и тяжелые. В основном плотность нефтей колеблется от 820 до 870 кг/м<sup>3</sup>, что говорит о легкой и средней плотности нефти. Если говорить о более тяжелых нефтях (что в настоящее время

встречается чаще), плотность зачастую выше 900 кг/м<sup>3</sup>. Так, например, существуют нефти с плотностью более 950 кг/м<sup>3</sup> (Ярегская, Венесуэльская). К нефтям тяжёлым относятся нефть плотность 850-870 кг/м<sup>3</sup> согласно ГОСТ Р 51858-2002 «Нефть. Общие технические условия». Однако, существуют и легкие нефти, характеризующиеся плотностью менее 780 кг/м<sup>3</sup>(Марковская, Хидли).

Вязкость зависит от химического и фракционного состава. Существует несколько показателей вязкости: показатели динамической, кинематической и условной вязкости. Каждая из них взаимосвязана между собой и зная ту или иную вязкость и плотность нефти или нефтепродукта можно выполнить пересчет. Кинематическая вязкость связана с динамической через плотность. Для большинства нефтей кинематическая вязкость при 20 °С ( $v_{20}$ ) колеблется в диапазоне от 4 до 40 мм<sup>2</sup>/с. Однако, существуют более вязкие нефти: Мартышинская ( $v_{20} = 105,7$  мм<sup>2</sup>/с), а Наранхос ( $v_{20} = 178$  мм<sup>2</sup>/с) и др.

Также к основной характеристике свойств нефти и нефтепродуктов относят молекулярную массу. Она зависит от соотношения отдельных углеводородов и фракций. В большинстве случаев, средняя молекулярная масса большинства нефтей равна 200-300. Исключениями являются высоковязкие нефти, содержание в своем составе ВМС (Ярегская нефть, Айяунская).

Иногда тяжелые нефти бывают настолько высоковязкими и высокоплотными, что при нормальных условиях не имеют свободного истечения.

Добыча и переработка ТНС вызывает трудности ввиду повышенных значений плотности, вязкости и большой молекулярной массы сырья, что в свою очередь, увеличивает затраты на ремонт трубопроводов и поиск постоянных альтернатив добычи и переработки ТНС.

### **1.1.3 Смолы и асфальтены как основной структурирующий компонент НДС**

В настоящее время всё большей проблемой становится утяжеление нефти из-за содержания в ней большого количества высокомолекулярных соединений – смол и асфальтенов (САВ). За счет избыточного содержания САВ увеличивается плотность, вязкость и молекулярная масса сырья. САВ являются сложными компонентами, имеющими встроенные металлопорфириновые включения, способными к образованию осадков и отложений как на этапе добычи, так и на этапах переработки нефти. Главной особенностью асфальтенов является их способность к флокуляции с дальнейшим осаждением. Образование такого осадка приводит к снижению нефтеотдачи пласта и снижению общей продуктивности нефтедобывающих скважин [4].

В нефтях содержатся различные группы соединений: основу составляет смесь парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов, а так же их гетеропроизводные (азот-, сера-, кислородсодержание). Немаловажным классом веществ является САВ, содержащиеся в высококипящих фракциях нефти и негативно влияющие на НДС в целом.

ВСАВ в большей степени сконцентрированы азотистые соединения (производные пиридина, хинолина, пиррола и др.). Хотелось бы отметить, что именно в азотсодержащих соединениях включены молекулы порфиринов. Кислородные соединения представлены в виде спиртовых, фенольных, карбоксильных, карбонильных и эфирных групп. Сераорганические соединения представлены в виде сульфидных мостиков и в виде гетероциклических тиациклановых, тиофеновых, тиазольных фрагментов и тиольных групп [5-7].

Благодаря большому молекулярному весу САВ в большей степени находятся в тяжёлых нефтях и обуславливают увеличенные вязкости и плотности сырья. САВ делятся на группы (рис. 1.2):

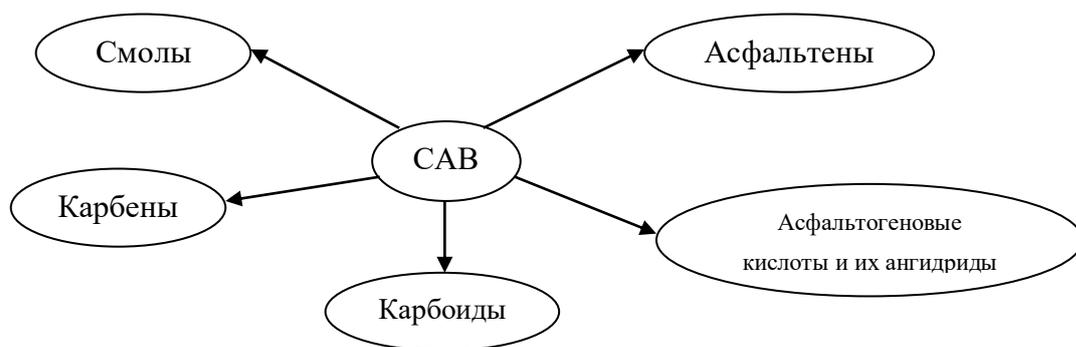


Рисунок 1.2 – Классификация САВ

1. Нефтяные смолы - это густые вязкие, иногда твёрдые аморфные малолетучие вещества тёмного, почти чёрного цвета. Молекулярная масса лежит в пределах 400-1500, плотность в среднем составляет 0,99-1,10. Структурные фрагменты смол различаются физико-химическими свойствами, что доказывает их различное физическое состояние [8].

Смолы в нефти связаны друг с другом алифатическими цепочками и состоящими из преимущественно ароматических, нафтеновых и гетероциклических колец с алкильными боковыми цепями. Гипотетическая структурная формула смол приведена на рисунке 1.3.

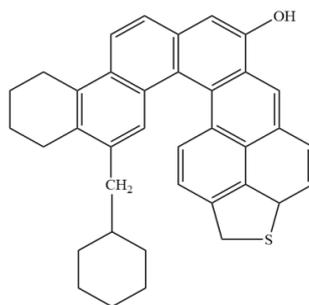


Рисунок 1.3 – Гипотетическая структура смол

2. Асфальтены – твёрдые хрупкие вещества чёрного или темно-бурого цвета, имеющие плотность около 1100 кг/м<sup>3</sup>. Средняя молекулярная масса асфальтенов может варьироваться от 1000 до 5000. Являются наиболее высокомолекулярными (около 10<sup>6</sup> кг/м<sup>3</sup>) и полярными гетероорганическими компонентами нефти. Молекулы асфальтенов можно

условно рассматривать как продукты конденсации нескольких молекул нефтяных смол.

В настоящее время ученые выделяют два основных типа строения молекулы асфальтенов: континент и архипелаг. Так, на рисунке 1.4 представлена модель молекулы асфальтенов, которая называется «континентальной» («островной»). Особенность в том, что она состоит из конденсированных ароматических колец в центре с небольшим количеством насыщенных колец, а на периферии находятся короткие боковые цепочки.

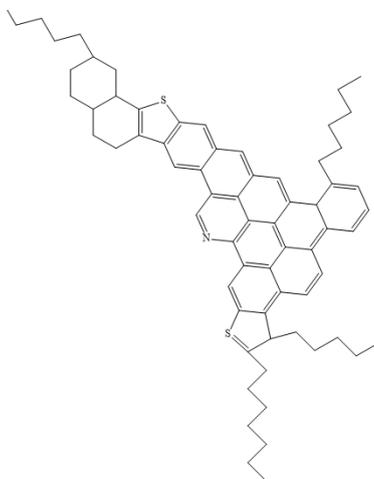


Рисунок 1.4 – Двумерная модель асфальтеновой молекулы типа «континент»

Второй тип строения молекулы, по мнению ученых, называется «архипелаг». Особенностью данного строения молекулы является кластерная система строения, те они состоят из конденсированных ароматических ядер. Ядра соединяются с различными гетеросодержащими (сульфидными, сложноэфирными, эфирными) мостиками между островами. Такая модель представлена на рисунке 1.5.

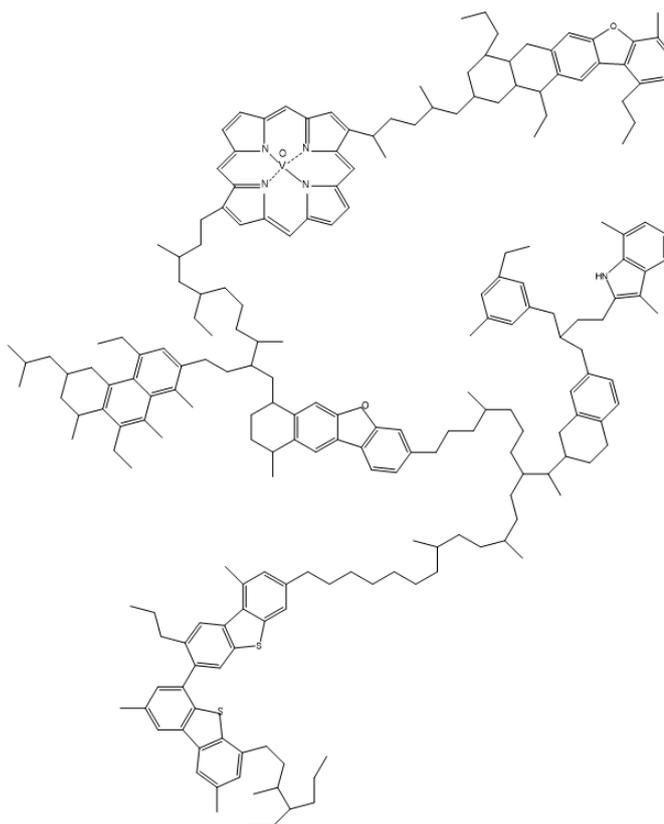


Рисунок 1.5 – Двумерная модель асфальтеновой молекулы типа «архипелаг»

3. Карбены почти не содержатся в сырой нефти, их наличие характерно для остаточных продуктов термокаталитической переработки нефтяных фракций. Частично растворимы только в пиридине и сероуглероде (в отличие от карбоидов). Образуются в процессе линейной полимеризации асфальтенов, при воздействии на них серной кислоты или в присутствии серы, а также при прогревании гудронов с продувкой воздуха.

4. Карбоиды – сшитые трёхмерные полимеры (кристаллиты). Не растворимы ни в одном органическом растворителе. Содержатся в остаточных продуктах, как следы – в сырой нефти.

5. Асфальтогеновые кислоты – наиболее неизученный класс соединений. Известно только, что они представляют собой вязкие тёмные смолы. Плотность как и у асфальтенов больше 1, но они растворимы в спирте, бензоле и хлороформе. Ввиду скудных знаний об этом классе химические свойства

изучены слабо; известно, что они реагируют со щелочами, но во многом отличны от нафтеновых кислот.

#### **1.1.4 Порфирины как основной структурирующий компонент НДС**

Большинство нефтей содержат помимо основных элементов (С, Н, S, N, O) различное количество металлов. В нефтях в различных концентрациях обнаружены такие металлы, как V, Ni, Fe, Zn, Mn, Cr, Al, Sn, Mo, Co, Ag, Ti, U, Au и тд. К наиболее распространенным металлам в нефтях относятся ванадий и никель (V:  $10^{-5}$ - $10^{-2}$  % мас., Ni:  $10^{-4}$ - $10^{-3}$  % мас.) [9-14]. Ванадий в виде катиона ванадила ( $VO^{2+}$ ) и никель в виде катиона ( $Ni^{2+}$ ) входят в состав порфириновых комплексов и других тетрапиррольных комплексных соединений, а также непорфириновых структур, являясь их ядром [13].

Порфирины – тетрапиррольные соединения, производные макроцикла порфина, образованного четырьмя пиррольными ядрами, соединенными группами в общую систему сопряжения по  $\alpha$ -положениям четырьмя метиленовыми. В природе порфирины находятся в виде металлокомплексов (в т.ч. в нефти). Большая часть металлопорфиринов содержится в ТНО. Например, в природных битумах металлопорфирины присутствуют в количестве 1 мг/100 г, в высоковязких нефтях до 20 мг/100 г, в асфальтенах до 500 мг/100 г.

Природный источник металлопорфиринов – это тяжелая нефть, которая содержит большое количество асфальтенов и смол. Порфирины могут обладать слабоосновными или кислотными свойствами. Свойствами слабых оснований порфирины обладают, если присутствует третичный азот в двух пирроловых кольцах. Порфирины могут проявлять кислотные свойства, если в их составе содержатся карбоксильные группы в одной или нескольких боковых цепях. Одним из наиболее важных свойств порфиринов является их способность образовывать комплексы с ионами металлов [15].

В настоящее время наиболее интересным и актуальным является вопрос выделения металлопорфириновых компонентов из тяжёлого нефтяного сырья. В тяжёлых нефтях, в частности в остатках нефти, концентрация металлов,

содержащихся в порфириновых компонентах нефти отдельных месторождений, настолько высока, что может быть сравнима с содержанием этих же металлов в рудах, а иногда и превышать его [16]. Процесс деметаллизации можно рассмотреть не только как процесс получения редких металлов, но и как наиболее эффективный метод удаления асфальтенов, потому что порфирины находятся внутри молекулы асфальтенов.

Металлпорфирины можно экстрагировать из нефти, но их предпочитают выделять из асфальтенов или смол. Если экстрагировать металлпорфирины из нефти, то в экстракт попадет углеводородная и гетероатомная часть, которая в дальнейшем затруднит их исследование. По этой причине металлпорфирины выделяют из асфальтенов и смол, поскольку в них сконцентрирована основная масса порфиринов, что позволяет получить их чистые экстракты.

Уникальные свойства соединений порфиринового ряда делают их одним из интереснейших классов находящихся в нефти веществ. На сегодняшний день, это единственные идентифицированные металлсодержащие нефтяные компоненты. Единственными изученными на сегодняшний момент представителями металлпорфиринов являются ванадиевые и никелевые структуры. Выделяют нефти ванадиевого типа ( $V > Ni$ ) и никелевого типа ( $Ni > V$ ). В форме порфириновых комплексов может содержаться от 5 до 50% присутствующих в нефтях ванадия и никеля. Так, известно, что ванадиевые порфирины в нефти содержатся в количестве  $10^{-5}$ - $10^{-2}$  % масс., никелевые  $10^{-4}$ - $10^{-3}$  % масс.

Фундаментальные исследования, проведенные Ф.Г. Унгером [17] позволили установить, что понятия парамагнетизм и асфальтены неразделимы. Было выявлено, что НДС способны изменять свою внутреннюю организацию под действием внешних факторов и с течением времени, что позволило установить, что нефтяные системы являются термодинамическими подвижными системами. В этих системах непрерывно осуществляются гомолитические переходы диамагнитных молекул в парамагнитные и обратно, что именно парамагнитные молекулы и гомолетические процессы вызывают

переорганизацию надмолекулярных структур. В свою очередь, металлопорфирины являются парамагнитными веществами, содержащимися в нефти. С увеличением содержания асфальтенов, увеличивается содержание металлопорфиринов, следовательно, происходит изменение в структуре НДС. Металлокомплексы, являясь частью асфальтенов, взаимодействуют с дисперсионной средой и связи при этом удерживают комплексобразователь в поле лигандов. Металлопорфирины являются парамагнитными за счет содержания в центре комплекса ядра металла, который является электроноакцептором [17].

### **1.1.5 Влияние смол, асфальтенов и порфиринов на устойчивость нефтяной дисперсной системы**

Смолы и асфальтены – основные представители САВ, они содержатся в нефтях и продуктах их переработки. Порфирины в большей степени концентрируются в асфальтенах, встраиваясь в их структуру.

Способность смол и асфальтенов к образованию осадков и отложений при определенных условиях является основным негативным фактором начиная от добычи и заканчивая переработкой нефти. Асфальтены, в зависимости от условий, могут быть растворенными или в виде коллоидной суспензии, стабилизированной адсорбированными на их поверхности смолами. В данном случае нефть рассматривается как система сложных структурных единиц (ССЕ). Нефтяные фракции, состоящие из смеси полярных и неполярных соединений, взаимодействуют с надмолекулярными структурами, в результате чего вокруг надмолекулярной структуры формируются сольватные оболочки различной толщины. Такая дисперсная частица сложного строения способна к самостоятельному существованию и получила ССЕ. Согласно З.Ю. Сюняеву [18], ССЕ имеют сложное строение, обусловленное природой и геометрической формой высокомолекулярных структур, поверхностными силами между ними, взаимодействиями между дисперсной фазой и дисперсионной средой и другими факторами.

Как правило, изменение термобарических условий в нефтеносных пластах сопровождается процессами флокуляции и осаждения асфальтенов. Образование осадка асфальтенов приводит к снижению их проницаемости, вследствие чего, снижается нефтеотдача пласта и продуктивность добывающих скважин. Для предотвращения или минимизации асфальтеновых отложений и связанных с их образованием негативных последствий, необходимо понимание механизмов их образования. Состав нефти является основным фактором, влияющим на устойчивость нефти к осаждению асфальтенов. Стабильность или растворимость асфальтенов в нефтяных системах зависит от их коллоидной устойчивости, которая связана с составом и содержанием компонентов дисперсной фазы и дисперсионной среды. Положительное влияние на устойчивость асфальтенов к осаждению обеспечивает наличие ароматических углеводородов в дисперсионной среде. Если снижается доля ароматических углеводородов, то начинается диспергирование и оседание асфальтенов под действием гравитационных сил, соответственно, при достаточно высокой доле ароматических углеводородов по отношению к алифатическим обеспечивается нахождение асфальтенов в растворенном состоянии [19].

Помимо ароматических углеводородов функцию стабилизаторов асфальтенов в НДС осуществляют и смолы. Смолы, образуют сольватные слои на асфальтеновых агрегатах и таким образом препятствуют их объединению в более крупные частицы, образуя ССЕ. Количество смол в нефтяной системе должно быть достаточным для образования адсорбционного слоя на всей поверхности асфальтенового ассоциата, что обеспечивает стабилизацию НДС. Исходя из современных коллоидно-химических представлений химии нефти, ядром НДС являются наночастицы асфальтенов, которых окружает сольватный слой, состоящий из бензоловых смол. Именно благодаря увеличению бензоловых смол уменьшается масса асфальтеновых осадков. Таким образом, соотношение смол и асфальтенов в нефти играет важную роль на транспортировку и переработку ТНС.

Порфирины, в свою очередь, тоже оказывают большое влияние на нефтяную дисперсную систему. Порфирины, обладая свойствами ПАВ, уменьшают поверхностное натяжение системы, тем самым уменьшая смачиваемость и повышая нефтеотдачу пласта. Металлопорфирины в нефтях образуют ассоциаты с асфальтенами, характерным свойством которых является их способность к осаждению при определенных условиях в процессе добычи, транспортировки и переработки нефти. Металлопорфирины могут ассоциироваться с асфальтенами, что следует из их совместного выделения в процессе деасфальтизации в составе тяжелого остатка. В асфальтенах фиксируется максимальное содержание ванадия, примерно на порядок больше, чем в исходной нефти[19].

Таким образом, чем больше концентрация порфиринов в нефти, тем легче и менее затратно будет извлечение нефти из коллектора. В связи с этим, изучение содержания порфиринов в сырой нефти является важной составляющей на этапе нефтедобычи, так как полученные сведения сыграют большую роль в увеличении нефтеотдачи.

## **1.2 Способы добычи и переработки сырья**

В связи с утяжелением нефтяного сырья приходится усовершенствовать имеющиеся традиционные способы добычи и переработки ТНС или искать альтернативные методы добычи и переработки.

### **1.2.1 Способы добычи сырья**

Существует несколько способов добычи ТНС. В первую очередь, существует множество традиционных способов добычи. Однако, не всегда классические способы добычи могут быть применимы при определенных обстоятельствах (суровый климат, нерентабельность малодебетовых скважин, экологическая составляющая и тд). На замену классическим способам добычи приходится альтернативные способы добычи ТНС.

### **1.2.1.1 Классические способы добычи ТНС**

Основным способом добычи ТН является шахтный способ. Шахтный способ – способ добычи ТН из нефтяного пласта-коллектора, используя скважины, сооруженные в нефтяной шахте. Шахтный способ добычи применим для залежей ТН с повышенными и средними значениями вязкости.

Шахтная разработка нефтяных месторождения проводится с использованием очистных, дренажных и комбинированных систем добычи.

В случае использования очистных систем, порода, насыщенная нефтью, разрушается, грузится на подземный транспорт и через шахтный ствол доставляется на поверхность, где перерабатывается с отделением нефтяных фракций.

Используя дренажную систему, нефть извлекается напрямую из буровых скважин. Применение такого метода добычи целесообразно только в том случае, если углеводородное сырье находится в подвижном состоянии (или может быть приведено в такое состояние искусственно) [20].

### **1.2.1.2 Нетрадиционные и альтернативные способы добычи ТНС**

Используя классические способы добычи ТН глубина разработки зачастую не превышает 50 %, что крайне непривлекательно для НДК и инвесторов. Большие значения нефтедобычи достигаются посредством использования нетрадиционных способов добычи нефти, таких как тепловые и холодные методы внутрипластовой стимуляции углеводородов.

К основным тепловым методам внутрипластовой стимуляции углеводородов относят внутрипластовое горение и циклическая закачка пара, а к холодным - SNOOPS и VAPEX.

Тепловые методы добычи ТН делятся на внутрипластовое горение и паротепловую обработку.

Внутрипластовое горение в настоящее время приобретает все большую популярность среди исследователей и разработчиков. Суть метода состоит в том, что в данном случае используется энергия полученная сжиганием нефти в

пласте при закачке воздуха или пара. Процессы горения обеспечивают разогрев пласта, легкий крекинг тяжелых фракций, повышение внутрислоевого давления и подвижности нефти [21].

К еще одному тепловому методу относят паротепловое воздействие на пласт с целью повышения нефтеотдачи. Известно, что при повышении температуры стремительно снижается вязкость и за счет этого увеличивается подвижность нефти. Увеличивая подвижность нефти изменяется ее приток в скважину, что также позволяет повысить коэффициент извлечения углеводородов в несколько раз по сравнению с традиционными методами.

Циклическая закачка пара – способ добычи ТНС путем чередования циклов стимуляции призабойной зоны пласта горячим паром и добычи нефти. Продолжительность циклов исчисляется месяцами.

Что касается холодных методов, то SNOPS – это способ добычи ТН вместе с песком за счет осознанного разрушения коллектора и создания в пласте специальных каналов течения к скважинам смеси нефти и песка. Данная система у забоя скважин значительно улучшает фильтрационные свойства пластов и вызывает увеличение дебитов скважин [21]. Другой холодный метод добычи – это VAPREX. Данный метод заключается в закачке легкого растворителя в пласт. В данном способе используется несколько скважин. Закачивая легкий растворитель в верхнюю из них создается камера-растворитель. Под действием силы тяжести растворитель стекает по границам камеры и разжижает нефть за счет взаимной диффузии [22].

Однако, даже нетрадиционные способы добычи не всегда целесообразны. Зачастую необходимо использовать более легкие технологии или уменьшать затраты на производство. С целью увеличения добычи ТН разрабатываются альтернативные методы добычи ТНС. Например, исследователи из Томского политехнического университета в работе [23, 24] изучали НДС при добавлении разного количества природных ингибиторов – смол к объекту исследования. В данных работах показано, что при добавлении смеси – смолы:растворитель – значительно изменяется вещественный состав. Таким образом, доказывается

эффектность методики и пригодность для дальнейшего использования, а также возможность внедрения в промышленность.

## **1.2.2 Способы переработки ТНС**

### **1.2.2.1 Традиционные способы переработки ТН**

Термический крекинг - это высокотемпературная переработка (нагревание без доступа воздуха) углеводородов с целью получения, как правило, продуктов с меньшей молекулярной массой, в частности бензина. Термический крекинг нефтяных фракций проводится при температуре  $500 \div 540$  °С и давлении  $2 \div 5$  МПа.

Сырьём для ТК предпочтительно выбираются ароматизированные высококипящие дистилляты. Арены, образовавшиеся в результате разложения парафинонафтяных углеводородов, дегидроконденсируются с образованием полициклических ароматических соединений, которые, обладая меньшей молекулярной массой по сравнению с исходными компонентами сырья, способствуют снижению вязкости и плотности образующихся продуктов.

В настоящее время термический крекинг не так актуален ввиду появления каталитического крекинга, эффективность которого в разы превышает эффективность ТК за счёт высокой селективности процесса с целью получения светлых фракций.

Висбрекинг - один из видов ТК при температуре  $440 \div 500$  °С и давлении  $0,5 \div 3,0$  МПа. Применяют для получения главным образом котельных топлив (топочных мазутов) или сырья для каталитических процессов. На современных НПЗ продукты висбрекинга часто используются для собственных нужд предприятия.

Пиролиз – это высокотемпературный процесс, протекающий при температуре  $800 \div 900$  °С. Основным назначением процесса является производство непредельных низкомолекулярных газов.

Гидрокрекинг – это термокаталитический химический процесс переработки нефти, используемый на нефтеперерабатывающих заводах для

преобразования высококипящих составляющих углеводородов нефти (тяжелых остатков) в более ценные низкокипящие продукты, такие как:

- бензин;
- керосин;
- топливо для реактивных двигателей;
- дизельное топливо.

Процесс протекает в среде водорода, при повышенных температурах ( $400 \div 450$  °С) и давлениях ( $12 \div 20$  МПа). В процессе гидрокрекинга высококипящие углеводороды с высоким молекулярным весом сначала расщепляются до низкокипящих низкомолекулярных олефиновых и ароматических углеводородов, а затем они гидрируются. ГК осуществляется с постоянным подводом водорода извне. В зависимости от состава сырья и желаемой глубины его переработки в процессе ГК используется 2-4 % водорода, который участвует в реакциях насыщения олефиновых фрагментов при крекинге углеводородов и насыщения ароматических колец.

Основным недостатком процесса можно считать его дороговизну в связи с необходимостью постоянного подвода водорода извне и затрат на его производство на НПЗ.

Каталитический крекинг - процесс расщепления крупных молекул углеводородов тяжелых нефтяных фракций на более мелкие. Температура процесса варьируется в пределах  $480 \div 550$  °С, а давление  $0,1 \div 0,3$  МПа. Так как это каталитический процесс, то необходимо использовать катализатор. В качестве катализатора процесса выступают порошкообразные микросферические частицы алюмосиликатов диаметром  $0,05 \div 0,1$  мм, содержащие до  $15 \div 20$  % цеолита типа У.

Сырьём, поступающим на процесс каталитического крекинга, являются вакуумные фракции, выкипающие в интервале температур  $350 \div 500$  °С. Из сырья предварительно удаляют полициклические ароматические углеводороды, сернистые и металлические соединения, которые являются каталитическими ядами. Катализатором процесса являются микросферические порошкообразные

частицы алюмосиликатов диаметром 0,05-0,1 мм, содержащие до 15-20 % цеолита типа У.

Каталитический крекинг дорогостоящ, несмотря на высокую эффективность процесса, это делает его нерентабельным для малых и средних НПЗ [20].

#### **1.2.2.2 Нетрадиционные способы переработки тяжёлого нефтяного сырья**

Одним из альтернативных способов улучшения физико-химических параметров и изменения состава нефти и нефтяного сырья является озонирование. По некоторым данным доказано [14], что окисление нефтей и газоконденсатов озоном приводит к селективному выделению вредных компонентов (в большей степени, гетероатомных соединений серы) и увеличению выхода бензиновых фракций из ТНС. Последующее удаление продуктов озонлиза с помощью традиционных методов экстракции и адсорбции проходит эффективнее ввиду повышенной полярности озонированных молекул по сравнению с исходными компонентами.

Воздействие постоянного магнитного поля приводит к существенным структурным преобразованиям и, как следствие, к изменению температуры застывания нефти. В [23] приведены значения ингибирующей способности магнитного поля предотвращать образование нефтяного осадка, а также значения изменения температуры застывания нефти после магнитной обработки. Исследования

Учеными Уфимского государственного нефтяного технического университета проведен ряд исследований [24, 25] и представлены результаты лабораторных испытаний влияния магнитной обработки на остаточную обводненность нефти, добываемой в нефтегазодобывающем управлении (НГДУ) «Уфанефть», а также представлены результаты внедрения установок магнитной обработки промышленной жидкости, добываемой в НГДУ

«Арланнефть». Воздействие на промысловые жидкости проводилось переменным магнитным полем различной частоты и напряженности.

Ультразвуковая обработка (УЗО)– альтернативный метод обработки нефтей. Актуальность использования данного метода сохранилась до наших дней, однако, единогласных результатов исследователям пока достичь не удалось.

Авторами работы [25-27] рассмотрено использование акустического поля для повышения продуктивности скважин. Поле, генерируемое погружным устройством, воздействует на вязкость нефти в каналах коллектора призабойной зоны скважины, а вынужденные колебания стенок пористой структуры пласта вызывают появление в вязкой жидкости постоянства ее течения, что интерпретируется как снижение сопротивления переносу жидкости, т.е. уменьшение той эффективной вязкости, которую имеет флюид. В дополнение к выполненным расчетам авторами проведено и экспериментальное подтверждение эффективности УЗО.

К нетрадиционным способам переработки ТНС и ТНО также относят добавление легких растворителей или иных добавок (например, растительного масла). Так, исследователями Томского политехнического университета в работах [28, 29] предложено добавление ИПС в качестве добавки к ТНО (мазуту) с целью улучшения физико-химических характеристик (уменьшение плотности, количества смол и асфальтенов, увеличения выхода газов). Авторами исследования того же университета в работах [30, 31] показано улучшение физико-химических свойств ТНО с использованием экологичной и возобновляемой добавки: растительного масла. При этом, наблюдается тенденция к увеличению светлой фракции и газов, уменьшается количество нежелательных компонентов (смол и асфальтенов).

### **1.2.3 Деасфальтизация на НПЗ**

Деасфальтизация – процесс удаления высокомолекулярных смолисто-асфальтеновых веществ из остаточных продуктов нефтепереработки. Процесс

основан на разделении по молекулярному типу, то есть происходит выборочное растворение ценных компонентов в растворителе (пропан), а нерастворимую часть (САВ) отделяют.

Деасфальтазация является жидкофазным процессом, который осуществляется при определенных параметрах:

- температура сырья при входе:  $130 \div 170$  °С;
- температура паров пропана на выходе из аппарата:  $130 \div 170$  °С;
- давление в колонне деасфальтизации:  $3,7 \div 4,4$  МПа;
- кратность растворителя к сырью составляет  $(5 \div 8):1$ .

В настоящее время на НПЗ процесс деасфальтизации используется для получения остаточных масел из гудрона или малосмолистых нефтей. Целевым продуктом является деасфальтизат, который в отличие от сырья, имеет относительно невысокую плотность ( $895 \div 930$  кг/м<sup>3</sup>) и вязкость (при 100 °С  $18 \div 26$  мм<sup>2</sup>/с).

В настоящее время в России установки деасфальтизации существуют в различных технологических конфигурациях на многих НПЗ, а также в составе заводов масляного профиля.

Существующие установки деасфальтизации[32]:

- ООО «ЛУКОЙЛ – Нижегороднефтеоргсинтез»;
- ПАО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания»;
- ПАО «Уфанефтехим»;
- ПАО «Новыйл»;
- ООО «ЛУКОЙЛ – Волгограднефтепереработка»;
- ООО «ЛУКОЙЛ – Пермнефтеоргсинтез»;
- ПАО «Орскнефтеоргсинтез»;
- ПАО «Сибнефть – Омский НПЗ»;
- ПАО «Ангарская нефтехимическая компания»;
- ООО «Ново-Куйбышевский завод масел и присадок»;
- ПАО Славнефть – Ярославнефтеоргсинтез».

В процессе деасфальтизации происходит удаление асфальтеновых концентратов, что заметно облегчает сырье на выходе, получается продукт – деасфальтизат. Далее деасфальтизат отправляется на дальнейшие процессы, а асфальтены остаются в виде отвалов на НПЗ или вывозятся за его пределы. В свою очередь, именно в асфальтеновых концентратах содержится самая важная для нас часть – металлопорфирины. Содержание металлов в ТН варьируется от 1 г/т до 100 г/т, однако, учитывая, что асфальтены являются самой тяжелой частью и концентрируют в себя почти все металлопорфирины, то отдельное содержание металлов в асфальтенах может достигать 1000 г/т. Хотелось бы отметить, что концентрация ванадия в земной коре составляет  $1,6 \cdot 10^{-2}$  % масс., в рудах содержание достигает максимум 2 % (руда карнотит)[32].

Исходя из всех упомянутых выше факторов, необходимость добычи металлов (ванадий, никель, железо, марганец и др) из альтернативного сырья позволит достичь лучшего экономического эффекта от внедрения данной технологии. Также, в большей степени можно достичь экологического эффекта за счет переработки асфальтеновых отвалов на НПЗ. В то время, когда экологическая обстановка улучшится (сведется к минимуму количество асфальтеновых отвалов), то в качестве сырья можно использовать ТНО (остаток после любого процесса, где выходит тяжелое сырье). Это делает процесс более гибким и устойчивым, ведь исходным сырьем могут быть асфальтены, ТНО или ТНС.

В настоящее время, такая технология не применяется на НПЗ, но в разделе 3.3 будет предложена разработанная нами гипотетическая схема переработки асфальтенов или ТНО с отдельным получением металлов и экстрактов порфиринов.

#### **1.2.4 Деметаллизация**

В настоящее время на Российских НПЗ удаление металлов из нефти не производится, однако, на многих процессах происходит частичная деметаллизация. Так, в процессе деасфальтизации происходит

удаление металлов САВ с помощью коагулянтов. Степень удаления металлов варьируется 70 до 80 %.

При каталитическом крекинге металлы удаляются до 96 %. Суть данного процесса состоит в том, что происходит разрушение металлосодержащих соединений в присутствии расщепляющего катализатора (за счет этого большая часть металлов осаждается на катализаторе).

Гидрогенизационные, такие как гидроочистка и гидрокрекинг тоже разрушают металлосодержащие соединения, только уже посредством гидрогенизационной переработки. Удаление металлов может достигать до 70 %.

В термических процессах (висбрекинг, термический крекинг, замедленное коксование, термоконтактный крекинг) идет разрушение металлосодержащих соединений и концентрирование металлов в остатках термолиза или коксе.

Также демееталлизациянефтей частично протекает при их подготовке к транспортировке на промышленных установках, а затем на электрообессоливающих установках (ЭЛОУ) НПЗ [33-35]. Однако глубокая демееталлизациянефтей на традиционных электрообессоливающих установках, как правило, невозможна, поскольку переходные металлы образуют достаточно прочные металлоорганические соединения с углеводородными и гетероатомными компонентами нефти. Это обуславливает актуальность исследований, посвященных разработке различных модификаций процессов обессоливания с целью увеличения степени извлечения металлов [31-34].

Так, в [34] предлагается технология селективного выделения металлов, серы и других элементов, путем проведения высокочастотного электролиза нефти в проточных реакторах-электролизерах. Реализация технологии сводится к пропусканию очищаемой нефти сквозь электролизные ячейки. Путем изменения режимов электролиза и плотности тока удается последовательно выделять содержащиеся в нефти и нефтепродуктах примеси, включая металлы и неметаллы, в частности серу. Примеси, к которым относятся и металлы,

накапливаются в приемной жидкости, которая не расходуется. Извлечение примесей из приемной технологической жидкости достигается путем механической фильтрации. Степень извлечения примесей (соединений ванадия, никеля, кобальта, молибдена, а также серы и др.) может достигать 99%.

Предложен ряд способов деметаллизации нефти с использованием электролитических систем [33]. Достаточно эффективный способ деметаллизации и обессеривания сырой нефти в потоке предлагается в патенте [34]. Согласно данному способу, обработку сырой нефти в потоке проводят электрохимически на переменном асимметричном токе. Продукты, полученные в результате деметаллизации, обессеривания и извлечения необходимых ценных компонентов, могут быть использованы в качестве сырья для нужд промышленного производства.

В зависимости от качества нефти и целей ее переработки существует два основных направления решения проблемы деметаллизации нефтяного сырья [35].

Первое направление нацелено на реализацию отдельной переработки промышленно металлоносных нефтей. Оно связано с применением схемы территориально технологического совмещения добычи и переработки при освоении запасов тяжелых нефтей. Необходимо отметить, что в большинстве случаев отдельная переработка тяжелых металлоносных нефтей с использованием специализированных технологий нефтепереработки, допускающих промышленное получение нефтяного ванадия и других металлов, без специальных решений по логистике транспорта на практике невозможна, так как по технологическим соображениям тяжелая нефть смешивается с более легкой нефтью. Это приводит к снижению концентрации ценных металлов в нефти, поступающей на нефтеперерабатывающий завод (НПЗ).

Схема отдельной переработки промышленно металлоносных нефтей частично реализована в Канаде при добыче тяжелых битуминозных нефтей провинции Альберта. Суть ее заключается в том, что добытая на месторождении нефть предварительно перерабатывается (облагораживается) на

месте на так называемых битумных заводах в синтетическую и/или полусинтетическую нефть с целью снижения плотности, вязкости и получения углеводородных смесей, отвечающих требованиям трубопроводного транспорта. Заводы по переработке тяжелых нефтей в синтетическую нефть зачастую базируются на комбинировании традиционных для НПЗ технологий переработки нефтяных остатков. Переработка вакуумных остатков, содержание которых в составе природных битумов может превышать 50 масс. %, с получением более легких углеводородных фракций непосредственно на промысле позволяет исключить или снизить потребление дорогостоящего разбавителя и решить проблему нехватки мощностей глубокой переработки нефти на действующих НПЗ [36]. При этом качество получаемых продуктов, а, соответственно, и их цена, существенно выше добытого исходного сырья, а получаемый попутно ванадийсодержащий концентрат может быть использован для производства ванадия.

Второе направление связано с применением технологий, обеспечивающих получение металлов из перерабатываемого на НПЗ нефтяного сырья, содержащего ценные металлы в более низких концентрациях по сравнению с ныне действующими концентрациями.

Для каждого из направлений освоения запасов нефтяного ванадия должно быть выработано свое собственное значение минимально-промышленных концентраций ванадия в нефтях. В первом случае кондиционные содержания  $V$  будут существенно зависеть от условий конкретного месторождения, и минимально-промышленная концентрация  $V$  в исходной нефти будет определяться его технологически достижимым содержанием в ванадийсодержащем концентрате, при котором транспортировка последнего от месторождения до места дальнейшей переработки будет рентабельной. Нижний предел этой оценки по экспертным расчетам будет составлять 30 г/т ( $V_2O_5$ ). Во втором случае минимально-промышленная концентрация  $V$  в поступающей на НПЗ нефти будет определяться его технологически достижимым содержанием в концентрате, при котором его дальнейшая переработка является

рентабельной. При содержании  $V_2O_5$  в получаемом при нефтепереработке попутном продукте не менее 1,0 мас. %, такой продукт будет являться заведомо рентабельным сырьем, поскольку содержания в нем значительно выше, чем в промышленных рудах. С учетом значения технологически достижимого коэффициента концентрирования, минимальное промышленно значимое содержание ванадия в нефтях, поступающих на НПЗ, согласно предварительным оценкам составляет около 12 г/т ( $V_2O_5$ ) [37].

Уже в настоящее время за границей известны способы извлечения металлов из нефтяного кокса, золы и других продуктов более подробно охарактеризованы в работах [38, 39]. Например, из золы кокса ТКК венесуэльских нефтей и битумов Атабаски в промышленных масштабах получают пентаоксид ванадия на предприятиях в Канаде, США и Венесуэле гидromеталлургическими способами [40], основанными на переводе металлов золы и кокса в водно- и кислотнорастворимые соединения и последующем селективном осаждении V и Ni. Для материалов с высоким содержанием металлов оправдано применение автоклавного оборудования и гидротермальных сред. Перспективно извлечение металлов нефтяного кокса путем взаимодействия с химическими окислителями.

Таким образом, деметаллизация нефти или нефтяных остатков является перспективным направлением добычи металлов и в настоящее время в России существует необходимость внедрения установки переработки ТНО или ТНС с извлечением из них ванадия, никеля и т.д.

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

На данный момент нефтедобывающие компании стремятся к увеличению объёмов добычи сырья при сравнительно небольших затратах на внедрение различного рода технологий. В настоящее время существует несколько способов увеличения нефтеотдачи пласта и увеличение прибыли компании. Так, одним из таких способов является закачивание в пласт воды в жидком или газообразном состоянии с целью «выталкивания» нефти на поверхность (за счет различной плотности). В нашем случае мы предлагаем закачивать в пласт заранее выделенные из нефти порфирины нефтяного происхождения с целью увеличения нефтеотдачималодебетовых скважин.

### **4.1.1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- Планирование и формирование бюджета научных исследований;
- Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

### **4.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В качестве продукта выступает нефтяное сырье, облегченное за счет добавления порфинового экстракта на этапе добычи.

Целевым рынком является промышленные предприятия нефтедобывающей отрасли, в частности нефтедобывающие компании (НДК).

По результатам проведения сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные сегменты (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Сегментирование рынка услуг

		Вид услуги		
		Традиционная добыча тяжёлого нефтяного сырья	Добыча с использованием легкого растворителя	Добыча нефти с добавлением порфиринового экстракта
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Как видно из таблицы 4.1, добавление порфириновых концентратов в пласт на этапе добычи нефти является высокоэффективным решением. Таким образом, применительно ко всем нефтедобывающим компаниям будет улучшение реологических свойств реализуемого продукта на этапе добычи сырья за счет добавления порфиринового концентрата.

#### 4.1.3 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Главным конкурентным техническим решением является повышение нефтеотдачи пласта за счет закачивания в пласт воды (в таблице 4.2 обозначено

«к1»), вторым конкурентным решением является закачивание в пласт легкого растворителя – пропана (в таблице 4.2 обозначено «к2»).

Таблица 4.2 – Анализ конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность		
		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	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48
Долговечность	0,11	4	4	4	0,44	0,44	0,44
Энергоэкономичность	0,10	5	4	3	0,50	0,40	0,30
Удобство в эксплуатации	0,11	4	4	3	0,44	0,44	0,40
Экологическая безопасность	0,10	5	3	3	0,50	0,30	0,30
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,10	5	4	4	0,50	0,40	0,40
Цена	0,09	3	4	4	0,27	0,36	0,36
Уровень проникновения на рынок	0,09	4	3	3	0,36	0,18	0,18
Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
Послепродажное обслуживание	0,09	5	3	2	0,30	0,18	0,12
Итого	1	40	38	33	4,24	3,63	3,43

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность инженерного решения или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Для производимого продукта выявлен ряд конкурентных преимуществ, таких как высокое качество продукта, простота эксплуатации, сокращение производственного цикла, высокая конкурентоспособность продукта. Данные качества помогут показать правильно презентовать товар и завоевать доверие покупателей путем предложения товара высокого качества со стандартным набором определяющих его параметров.

#### 4.1.4 Матрица SWOT

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта и применяется для исследования и внутренней среды проекта [40].

SWOT-анализ проводится в несколько этапов. На первом этапе проводится описание сильных и слабых сторон проекта и выявление возможностей/угроз реализации проекта, которые проявились или могут появиться во внешней среде. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 5.3.

Таблица 4.3 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны исследовательского проекта:</p> <p>С1. Потенциальная экономичность и энергоэффективность.</p> <p>С2. Потенциал для повышения экологичности производства и выпускаемой продукции.</p> <p>С3. Увеличение дебета скважин.</p> <p>С4. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Большой срок внедрения на производство.</p> <p>Сл2. Отсутствие бюджетного финансирования.</p> <p>Сл3. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p> <p>Сл4. Работа на производстве с опасными реактивами.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повсеместное внедрение для крупных НДК.</p> <p>В2. Создание нового способа добычи тяжёлого нефтяного сырья.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>В4. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>	<p>1. Разработка нового промышленного способа переработки тяжёлого нефтяного сырья.</p> <p>2. Ускорение в сфере научно-технических инноваций, способствующих улучшению экологической ситуации и потребительских качеств продукта.</p>	<p>1. В связи с отсутствием подобных технологий возможно отставание от конкурентов.</p>

Продолжение таблицы 4.3

<p>Угрозы:                  У1.Отсутствие спроса на новые технологии производства.                  У2.Развитая конкуренция технологий производства.                  У3.Несвоевременное финансовое обеспечение исследования со стороны государства.                  У4.Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p>	<p>1.Продвижение разработанного способа переработки тяжёлого нефтяного сырья.                  2.Создание конкурентных преимуществ готового продукта.                  3.Поиск запасных источников финансирования, спонсоров в лице нефтедобывающих предприятий, для которых может оказаться полезной данная разработка.</p>	<p>1.Риск возникновения аналогичных способов добычи тяжёлого нефтяного сырья, что может создать конкуренцию разработанного способа. Возникает угроза потери рынка.</p>
---	--	--

Далее после формирования областей SWOT переходит к реализации второго этапа. Вторым этапом является выявление соответствия сильных и слабых сторон исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Эти соответствия или несоответствия должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Её использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор отмечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта			
		C1	C2	C3	C4
Возможности проекта	B1	+	+	+	0
	B2	+	+	-	0
	B3	0	+	0	+
	B4	+	-	-	0
Угрозы проекта	У1	+	+	+	+
	У2	0	+	+	0
	У3	0	-	-	-
	У4	-	0	-	-

Продолжение таблицы 4.4

		Слабые стороны проекта			
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности проекта	В1	–	0	0	–
	В2	+	–	–	0
	В3	0	+	+	0
	В4	–	0	+	–
Угрозы проекта	У1	+	–	–	0
	У2	–	+	+	–
	У3	–	0	+	0
	У4	–	0	+	0

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе. В этом случае, возможности описываются следующим образом: В1В2В4С1, У2У3У4Сл3.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (табл. 4.5).

Таблица 4.5 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны исследовательского проекта:</p> <p>С1.Потенциальная экономичность и энергоэффективность.</p> <p>С2.Потенциал для повышения экологичности производства и выпускаемой продукции.</p> <p>С3.Увеличение дебета скважин.</p> <p>С4.Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны исследовательского проекта:</p> <p>Сл1.Большой срок внедрения на производство.</p> <p>Сл2.Отсутствие бюджетного финансирования.</p> <p>Сл3.Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p> <p>Сл4. Работа на производстве с опасными реактивами.</p>
--	--	--

#### Продолжение таблицы 4.5

<p>Возможности:          В1.Повсеместное внедрение для крупных НДК.          В2.Создание нового способа добычи тяжёлого нефтяного сырья.          В3.Повышение стоимости конкурентных разработок.          В4.Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>	<p>1.Разработка нового промышленного способа переработки тяжёлого нефтяного сырья (В1В2С1С2).          2.Ускорение в сфере научно-технических инноваций, способствующих улучшению экологической ситуации и потребительских качеств продукта (В2В3С2).</p>	<p>1.В связи с отсутствием подобных технологий возможно отставание от конкурентов (В2Сл1; В3Сл2Сл3).</p>
<p>Угрозы:          У1.Отсутствие спроса на новые технологии производства.          У2.Развитая конкуренция технологий производства.          У3.Несвоевременное финансовое обеспечение исследования со стороны государства.          У4.Введение доп. государственных требований к сертификации продукции.</p>	<p>1.Продвижение разработанного способа переработки тяжёлого нефтяного сырья.          2.Создание конкурентных преимуществ готового продукта.          3.Поиск запасных источников финансирования, спонсоров в лице нефтедобывающих предприятий, для которых может оказаться полезной данная разработка (У1У2С1С2).</p>	<p>1.Риск возникновения аналогичных способов добычи тяжёлого нефтяного сырья, что может создать конкуренцию разработанного способа. Возникает угроза потери рынка (У1Сл1, У2У3У4Сл3)</p>

Таким образом, из всего вышеперечисленного хотелось бы отметить, что анализ внутренней и внешней среды научно-исследовательского проекта отразил имеющиеся у данной разработки проблемы, которые необходимо решить в ближайшем будущем. Эти проблемы обусловлены сильными и слабыми сторонами проекта, а также имеющимися угрозами и возможностями внешней среды.

#### **4.2 Определение возможных альтернатив проведения научного исследования**

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. Для рассмотрения альтернативы проведения научного исследования, воспользуемся морфологическим подходом.

Данный подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены.

В проведённом научном исследовании основным методом получения экспериментальных данных является анализ компонентного состава образцов. Однако, данный анализ может быть проведён различными методами. Может быть использовано различное количество навески нефтяного сырья, различные растворители, методы выделения веществ и т.д.

В Таблица 4. представлена морфологическая матрица для проведения экспериментального научного исследования.

Таблица 4.6 – Морфологическая матрица для проведения научного исследования

		1	2	3
А	Метод проведения анализа	Сернокислотный метод	Фосфорнокислотный метод	Селективный метод
Б	Масса навески образца	4 грамма	5 грамм	10 грамм
В	Основное оборудование для проведения анализа	Фарфоровый стакан	Фарфоровый стакан	Термостойкий стакан
Г	Время выделения порфиринов	5-7 минут	10-15 минут	30 минут
Д	Количество параллельно проводимых опытов	1 опыт	2 опыта	2 опыта
Е	Нейтрализатор среды	Щелочь	Щелочь	-

Приведённые варианты представляют собой три разные методики проведения экспериментального исследования. Данные варианты подразумевают проведение эксперимента только по этим методам и невозможность комбинирования их между друг другом.

Отметим, что вариант под номером 3 является не достаточно точным. В связи с этим далее приведены расчёты для двух исполнений. Исполнение 1 представляет собой первый вариант, исполнение 2, соответственно, второй вариант выделения порфиринов. Далее данные исполнения обозначены в таблицах как «Исп. 1» и «Исп. 2» соответственно.

Таким образом, был проведён обзор альтернативных проведения научного исследования, составлена морфологическая матрица, выбраны варианты исполнения для дальнейших расчётов.

### 4.3 Планирование исследовательских работ

#### 4.3.1 Структура работ в рамках исследования

В данном разделе составлен перечень этапов проведения работ в рамках проведения исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель (Р)
Выбор направления исследования	2	Выбор направления исследования	Руководитель, студент-дипломник (С)
	3	Обзор современных методов и патентных исследований по выбранному направлению	Студент-дипломник
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент-дипломник
Теоретическое обоснование и проведение экспериментальных исследований	5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Руководитель, студент-дипломник
	6	Проведение экспериментов	Студент-дипломник
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент-дипломник, руководитель
Обобщение полученных результатов, выводы по проделанной работе	8	Оценка эффективности проведенных исследований	Руководитель, студент-дипломник
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Студент-дипломник, руководитель

Продолжение таблицы 4.7

Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Студент-дипломник, консультант по ФМ (К1)
	11	Выполнение раздела «Социальная ответственность»	Студент-дипломник, консультант по СО (К2)
Оформление отчета по НИР	12	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник

### 4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ. Разработка графика проведения исследования

Трудоемкость выполнения научного исследования в рамках выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож\ i}$  используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{min\ i} + 2 \cdot t_{max\ i}}{5},$$

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

$t_{min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max\ i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p\ i} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i},$$

где  $T_{p\ i}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

В связи с тем, что настоящее исследование сравнительно небольшое по объёму, наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения исследовательских работ в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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 определяется по следующей формуле:

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

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.

Расчитанные временные показатели проведения исследования приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Временные показатели проведения исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни	$t_{\text{max}}$ , чел-дни	$t_{\text{ож}}$ , чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	2	3	2,4	Р	2,4	4
Выбор направления исследования	3	6	4,2	Р, С	4,2	6
Обзор современных методов и патентных исследований по выбранному направлению	10	25	16	С	16	24
Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Р, С	0,9	1

Продолжение таблицы 4.8

Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	4	15	8,4	Р, С	4,2	6
Проведение экспериментов	30	90	54	С	54	80
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	4	10	6,4	С, Р	3,2	5
Оценка эффективности проведенных исследований	1	3	1,8	Р	0,9	1
Определение целесообразности проведения ОКР	2	5	3,2	С, Р	1,6	2
Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	1	2	1,4	С, К1	0,7	1
Выполнение раздела «Социальная ответственность»	1	2	1,4	С, К2	0,7	1
Составление пояснительной записки	10	20	14	С	14	19

На основе таблицы 4.8 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках исследовательского проекта на основе таблицы 4.9 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения исследования

Название работы	Длительность работ		Исполнители
	в рабочих днях $T_{pi}$	в календарных днях $T_{ki}$	
Составление и утверждение технического задания	2,4	4	Р
Выбор направления исследования	4,2	6	Р, С
Обзор современных методов и патентных исследований по выбранному направлению	16	24	С
Календарное планирование работ по теме	0,9	1	Р, С
Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	4,2	6	Р, С
Проведение экспериментов	54	80	С

Продолжение таблицы 4.9

Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	3,2	5	С, Р
Оценка эффективности проведенных исследований	0,9	1	Р
Определение целесообразности проведения ОКР	1,6	2	С, Р
Выполнения данных для выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	0,7	1	С, К1
Выполнения данных для выполнения раздела «Социальная ответственность»	0,7	1	С, К2
Составление пояснительной записки	14	19	С

Таблица 4.10 – Календарный план-график проведения исследования

Вид работ	Исполнители	$T_{кп}$ , кал. дни	Продолжительность выполнения работ			
			февраль	март	апрель	май
Составление и утверждение технического задания	Р	3	■			
Выбор направления исследования	Р, С	5	■			
Обзор современных методов и патентных исследований по выбранному направлению	С	18	■			
Календарное планирование работ по теме	Р, С	1	■			
Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Р, С	5	■	■		
Проведение экспериментов	С	67		■	■	
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	С, Р	4				■
Оценка эффективности проведенных исследований	Р	1				■
Определение целесообразности проведения ОКР	С, Р	2				■
Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С, К1	1				■

Продолжение таблицы 4.10

Выполнение «Социальная ответственность»	раздела	С, К2	1					
Составление записки	пояснительной	С	17					
	Р;	С;		К1;			К2	

### 4.3.3 Бюджет научно-технического исследования

В процессе формирования бюджета научно-технического исследования должно производиться полное и достоверное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. При планировании бюджета используются следующие статьи расходов:

- материальные затраты научно-технического исследования;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

#### 4.3.3.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi},$$

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

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

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Материальные затраты

Наименование затрат	Единица измерений	Расход		Цена за единицу, руб		Сумма, руб	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Асфальтены	кг	0,5	0,5	24	24	12	12
Бензол	л	0,5	0,6	920	920	460	552
Серная кислота	кг	2,0	-	960	-	1920	-
Фосфорная кислота	кг	-	2,0	-	1 152	-	2304
Едкий натр	л	0,5	0,6	200	200	100	120
Хлороформ	л	1,8	2,0	500	500	450	1000
Итого						2942	3988

Хотелось бы отметить, что исполнение 1 – это выделение порфиринов с использованием сернокислотного растворителя, а исполнение 2 – это выделение порфиринов с использованием фосфорной кислоты (более подробно описано в разделе 4.2).

#### 4.3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для исследовательских работ

В данной статье затрат учитываются все затраты, которые связаны с приобретением специального оборудования, которое необходимо для данного научно-исследовательского проекта. Определение стоимости спецоборудования производилось по действующим прейскурантам. Все расчёты, которые связаны с приобретением спецоборудования и оборудования, которые имеются в организации, но используется для данного научно-исследовательского проекта сведены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчет затрат на специальное оборудование

Наименование оборудования	Количество	Цена за ед., руб		Затраты на оборудование, руб	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Термостойкий стакан	2	500	500	1 000	1 000
Форфоровый стакан	2	1 000	1 000	2 000	2 000
Нейтрализатор	2	3 000	3 000	3 000	3 000
pH-метр	1	17 000	17 000	17 000	17 000
Делительная воронка	1	2 000	2 000	2 000	2 000
Итого				28 000	28 000

Таблица 4.13 – Расчет затрат на амортизацию оборудования

Наименование оборудования	Затраты на оборудование, руб		Срок службы оборудования, лет	Норма амортизации	Затраты на амортизацию, руб.	
	Исп. 1	Исп. 2			Исп. 1	Исп. 2
Термостойкий стакан	1 000	1 000	2	0,25	250	250
Форфоровый стакан	2 000	2 000	3	0,35	700	700
Нейтрализатор	3 000	3 000	5	0,15	450	450
pH-метр	17 000	17 000	5	0,20	3 400	3 400
Делительная воронка	2 000	2 000	3	0,30	600	600
Итого за год					5 400	5 400
Итого за период использования					1 350	1 350

Таким образом, затраты на специальное оборудование составили 28 000 рублей, а на амортизацию 5 400 рублей в год.

#### 4.3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением исследовательских работ и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 4.8)

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение рабочего времени;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: - выходные дни; - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени: - отпуск; - невыходы по болезни	56	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	191	219

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

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

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{tc}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{tc}$ );

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

Таблица 4.15 – Расчёт основной заработной платы

Исполнитель	$Z_{tc}$ , руб	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	34 187	0,3	0,2	1,3	66 664,7	3 629,9	29	105 267,3
Студент	14 512	0,3	0,2	1,3	28 298,4	1 343,9	140	188 139,1
Консультант по разделам «Объект и методы исследования», «Результаты исследования»	20 058	0,3	0,2	1,3	39 113,1	2 129,7	11	23 426,9
Консультант по разделу «Финансовый менеджмент»	34 187	0,3	0,2	1,3	66 664,7	3 629,9	3	10 889,7
Консультант по разделу «Социальная ответственность»	26 872	0,3	0,2	1,3	52 400,4	2 853,2	3	8 559,6

Таким образом, заработная плата руководителя составит 105 267,3 рублей; студента 188 139,1рублей; консультанта по разделам «Объект и методы исследования», «Результаты исследования»23 426,9 рублей; консультанта по разделу «Финансовый менеджмент» 10 889,7 рублей; консультанта по разделу «Социальная ответственность» 8 559,6 рублей.

#### 4.3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12);

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата.

Таблица 4.16 – Расчёт заработной платы

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$ , руб	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{доп}}$ , руб	$Z_{\text{зп}}$ , руб
Научный руководитель	105 267,3	0,13	13 684,8	118 952,1
Студент	188 139,1		24 458,1	212 597,2
Консультант по разделам «Объект и методы исследования», «Результаты исследования»	23 426,9		3 045,5	26 472,4
Консультант по разделу «Финансовый менеджмент»	10 889,7		1 415,7	12 305,4
Консультант по разделу «Социальная ответственность»	8 559,6		1 112,8	9 672,4
Итого	336 282,7			43 716,8

#### 4.3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

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

Таблица 4.17 – Расчёт отчислений

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$ , руб	$Z_{\text{доп}}$ , руб	ПФР (22,0 %)	ФСС (2,9 %)	ФОМС (5,1 %)	$Z_{\text{внеб}}$ , руб
Научный руководитель	105 267,3	13 684,8	26 169,5	3 449,6	6 066,6	35 685,6
Студент	188 139,1	24 458,1	46 771,4	6 165,3	10 842,5	63 779,2
Консультант по разделам «Объект и методы исследования», «Результаты исследования»	23 426,9	3 045,5	5 823,9	767,7	1 350,1	7 941,7
Консультант по разделу «Финансовый менеджмент»	10 889,7	1 415,7	2 707,2	356,9	627,6	3 691,6
Консультант по разделу «Социальная ответственность»	8 559,6	1 112,8	2 127,9	280,5	493,3	2 901,7
Итого	336 282,7	43 716,8	83 599,9	11020,0	19 380,0	113 999,8

#### 4.3.3.6 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

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

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, его величина принимается в размере 16 %.

#### 4.3.4.1 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта

Таблица 4.18 – Расчёт бюджета проекта

Наименование статьи	Сумма, руб	
	Исп. 1	Исп. 2
Материальные затраты исследовательских работ	2942	3988
Затраты на специальное оборудование для исследовательских работ (амортизационные отчисления)	2 420	2 420
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	336 282,7	336 282,7
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	43 716,8	43 716,8
Отчисления во внебюджетные фонды	113 999,8	113 999,8
Накладные расходы	79 897,8	80 065,2
Бюджет затрат исследовательских работ	579 259,1	580 472,5

Таким образом, в данном разделе был проведён и обоснован расчёт бюджета затрат на реализацию научно-исследовательского проекта. Итого, бюджет проекта на первого исполнителя составит 579 259,1рублей, а для второго 580 472,5 рублей.

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

где  $I_{\text{фин}}^{\text{исп}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$\text{Для настоящей разработки: } I_{\text{фин}}^{\text{исп}i} = \frac{579\,259,1}{580\,472,5} = 0,98;$$

$$\text{Для аналогичного испытания: } I_{\text{фин}}^{\text{исп}i} = \frac{580\,472,5}{580\,472,5} = 1,00.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_p^i = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i,$$

где  $I_p^i$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 4.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2
Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	5	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	5
Помехоустойчивость	0,15	5	5
Энергосбережение	0,20	4	4
Надежность	0,20	4	4
Материалоемкость	0,15	5	4
Итого	1	4,7	4,5

$$I_p^p = 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 = 4,60$$

$$I_p^a = 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 = 4,45$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{исп}^p$ ) и аналога ( $I_{исп}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп}^p = \frac{I_m^p}{I_{фин}^p} = \frac{4,60}{0,98} = 4,69;$$

$$I_{исп}^a = \frac{I_m^a}{I_{фин}^a} = \frac{4,45}{1,00} = 4,45.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп}^p}{I_{исп}^a} = \frac{4,69}{4,45} = 1,06$$

где  $\mathcal{E}_{ср}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{фин}^p$  – интегральный показатель разработки;

$I_{фин}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 4.20– Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект	Аналог
Интегральный финансовый показатель разработки	0,94	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,60	4,69
Интегральный показатель эффективности	4,55	4,45
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,06

Вывод: сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило понять, что наиболее эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является текущий проект.

## **5 Социальная ответственность**

Актуальность темы обусловлена необходимостью исследования выделения порфириновых экстрактов из нефтяного сырья и дополнительно выделением металлов никеля и ванадия из тяжёлого нефтяного сырья.

Область применения данного исследования с глобальной стороны затрагивает нефтеперерабатывающие заводы Российской Федерации, нуждающиеся в усовершенствовании имеющихся методов вторичной переработки с целью получения большей прибыли и улучшения экологии в стране.

Объектами исследования являются металпорфирины нефти Поселкового, Снежного, Усинского и Ясного месторождений.

### **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» [42].

В данном разделе рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства и их особенности, применимые к условиям научно-исследовательского проекта по исследованию влияния порфиринов на нефтяную дисперсную систему с целью добычи металлов из металлопорфиринов.

### **5.1.1 Специальные 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.

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

Выполнение данной исследовательской работы производилось в испытательной лаборатории «Природные эргоносители», расположенной в аудитории № 134 корпуса № 2 НИ ТПУ, в соответствии с методическими рекомендациями ПНД Ф 12.13.1-03 [43], регулирующими работу в химических лабораториях.

### **5.1.3 Научно-исследовательская лаборатория**

Рабочим местом выполнения исследований влияния порфиринов на УНД и последующим выделением металлов из металлопорфиринов является химическая испытательная лаборатория «Природные эргоносители» 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета. 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 [44].

## 5.2 Производственная безопасность

В данном подразделе проанализированы вредные и опасные факторы, которые могут возникать при деме­таллизации асфальтенов нефти Поселкового, Снежного, Усинского и Ясного месторождений в лабораторных условиях.

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

При работе в лаборатории используются вредные вещества. ПДК в воздухе рабочей зоны, класс опасности и влияние на организм человека этих веществ указаны в Таблице 5.1 [45-49].

Таблица 5.1 – Возможные вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этап работ			Нормативные документы
	Разработка	Исследование	Эксплуатация	
1	2	3	4	5
Воздействие вредных веществ		+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 СНиП 23-05-95 ГОСТ 12.1.003-2014 ГОСТ 12.1.007- 76
Повышение уровня шума		+	+	
Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
Наличие взрывоопасных и токсичных веществ		+	+	

### 5.2.2 Воздействие вредных веществ

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 [50]. В соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» вещества разделены на четыре класса опасности (графа 3):

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

Перечень веществ, используемых в исследовательской лаборатории, представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Перечень вредных веществ, выделяемых в воздух рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК паров в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup> , ГН 2.2.5.1313-03 [56]	Класс опасности ГН 2.2.5.1313-03 [50]	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.
Тетрахлорметан	20 10 – в смеси с углеводородами	2	Токсичен. Тетрахлорметан является канцерогеном для человека. Является одним из самых сильнодействующих гепатотоксинов, может влиять на центральную нервную систему и вызвать дегенерацию печени и почек [51].
Трихлорметан (хлороформ)	-	2	Учеными доказаны отдаленные эффекты воздействия хлороформа – канцерогенность, мутагенные эффекты, негативное влияние на работу внутренних органов [2].

Продолжение таблицы 5.2

Бензол	15 5 – в смеси с углеводородами	2	Канцероген; при попадании в организм вызывает хроническую интоксикацию, раздражение нервной системы, глубокие изменения костного мозга и крови [53].
Гидроксид натрия	0,5	2	При контакте с кожей способно разъедать её покровы. При попадании внутрь может вызвать болезненный синдром в области эпигастрии, чувство жжения в желудочно-кишечном тракте, вплоть до анафилактического шока [54].
Серная кислота	1	2	Существенное увеличение заболеваний дыхательных путей. Воздействует на слизистые оболочки, вызывая воспаление носоглотки [55].

Поэтому при работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования к технике безопасности [56]:

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 при повышенном давлении, нагрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов проводится в вытяжных шкафах в защитных очках, перчатках и фартуке.
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:

- 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).

### **5.2.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов**

Методы защиты работников от влияния вредных и опасных факторов в силу их большого разнообразия также многочисленны. Несмотря на это, методы защиты работников могут быть классифицированы по определенным принципам, и один и тот же метод может служить для защиты работников одновременно от нескольких вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса. Рассмотрим потенциальные риски и мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных факторов.

#### **5.2.3.1 Неудовлетворительный микроклимат**

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата – климата внутренней среды этих помещений.

Метеоусловия производственной среды регламентируются.

Температура воздуха в лаборатории поддерживается:

- в холодный период 16÷22°C;

- в теплый период  $18 \div 25$  °С.

Влажность воздуха не должна превышать  $40 \div 60$  %, скорость движения воздуха 0,2 м/с.

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

### **5.2.3.2 Повышенный уровень шума**

Производственные процессы в химической лаборатории сопровождаются шумом.

Воздействие шума длительное время приводит к снижению остроты слуха, повышению кровяного давления, утомлению центральной нервной системы, ослаблению внимания, увеличению количества ошибок в действиях рабочего, снижению производительности труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться причиной несчастного случая.

Для химической лаборатории характерны следующие виды шумов:

- механический шум (при трении, биении узлов и деталей – делительных воронок, механической мешалки);
- аэрогидродинамический шум (возникает в аппаратах при больших скоростях движения газа или жидкости и при резких направлениях их движения и давления).

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 8000 Гц. Вкладыши (беруши) закрывают слуховой проход. Этот вид защиты дешев, компактен и применим ко многим ситуациям, но не всегда результативен, т.к. снижает уровень негативного воздействия всего на 5-20 дБ.

### **5.2.3.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Важное значение для создания благоприятных условий труда имеет рациональное освещение. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет проведение работ, ведет к снижению производительности труда и может явиться причиной несчастных случаев.

Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим.

Для снижения улучшения условий труда, в лаборатории, где проводилось исследование, используется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение.

### **5.2.3.4 Поражение электрическим током**

Поражение электрическим током возможно при повреждении изоляции применяемых персоналом электрическим прибором или устройств, если человек одновременно касается включенного в сеть поврежденного участка электрической проводки, например, питающего прибор шнура и потенциально опасных частей устройств или стоит на токопроводящем полу и касается металлической части прибора с поврежденной изоляцией и включенным в сеть.

Средства коллективной защиты от поражения электрическим током:

- устройства оградительные;
- автоматического контроля и сигнализации;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- автоматического отключения;
- выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства;
- молниеотводы и разрядники;

- знаки безопасности.

Безопасность работы обеспечена в конструкции установки. Источник питания установки имеет металлический кожух, который исключает возможность прикосновения к токоведущим частям, имеется зануление. Согласно [57] для контроля предельно допустимых значений напряжений прикосновения и токов измеряют напряжения и токи в местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. Класс точности измерительных приборов не ниже 2,5. Для предотвращения поражения электрическим током необходимо соблюдать все эти рекомендации.

#### **5.2.3.5 Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте**

Производственные процессы в химической лаборатории сопровождаются шумом.

Воздействие шума длительное время приводит к снижению остроты слуха, повышению кровяного давления, утомлению центральной нервной системы, ослаблению внимания, увеличению количества ошибок в действиях рабочего, снижению производительности труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться причиной несчастного случая.

Для химической лаборатории характерны следующие виды шумов:

- механический шум (при трении, биении узлов и деталей – делительных воронок, механической мешалки);
- аэрогидродинамический шум (возникает в аппаратах при больших скоростях движения газа или жидкости и при резких направлениях их движения и давления).

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 8000 Гц. Вкладыши (беруши) закрывают слуховой проход. Этот вид защиты дешев, компактен и применим ко многим

ситуациям, но не всегда результативен, т.к. снижает уровень негативного воздействия всего на  $5 \div 20$  дБ.

Вибрационный контроль (ВК) – один из эффективных разновидностей неразрушающего контроля. ВК базируется на мониторинге и анализе ключевых показателей вибрации (колебаний), которую создает функционирующий исследуемый объект. ВК позволяет контролировать фактическое состояние и своевременно выявлять отклонения в работе вентиляционных систем, систем охлаждения и тп. В нашем случае необходимо отслеживать вентиляционные системы, так как основная работа с растворителями и нефтепродуктами производится под вытяжным шкафом.

В соответствии с [58] измерение вибрации проводят в трех направлениях ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ). Вибрацию зданий измеряют в вертикальном направлении  $z$  и двух взаимно перпендикулярных горизонтальных направлениях  $x$  и  $y$ , совпадающих с направлениями главных осей здания. Причем направление оси  $x$  должно быть наиболее близким к направлению на источник вибрации.

#### **5.2.4 Повышенный уровень напряженности электростатического поля, электромагнитных полей**

Электростатическое поле может возникнуть при взаимодействии человека с электроприборами. При работе в лаборатории электрическое поле могут вызывать такие приборы, как стационарный компьютер, ИК-спектрометр, УФ-спектрометр, сталагмометр. При работе эти приборы в микроколичествах воздействуют на человека. При работе монитора на экране накапливается электростатический заряд, создающий электростатическое поле. В разных исследованиях, при разных условиях измерения значения электростатического поля колебались от 8 до 75 кВ/м. При этом люди, работающие с монитором, приобретают электростатический потенциал. Разброс электростатических потенциалов пользователей колеблется в диапазоне от -3 до +5 кВ. Заметный вклад в общее электростатическое поле вносят электризующиеся от трения поверхности клавиатуры и мыши. Эксперименты показывают, что даже после

работы с клавиатурой, электростатическое поле быстро возрастает с 2 до 12 кВ/м. На отдельных рабочих местах в области рук регистрировались напряженности статических электрических полей более 20 кВ/м.

Опасность возникновения электростатического заряда заключается в том, что такой заряд при наличии горючей смеси может служить импульсом для возникновения пожара или взрыва. В ряде случаев статическая электризация тела человека и затем последующие разряды с тела человека на землю или заземленное производственное оборудование, а также электрический разряд с незаземленного оборудования через тело человека на землю могут вызывать нежелательные болевые и нервные ощущения и быть причиной непроизвольного резкого движения человека, в результате которого он может получить ту или иную механическую травму (ушибы, ранение). Таким образом, существует необходимость в регулировании электростатического поля.

### **5.2.5 Пожаровзрывоопасность на объектах**

Любые продукты нефтепереработки относятся к числу пожароопасных веществ. Для человека опасны концентрации взрывоопасных и вредных веществ в воздухе рабочей зоны, выше которых запрещено проведение огневых работ. Такая концентрация называется предельно допустимой взрывобезопасной концентрацией горючих веществ (ПДВК). ПДВК измеряется в %. ПДК нефтепродуктов и углеводородов нефти – 300 мг/м<sup>3</sup>. Причем чем выше молекулярная масса, тем ниже температура воспламенения углеводородных газов.

Взрывоопасность наступает при определенных пределах концентрации газа в газовой смеси: от некоторого минимума (нижний предел взрываемости) до некоторого максимума (высший предел взрываемости). Горение и взрыв - похожие химические процессы, но эти процессы отличаются в первую очередь по интенсивности протекающей реакции. При взрыве реакция в замкнутом пространстве (без доступа воздуха к очагу воспламенения взрывоопасной газовой смеси) происходит очень быстро. Горение это

долгий процесс, одновременно протекающих физических процессов и химических реакций окисления горючего вещества.

Безопасность на рабочем месте обеспечивается только путем соблюдения всех мер осторожности. Вентиляцию полагается включать не менее чем за 30 минут до начала работ и выключать не менее, чем за 20 минут после завершения работ.

Каждый работник должен иметь средства индивидуальной защиты (СИЗ): халат, перчатки, маску или респиратор и очки. Каждый предмет из СИЗ необходим по определенным причинам, а именно: халат для защиты одежды и открытых участков тела от попадания на них едких веществ, маска или респиратор для защиты органов дыхания, очки для защиты органов зрения.

### **5.2.6 Поражение парами органических растворителей**

Большинство растворителей относятся к жидким органическим веществам, с которыми большинство химических и нефтехимических лабораторий сталкиваются каждый день.

Поступление, распределение и выделение растворителей из организма определяются, прежде всего, их физико-химическими свойствами, в зависимости от которых органические растворители можно разделить на три группы. К первой группе относят растворители типа спирты. Ввиду особенностей строения вещества отравление организма происходит медленно. Ко второй группе относят растворители типа эфиры. Насыщение организма этой группой соединений идет менее длительно.

К следующей группе органических растворителей относятся ароматические углеводороды, например, бензол. Как известно, эти вещества сравнительно быстро насыщают организм, накапливаясь в большом количестве в жировой ткани.

В производственных условиях пары органических растворителей проникают в организм главным образом через дыхательные пути, поэтому большое практическое значение имеет степень летучести растворителя. Как

известно, высокая летучесть используемого вещества создает опасность быстрого загрязнения им воздуха рабочей зоны.

Другим путем проникновения органических жидкостей в организм, имеющим меньшее практическое значение, может оказаться неповрежденная кожа при загрязнении открытых частей тела, в особенности ароматическими растворителями типа бензола, т. е. веществами, растворяющимися в жирах.

Освобождение организма от поступивших растворителей происходит разными путями. Одна часть проникших летучих растворителей выделяется в неизменном виде через легкие, другая подвергается превращениям путем различных химических реакций с образованием различных продуктов, покидающих организм с мочой. Через почки также хорошо выделяются растворимые в воде органические растворители.

### **5.2.7 Ожоги при работе с кислотами и щелочами**

Химический ожог – это повреждение тканей, возникающее под действием кислот, щелочей, солей тяжелых металлов, едких жидкостей и других химически активных веществ.

Источником воздействия может стать соприкосновение с нагретыми стенками посуды в результате реакции нейтрализации кислоты щелочью, или другими источниками тепла в результате чего человек может подвергнуться ожогу и травмированию верхнего слоя кожи рук. В соответствии с ГОСТ Р 51337-99 ожоговый порог при контакте кожи с гладкой горячей поверхностью металла без покрытия составляет  $65 \div 70$  °С при времени контакта не более 1 минуты. Повышение температуры выше ожогового порога приводит к ожогу [59].

При ожогах кислотами и щелочами на месте ожога образуется струп (корка).

Щелочные жидкости обладают более разрушительным действием, чем кислотные, из-за своей способности проникать вглубь тканей. Струп,

образующийся после ожогов щелочами,— беловатый, мягкий, рыхлый, переходящий на соседние ткани без резких границ.

При ожогах кислотами струп обычно сухой и твердый, с резко отграниченной линией на месте перехода на здоровые участки кожи. Кислотные ожоги обычно поверхностные. Цвет пораженной кожи при химическом ожоге зависит от вида химического агента. Кожа, обожженная серной кислотой, сначала белого цвета, а в последующем, меняет цвет на серый или коричневый.

Оказание первой помощи при химических ожогах кожи включает скорейшее удаление химического вещества с пораженной поверхности, снижение концентрации его остатков на коже за счет обильного промывания водой, охлаждение пораженных участков с целью уменьшения боли. При химическом ожоге кожи примите следующие меры:

- Немедленно снять одежду или украшения, на которые попали химические вещества.
- Для устранения причины ожога смыть химические вещества с поверхности кожи, подержав пораженное место под холодной проточной водой не менее 20 минут.
- Если помощь при химическом ожоге оказывается с некоторым опозданием, продолжительность обмывания увеличивают до 30-40 минут. Не пытаться удалить химические вещества салфетками, тампонами, смоченными водой, с пораженного участка кожи – это увеличивает очаг воздействия химического вещества на кожу.
- Если после первого промывания раны ощущение жжения усиливается, следует повторно промыть обожженное место проточной водой в течение еще нескольких минут.
- Приложить к пораженному месту холодную влажную ткань или полотенце, чтобы уменьшить боль.
- Затем наложить на обожженную область свободную повязку из сухого стерильного бинта или чистой сухой ткани.

Незначительные химические ожоги кожи обычно заживают без дальнейшего лечения.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Для обеспечения снижения влияния опасных и вредных факторов при выделении порфириновых комплексов и/или металлопорфириновых оснований могут быть предприняты следующие решения:

- систематический осмотр помещения, в котором проводится исследование, на наличие вышедших из строя осветительных приборов;
- осмотр систем отопления, проверка толщины стен, проверка утеплителя в холодное время года;
- систематическая проверка влажности на предмет отклонения от допустимой нормы;
- установка термометра для определения возможного отклонения от допустимых показателей температуры на рабочем месте;
- систематическая проверка вентилятора и вытяжки на предмет некорректной работы.

Нефтепродукты и нефтяные отходы, которые попали в окружающую среду, являются токсичными и взрывопожароопасными загрязнителями. Утилизация отходов нефтепродуктов – важный аспект охраны окружающей среды, т.к. даже мельчайшее загрязнение ими грунтовых вод или почвы может принести вред.

#### **5.3.1.1 Анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу**

*Утечка вредных веществ в атмосферу:*

Потенциальный вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит удаляемый из лабораторных помещений вентиляционный воздух, содержащий в себе пары растворителей и нефтепродуктов, а также токсичные легколетучие углеводородные газы.

### *Утечка вредных веществ в гидросферу и литосферу:*

В виду небольшого объёма возможных загрязнителей (исследуемых образцов нефти и растворителей) негативное влияние на гидросферу и литосферу может быть представлено в виде загрязнения грунтовых вод и почвы вследствие слива нефтепродуктов и растворителей в канализацию или недобросовестной утилизации отходов нефти и нефтепродуктов в непредназначенных для этого местах.

#### **5.3.1.2 Решение по обеспечению экологической безопасности**

Для улучшения экологической безопасности, необходимо очищать выбросы из лаборатории и использовать адсорбционные фильтры, 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, тем самым уменьшая выбросы в атмосферу.

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 [60]. В виду небольшого объёма возможных загрязнителей (исследуемого образца и растворителей) негативное влияние на гидросферу может быть представлено в виде загрязнения грунтовых вод и почвы вследствие слива нефтепродуктов и растворителей в канализацию или недобросовестной утилизации отходов жидких углеводородов в непредназначенных для этого местах.

Образующиеся в результате работы исследовательской лаборатории отходы нефти, нефтепродуктов и растворителей, утилизируются специальными

топливными компаниями, профилирующимися на очистке и переработке нефтяных отходов с целью получения топлив среднего качества, например, котельных топлив, топлив для сельскохозяйственного оборудования и т.п. Такой способ утилизации не только экономически выгоден, т.к. производственный цикл использования сырья не ограничивается одним использованием, но и экологически более безопасен по сравнению с «классическим» захоронением отходов. Такой способ утилизации нежелателен, более того, – вреден, поскольку отходы по-прежнему негативно влияют на окружающую среду. Он требует все больших площадей, которые изымаются из активного землепользования. Наиболее опасными отходами для литосферы в условиях лаборатории являются отработанные растворители, относящиеся ко 2 классу опасности. Их утилизация производится согласно [61].

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Одним из важнейших факторов в безопасности исследований влияния порфиринов на устойчивость нефтяной дисперсной системы на жизнедеятельность людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям. Чрезвычайная ситуация – это совокупность таких обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями зданий, сооружений, материальных ценностей, поражению и гибелью людей.

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

К чрезвычайным ситуациям (ЧС) при разработке и эксплуатации проектируемого решения относят:

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

Наиболее типичной и опасной является ЧС техногенного характера (производственные аварии). В любой лаборатории всегда существует

вероятность возникновения аварийной ситуации. Для ликвидации аварии разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей и ликвидации аварий.

В аварийных ситуациях, когда атмосфера лаборатории оказывается зараженной ядовитыми парами или газами, оставаться в помещении для ликвидации последствий аварии только в противогазе, при отключенных нагревательных приборах.

После дезактивации помещение необходимо проветрить. При возникновении пожара необходимо отключить электронагревательные приборы, вентиляцию, убрать огнеопасные вещества в безопасное место, одновременно, по возможности ликвидировать очаг.

При стихийном бедствии необходимо оповестить всех работников лаборатории об угрозе возникновения бедствия. При поступлении сигнала о возможном инциденте все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, после чего в лаборатории отключается электроэнергия, водоснабжение. При необходимости персонал эвакуируется в безопасное место [62].

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

Наиболее типичной ЧС будет являться ситуация техногенного характера, теоретически вызванная выходом из строя отсеков с хранением образцов, самовозгоранием реактивов, пожаром на производстве [62]. Для ликвидации аварии разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей и ликвидации аварий.

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

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.

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

Наиболее вероятной причиной ЧС будет являться ситуация техногенного характера, теоретически вызванная выходом из строя отсеков с хранением серной кислоты и щелочи, наводнением, пожаром на производстве [63]. Для ликвидации аварии на производстве разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий, представленные в разделе 5.4.1.

#### **5.4.5 Пожаровзрывоопасность**

Работа с нефтепродуктами отличается высокой пожаровзрывоопасностью.

Противопожарные меры не исключают возможность неправильной организации проведения огневых работ, небрежных действий персонала. Одним из основных требований предупреждения несчастных случаев и пожаров является исключение скопления паров, газов и жидких нефтепродуктов путем вентиляции мест возможного их скопления и уборки разлитого нефтепродукта.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- 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.
- для своевременной ликвидации очагов возможных загораний применяются первичные средства пожаротушения, к которым относятся:
- ящики с песком и лопатами, которые находятся на аппаратном дворе, в доступном месте;
- асбестовое полотно, огнетушители порошковые и углекислотные.

Средства пожаротушения и противопожарный инвентарь должны быть в исправном состоянии и окрашен в красный цвет.

## Список публикаций студента

1. Шатова Е.Н. (Федорова Е.Н.), Логачева Д.Н., Кривцова К.Б. Исследование влияния азотсодержащих соединений на переработку углеводородного сырья // Материалы XX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых, - Томск, 20-23 мая 2019 г.

2. Шатова Е.Н. (Федорова Е.Н.), Логачева Д.Н., Стреляев А.Д., Кривцова К.Б. Исследование влияния азотсодержащих соединений на переработку углеводородного сырья // XXII Всероссийская конференция молодых учёных-химиков, - Нижний Новгород, 23-25 апреля 2019 г.

3. Шатова Е.Н. (Федорова Е.Н.), Логачева Д.Н., Стреляев А.Д., Кривцова К.Б. Исследование влияния азотсодержащих соединений на переработку углеводородного сырья // Материалы XXIII Международного научного симпозиума имени академика М. А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр»- Томск, 2019 г.

4. Шатова Е.Н. (Федорова Е.Н.), Кривцова К.Б. Исследования влияния порфиринов на устойчивость нефтяной дисперсной системы // Материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященная 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Стромберга, - Томск, 21 сентября 2020 г.

5. Шатова Е.Н. (Федорова Е.Н.), Логачева Д.Н., Кривцова К.Б. Исследования высокомолекулярных азотсодержащих соединений тяжелой нефти // XXIII Всероссийская конференция молодых учёных-химиков, - Нижний Новгород, 21-23 апреля 2020 г.

6. Шатова Е.Н. (Федорова Е.Н.), Кривцова К.Б. Исследования влияния порфиринов на устойчивость нефтяной дисперсной системы // Материалы XXIV Международного научного симпозиума имени академика М. А. Усова и

молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне «Проблемы геологии и освоения недр», - Томск, 6-10 апреля 2020 г.

7. Шатова Е.Н. (Федорова Е.Н.), Кривцова К.Б. Исследования влияния порфиринов на устойчивость нефтяной дисперсной системы // Сборник научных трудов XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» - Томск, 21-24 апреля 2020 г.

8. Шатова Е.Н. (Федорова Е.Н.), Логачева Д.Н., Кривцова К.Б. Исследования влияния порфиринов на устойчивость нефтяной дисперсной системы // Материалы XI Международной конференции «Химия нефти и газа», - Томск, 28 сентября 2020 г.

9. Федорова Е.Н., Кривцова К.Б. Исследование состава и структуры порфириновнефтей Западно-Сибирских месторождений // Материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященная 250-летию со дня основания Томского политехнического университета, - Томск, 17-20 мая 2021 г.

10. Федорова Е.Н., Кривцова К.Б. Сравнительный анализ порфиринов Западно-Сибирского плато и Тимано-Печорской провинции // Материалы XXV Международного научного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых имени академика М. А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» - Томск, 5-9 апреля 2021 г.

11. Федорова Е.Н., Кривцова К.Б. Сравнительный анализ порфиринов Западно-Сибирского плато и Тимано-Печорской провинции // Сборник научных трудов XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» - Томск, 2021 г.

12. Федорова Е.Н., Кривцова К.Б. Анализ порфиринов Усинского месторождения Тимано-Печорского плато // V Международная молодежная научная конференция «TatarstanUpExPro 2021» - Казань, 15-18 апреля, 2021 г.

13. Федорова Е.Н., Кривцова К.Б. Исследование состава и структуры порфириновнефтей Западно-Сибирского плато // Конкурс нефти и газа. Москва. 2021.

14. Федорова Е.Н., Кривцова К.Б. Сравнительный анализ порфиринов тяжелых нефтей различных месторождений // XIX Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» - Санкт-Петербург, 12-16 апреля, 2021 г.

15. Fedorova E.N., Comparative analysis for porphyrins of various fields heavy oils // XVII International Forum-Contest of Students and Young Researchers «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources» - Saint-Petersburg, May 31 – June 6, 2021.

## Список использованных источников

1. Хаджиев С.Н., Шпирт М.Я. Микроэлементы в нефтях и продуктах их переработки // М.: Наука, 2016. – С. 222.
2. Магомедов Р.Н. и др. Состояние и перспективы деме­таллизации тяжелого нефтяного сырья (обзор) // Нефтехимия, 2017. – Т. 55, № 4 – С. 267-290.
3. Сайт «Крупнейшие запасы нефти по странам мира» [Электронный ресурс] // URL: <https://tyulyagin.ru/ratings/krupnejshie-zapasy-nefti-po-stranam-mira.html>  
Дата обращения: 23.02.2021.
4. Мастобаев Б.Н. Химические средства и технологии в трубопроводном транспорте нефти / Б.Н. Мастобаев, А.М. Шаммазов, Э.М. Мовсумзаде. – М.: Химия, 2002. – С. 296.
5. Поконова, Ю.В. Химия смолисто-асфальтеновых веществ нефти / Ю.В. Поконова. – Л.: Изд-во ЛТИ, 1978. – С. 85.
6. Камьянов, В.Ф. Гетероатомные компоненты нефтей / В.Ф. Камьянов, В.С. Аксенов, В.И. Титов. – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 238.
7. Большаков, Г.Ф. Азоторганические соединения нефти / Г.Ф. Большаков. – Новосибирск: Наука, 1988. – С. 215.
8. Сергиенко, С.Р. Высокомолекулярные соединения нефти / С.Р. Сергиенко, Б.А. Таимова, Е.Н. Талалаев. – М.: Наука, 1979. – С. 269.
9. Дияшев, Р.Н. Перспективы получения ванадиевых концентратов из высокосернистых нефтей Татарии / Р.Н. Дияшев, Р.Х. Муслимов, Д.М. Соскинд // Нефтяное хозяйство. – 1991. – №5. – С. 13–16.
10. Надиров, Н.К. Новые нефти Казахстана и их использование: Металлы в нефтях / Н.К. Надиров, А.В. Котова, В.Ф. Камьянов и др. – Алма-Ата: Наука, 1984. –С. 448.
11. Filby, R.H. The nature of metals in petroleum / R.H. Filby // The role of metals in petroleum. Ann–Arbor, 1975. – P. 31–58.
12. Герасимова, Н.Н. Состав и особенности распределения гетероатомов и микроэлементов в нефти и нефтяных остатках / Н.Н. Герасимова, В.И.

- Нестеренко, Т.А. Сагаченко, Г.Н. Алешин, Г.Г. Глухов // Нефтехимия. – 1979. – Т. 19. – С. 768-773.
13. Антипенко, В.Р. Микроэлементы и формы их существования в нефтях / В.Р. Антипенко, В.Н. Мелков, В.И. Титов // Нефтехимия. – 1979. – Т.19. – С. 723-737.
14. Закирова З.Р. Акватермолиз альтернативных источников нефти в условиях сверхкритического состояния воды // Вестник Казанского технологического университета. 2017. – № 5 (20). – С. 30–33.
15. Химия нефти и газа / Под ред. В.А. Проскурякова, А.Е. Дробкина. – Санкт Петербург: Химия, 1995 – 285-289 с.
16. Симонян Г.С. Эндогенное образование ванадиевых руд и нафтидов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – Москва, 2015. – №5 – С. 270–277.
17. Унгер Ф.Г. Фундаментальные аспекты химии нефти. Природа смол и асфальтенов / Ф.Г. Унгер, Л.Н. Андреева. Институт химии нефти Сибирского отделения РАН. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1995. – 192 с.
18. Сюняев З.И. Физико-химическая механика нефтей и основы интенсификации процессов их переработки: Учеб. пос. – М.: МИНХ и ГП им. И.М. Губкина, 1979. – 93 с.
19. Якубов М.Р. Состав и свойства асфальтеновтяжелых нефтей с повышенным содержанием ванадия: Диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук
20. Ахметов С.А., Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем. 2002. – С. 626-672.
21. Галкин Ю. В., Грушевенко Д., А.Капустин Н., и др. // Нетрадиционная нефть: технологии, экономика, перспективы // Институт энергетических исследований Российской академии наук, Москва, 2019.

22. Бикмухаметова Г. К., Абдуллин А. И., Емельянычева Е. А., и др. // Природные битумы. Перспективы использования // Вестник технологического университета, 2016. – Т.19. – №18. – С.31-36.
23. Кривцова К.Б., Стреляев А.Д. Исследование влияния смесей-ингибиторов на основе природных смол на процесс осаждения асфальтенов // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2021. – № 1. – С.20 – 22.
24. Стреляев А.Д., Кривцова К.Б. Исследование ингибирующего влияния природных нефтяных смол на процесс образования асфальтеновых агрегатов / Стреляев А.Д., Кривцова К.Б. // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. 21-21 апреля 2020 г. – Томск: ТПУ, 2020. – С. 176–178.
25. Лоскутова Ю. В. Влияние магнитного поля на реологические свойства нефтей: Автореф. дис.... канд. хим. наук. - Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2003. – С. 22-25.
26. Лабораторные исследования влияния магнитного поля на водонефтяные эмульсии НГДУ «Уфанефть» / В. В. Шайдаков, А. Б. Лаптев, Н. . Инюшин и др. - Уфа: Уфим. гос. нефт. техн. ун-т., 2001.– С. 6-8.
27. Габдуллин Р. Ш., Куршев В. В., Князев В. Н. Влияние магнитной обработки на водонефтяные эмульсии и АСПО. - Уфа: Уфим. гос. нефт. техн. ун-т., 2001. – С. 6.
28. Зырянова П.И. Исследование направления превращений компонентов мазута в среде сверхкритического изопропилового флюида // Материалы XXXI Менделеевской школы конференции молодых ученых. – Москва, 2021 – С. 194-195.
29. Зырянова П. И., Кривцова К.Б. Термические превращения компонентов тяжелого нефтяного остатка в среде сверхкритического изопропилового флюида // Материалы всероссийского конференции-конкурса «Актуальные проблемы недропользования». Санкт-Петербург, 2021– С.105–107.

30. Логачева Д.Н., Бояр С.В., Кривцова К.Б., Копытов М.А. Исследование совместной конверсии масел и тяжелого нефтяного сырья // Нефтепереработка и нефтехимия. – Москва, 2020 – №12. – С.28-33.
31. Логачева Д. Н. Исследование совместной конверсии масел и тяжелого нефтяного сырья / Д. Н. Логачева ; науч. рук. Н. И. Кривцова // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск, 6-10 апреля 2020 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2020. – Т. 2. –С. 284–285.
32. Электронный ресурс <https://pronpz.ru/ustanovki/deasphalting.html>. Дата обращения: 26.03.2021.
33. Муслимов Р.Х., Романов Г.В., Каюкова Г.П., Комплексное освоение тяжелых нефтей и природных битумов пермской системы Республики Татарстан. Казань: Изд-во «ФЭН» Академии наук РТ, 2018. – СС. 396.
34. Пат. JP № 53"8315, МКИ C10G32/04 от 28.09.76, опубл. 23.02.84.
35. Образцов С.В., Орлов А.А. Пат. РФ 2462501. 2012.
36. Суханов А.А., Якуцени В.П., Петрова Ю.Э. // Нефтьгазовая геология. Теория и практика, 2016.–Т. 7 – № 4 – С. 23.
37. Vanerjee D.K., Oil Sands, Heavy Oil & Bitumen – From Recovery to Refinery: Penn Well. XVII. 2012.– P. 185.
38. Хаджиев С.Н., Шпирт М.Я., Микроэлементы в нефтях и продуктах их переработки. М.: Наука. 2018.– С. 222.
39. Тарабрин Г.К., Тартаковский И.М., Рабинович Е.М., Бирюкова В.А., Мерзляков Н.Е., Волков В.С., Назаренко Н.Н., Кузьмичев С.Е., Шафутдинов В.В., Чернявский Г.С., Воронцов Б.А., Фролова А.Т., Сухов Л.Л. // Пат. РФ 2118389, 1998.
40. Нукунов Д.Н., Пунанова С.А., Агафонова З.Г. Металлы в нефтях, их концентрация и методы извлечения. М.: ГЕОС, 2001. – С. 77.

41. Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова. – Изд-во ТПУ, 2014. – С. 10-58.
42. Конституция Российской Федерации.
43. ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
44. Захаров Л.Н. Техника безопасности в химических лабораториях / Л.Н. Захаров. – Ленинград: Химия, 1991. – С.336.
45. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [Электронный ресурс]. – URL: <http://vsegost.com> – Дата обращения: 18.04.2021.
46. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение (с Изменением № 1)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001026> – Дата обращения: 18.04.2021.
47. ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> – Дата обращения: 18.04.2021.
48. 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: 18.04.2021.
49. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
50. Производство серной кислоты [Электронный ресурс]. – URL: <https://greenologia.ru/eko-problemy/proizvodstvo-sernoj-kisloty.html#i-2> – Дата обращения: 21.04.2021.
51. Тетрахлорметан [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.qaz.wiki/wiki/Carbon\\_tetrachloride](https://ru.qaz.wiki/wiki/Carbon_tetrachloride) – Дата обращения: 21.04.2020.

52. Галогенсодержащие соединения: хлороформ [Электронный ресурс]. – URL: <http://34.rospotrebnadzor.ru/content/193/4710/> – Дата обращения: 21.04.2021.
53. Кузьмина Р.И. и др. Охрана окружающей среды в нефтепереработке. – Издательство Саранского университета, 2007. — С.128.
54. Гидроксид натрия [Электронный ресурс]. – URL: <https://nebolet.com/stabilizatory/e524.html> – Дата обращения: 23.04.2021.
55. Производство серной кислоты [Электронный ресурс]. – URL: <https://greenologia.ru/eko-problemy/proizvodstvo-sernoj-kisloty.html#i-2> – Дата обращения: 23.04.2021.
56. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением № 1)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071156> – Дата обращения: 23.04.2021.
57. 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: 25.04.2021.
58. ГОСТ Р 53964-2010 «Вибрация. Измерения вибрации сооружений. Руководство по проведению измерений» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200082715> – Дата обращения: 25.04.2021.
59. ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.
60. 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: 25.04.2021.
61. ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [Электронный

- ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200313> – Дата обращения: 29.04.2021.
62. ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032452> – Дата обращения: 29.04.2021.
63. ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032452> – Дата обращения: 29.04.2021.