

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

---

Институт природных ресурсов

Направление подготовки Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Исследование процесса отстаивания водонефтяных эмульсий</b>

УДК 665.61

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Полякова Ксения Алексеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТТ и ХК	Кузьменко Елена Анатольевна	Кандидат технических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Сечина Ася Александровна	Кандидат химических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Доктор биологических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ХТТ и ХК	Юрьев Егор Михайлович	Кандидат технических наук		

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

---

Институт природных ресурсов

Направление подготовки Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Юрьев Е.М.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврская работа
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
2К21	Поляковой Ксении Алексеевне

Тема работы:

<u>Исследование процесса отстаивания водонефтяных эмульсий</u>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	<b>29.02.2016 г., №1631/с</b>

Срок сдачи студентом выполненной работы:

<b>4 июня 2016 г.</b>
-----------------------

**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><i>Пробы нефти, результаты лабораторного анализа проб нефти, методика приготовления водонефтяных эмульсий.</i></p>
--	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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><i>Литературный обзор; физико-химические основы процессов первичной подготовки нефти, процессов образования и разрушения водонефтяных эмульсий, экспериментальные исследования влияния начальной обводненности, режима перемешивания при приготовлении водонефтяных эмульсий и свойств нефти на дисперсность эмульсий, остаточную обводненность и кинетику процесса отстаивания при различных температурах.</i></p>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p><i>Нет</i></p>
--	-------------------

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Ахмеджанов Рафик Равильевич, д.б.н., профессор кафедры ЭБЖ
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сечина Ася Александровна, к.х.н., доцента кафедры МЭН

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

<p>_____</p>
--------------

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>08.02.2016 г.</p>
--	----------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТТ и ХК	Кузьменко Елена Анатольевна	Кандидат технических наук		08.02.2016 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Полякова Ксения Алексеевна		08.02.2016 г.

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



Институт Природных ресурсов  
 Направление подготовки Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
 технологии, нефтехимии и биотехнологии  
 Уровень образования Бакалавриат  
 Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики  
 Период выполнения весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа <small>(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)</small>
--

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2016 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.02.16	<i>Ознакомление с темой диплома. Подбор литературы.</i>	2
25.03.16	<i>Написание литературного обзора</i>	15
12.04.16	<i>Экспериментальная часть</i>	25
21.04.16	<i>Результаты и обсуждения</i>	30
29.04.16	<i>Заключение</i>	10
05.05.16	<i>Финансовый менеджмент</i>	6
21.05.16	<i>Социальная ответственность</i>	6
04.06.16	<i>Сдача готового диплома. Подготовка раздаточного материала и доклада на защиту</i>	6
		<b>100</b>

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кузьменко Елена Анатольевна	Кандидат технических наук		08.02.16 г

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ХТТ и ХК	Юрьев Егор Михайлович	Кандидат технических наук		08.02.16 г

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

Студенту:

Группа	ФИО
2К21	Поляковой Ксении Алексеевне

Институт	ИПР	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет затрат НИ составляет 92483,4 рублей
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы и нормативы расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Учтены отчисления во внебюджетные фонды

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Научное исследование является конкурентоспособным на рынке
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Разработан календарный план-график проведения научного исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Разработано конкурентноспособное исследование, отвечающее требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Сечина Ася Александровна	Кандидат химических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Полякова Ксения Алексеевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2K21	Поляковой Ксении Алексеевне

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ХТТ и ХК</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект исследования – процесс отстаивания водонефтяных эмульсий. Рабочая зона представляет специально оборудованное помещение для проведения экспериментов и химических анализов. Технологический процесс включает в себя следующие виды работ: работу с нефтью, с растворителями, работу с оборудованием. Рабочее место – лабораторный стол, вытяжной шкаф. Область применения – нефтедобыча.</i>
--	---

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

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>1.1. Выявление вредных факторов в химической лаборатории:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с нефтепродуктами (ГОСТ 1510-84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование);</li> <li>- работа с нефрасом – органическим растворителем (ГОСТ 8505-80. Нефрас-С 50/170 [26.02.15]);</li> <li>- сведения о токсичности используемых веществ в лаборатории;</li> <li>- физико-химическая природа вредности веществ;</li> <li>- требования к технике безопасности при работе с вредными веществами и их воздействие на организм человека;</li> <li>- средства защиты.</li> </ul> <p>1.2. Выявление опасных факторов при разработке и эксплуатации научного исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- электробезопасность (источники, средства защиты) (ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов</li> </ul>
---	---

	<p>защиты);</p> <p>-пожаробезопасность (источники, средства защиты и пожаротушения) (ГОСТ 12.1.004—91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.044—89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов.).</p> <p>СНиП 21-01-97 от 1998-01-01. Пожарная безопасность зданий и сооружений.</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <p>-меры предотвращения негативного воздействия выбросов на окружающую природную среду;</p> <p>-утилизация отходов;</p> <p>-воздействие выбросов, отходов на оболочки Земли и окружающую среду (на атмосферу, гидросферу, литосферу).</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень 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> </ul>	<p><b>3. Безопасность в ЧС:</b></p> <p>-перечень возможных ЧС: пожары, взрывы;</p> <p>-меры по предупреждению пожара;</p> <p>-меры безопасности при возникновении пожара;</p> <p>-ликвидация последствий пожара.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p><b>4. Правовое обеспечение и организационные мероприятия:</b></p> <p>Постановление Правительства РФ от 25.02.2000 N163 «Об утверждении перечня тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда лиц моложе восемнадцати лет».</p> <p>Постановление Правительства РФ от 13.03.2008 N 168 «О порядке определения норм и условий бесплатной выдачи лечебно-профилактического питания, молока или других равноценных пищевых продуктов и осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов».</p> <p>-требования к организации труда.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Доктор биологических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Полякова Ксения Алексеевна		

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,14,16,17,18), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11 ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	Проектировать и использовать энерго- и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,7,10,12,13,14,17 ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11), Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 93 с., 18 рис., 19 табл., 48 источников.

Ключевые слова: водонефтяные эмульсии, процесс отстаивания.

Объектом исследования являются водонефтяные эмульсии.

Цель работы – исследование процесса отстаивания водонефтяных эмульсий, приготовленных на основе нефтей различных месторождений.

В процессе исследования проводились экспериментальные исследования в лаборатории «Природные энергоносители» на кафедре Химической технологии топлива и химической кибернетики с использованием нефтей четырех различных месторождений.

В результате работы выполнены исследования по влиянию физико-химических свойств нефти, начальной обводненности, интенсивности перемешивания при приготовлении водонефтяных эмульсий на размеры образующихся капель и динамику процесса отстаивания эмульсии при различных температурах.

Степень внедрения: результаты работы представлены на конференциях: XX Международный научный симпозиум имени академика М. А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» и XVII Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых имени Л. П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке»

Область применения: первичная подготовка нефти.

Экономическая эффективность/значимость работы внедрение результатов исследования может быть полезно при проектировании установок первичной подготовки нефти.

В будущем планируется продолжить исследование процесса отстаивания водонефтяных эмульсий с использованием деэмульгатора.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	14
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	16
1.1. Причины образования и свойства нефтяных эмульсий .....	17
1.2. Классификация нефтяных эмульсий.....	20
1.3. Устойчивость эмульсий.....	22
1.4. Способы разрушение водонефтяных эмульсий.....	25
1.4.1 Химические и термические.....	26
1.4.2. Электрические.....	29
1.4.3. Механические.....	32
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	38
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	39
3.1. Свойства нефтей, используемых для создания водонефтяных эмульсий .....	39
3.2. Методика проведения исследования процесса отстаивания водонефтяных эмульсий.....	41
3.3. Исследование процесса образования водонефтяных эмульсий .....	42
3.3.1. Влияние физико-химических свойств нефтей на размеры капель ..	42
3.3.2. Влияние начальной обводненности водонефтяных эмульсий на размеры капель.....	43
3.3.3. Влияние интенсивности перемешивания при приготовлении водонефтяных эмульсий на размеры капель.....	45
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	47
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	52
5.1 Предпроектный анализ.....	52

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	52
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	52
5.1.3 SWOT-анализ .....	54
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	56
5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	58
5.2. Планирование научно – исследовательских работ.....	58
5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	58
5.2.2. План проекта .....	60
5.3. Бюджет научного исследования.....	63
5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	63
5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	64
5.3.3 Расчет затрат на электроэнергию .....	65
5.3.4 Расчет заработной платы исполнителей темы.....	65
5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	66
5.3.6 Накладные расходы .....	67
5.3.7 Формирование бюджета затрат научно исследовательского проекта .....	67
5.3.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	68
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	71
6.1. Производственная безопасность .....	72
6.1.1 Анализ вредных факторов на рабочем месте.....	73
6.1.2 Анализ опасных факторов на рабочем месте.....	76

6.2. Экологическая безопасность.....	78
6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	80
6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	85
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	87
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	88

## ВВЕДЕНИЕ

Длительная эксплуатация нефтяных месторождений и заводнение нефтеносных пластов приводят к образованию стойких водонефтяных эмульсий. Обводненность нефти вызывает активное образование асфальтосмолопарафиновых отложений, повышает температуру застывания нефти, увеличивает вязкость, что создает дополнительные проблемы при её транспорте и хранении.

Из скважин вместе с нефтью поступают пластовая вода, попутный (нефтяной) газ, твердые частицы механических примесей (горных пород, затвердевшего цемента).

Пластовая вода - это сильно минерализованная среда с содержанием солей до 300 г/л. Содержание пластовой воды в нефти может достигать 80%. Минеральная вода вызывает повышенное коррозионное разрушение труб, резервуаров; твердые частицы, которые поступают с потоком нефти из скважины, вызывают износ трубопроводов и оборудования.

Таким образом, в непосредственной близости от мест добычи нефти размещают установки первичной подготовки нефти (УПН), для отделения от нефти воды с растворенными в ней солями, механических примесей и попутного нефтяного газа.

Процессы обезвоживания и обессоливания являются довольно сложными, включают стадии каплеобразования и отстаивания и зависят от условий образования и эффективности разрушения водонефтяной эмульсии [1, 2].

Отсутствие эффективных методик расчета остаточной обводненности нефти затрудняет моделирование и проектирование установок промышленной подготовки нефти. Учесть влияние процессов разделения водонефтяных эмульсий при моделировании процесса обезвоживания нефти без экспериментальных данных в системах с реальными жидкостями практически невозможно. Исследование динамики процесса обезвоживания позволит оценить время достижения установившегося режима в системе при

определенных технологических условиях.

Поэтому целью данной работы является изучение процессов образования и разрушения водонефтяных эмульсий для нефтей различных месторождений Западной Сибири.

## 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Подготовка нефти на промыслах занимает промежуточное положение между основными процессами, связанными с добычей, сбором и транспортировкой товарной нефти потребителю: нефтеперерабатывающим заводам или на экспорт. От того, как подготовлена нефть в районах её добычи, зависят эффективность и надёжность работы магистрального трубопроводного транспорта. Перекачка вместе с нефтью даже 1-2% балласта (в виде эмульгированных глобул воды и частиц механических примесей) способствует более интенсивному коррозионному износу насосного оборудования [3], снижает пропускную способность трубопроводов и повышает опасность их порывов. Повышенное содержание воды в нефти, подлежащей переработке, ухудшает качество получаемых из неё продуктов, создаёт проблемы (на НПЗ) борьбы с коррозией, закупоркой теплообменной и нефтеперегонной аппаратуры.

Большинство месторождения страны переходит в позднюю стадию разработки, что сопровождается их повышенной обводненностью. На современном этапе для поддержания пластового давления на месторождениях России закачивается более 1 млрд. м<sup>3</sup> воды, которая через определенный промежуток времени попадает в продуктивные горизонты [4].

Длительная эксплуатация нефтяных месторождений и заводнение нефтеносных пластов приводит к образованию стойких водонефтяных эмульсий, что вызывает более интенсивное осадкообразование, повышает температуру застывания нефти, увеличивает ее вязкость [5].

Задача разрушения водонефтяных эмульсий и эффективного обезвоживания нефти на промыслах остается актуальной и требует экспериментальных исследований в этой области.

## 1.1. Причины образования и свойства нефтяных эмульсий

Поскольку водонефтяная эмульсия является неустойчивой системой, тяготеющей к образованию минимальной поверхности раздела фаз, то естественно ожидать наличие у нее склонности к расслоению. Тем не менее, реальных условиях эксплуатации нефтедобывающего оборудования во многих случаях образуются эмульсии, обладающие высокой устойчивостью. Это в значительной степени определяет выбор технологии их дальнейшей обработки, а также глубину отделения водной фазы от нефти. Агрегативную устойчивость эмульсий измеряют временем их существования до полного разделения образующих эмульсию жидкостей. В случае эмульсий, полученных из разных нефтей, их устойчивость может составлять от нескольких секунд до года и более. К причинам, которые способствуют агрегативной устойчивости нефтяных эмульсий, относят [6]:

- образование структурно-механического слоя эмульгаторов на межфазной границе глобул;
- образование двойного электрического слоя на поверхности раздела в присутствии ионизированных электролитов;
- термодинамические процессы, протекающие на поверхности глобул дисперсной фазы;
- расклинивающее давление, возникающее при сближении глобул дисперсной фазы, покрытых адсорбционно-сольватными слоями.

Кроме того, устойчивость нефтяных эмульсий зависит от величины глобул воды (ее дисперсности), плотности и вязкости нефти, содержания в ней легких фракций углеводородов, эмульгаторов и стабилизаторов эмульсии, а также от состава и свойств эмульгированной воды [6,7].

Содержащиеся в нефти асфальтены, смолы, нафтены и парафины, являющиеся природными поверхностно-активными веществами (ПАВ) относят к естественным стабилизаторам эмульсий [8]. Кроме того, они включают в себя мельчайшие твердые частицы веществ (глина, кварц, соли

и т. д.), находящихся в продукции скважин во взвешенном состоянии [7].

В зависимости от концентрации дисперсной фазы в эмульсиях их подразделяют на разбавленные или слабо концентрированные (дисперсной фазы менее 20%), концентрированные (до 74%) и высококонцентрированные (свыше 74%). Разбавленные эмульсии с мелкодисперсной структурой обладают высокой стойкостью к разрушению.

В промышленных эмульсиях размер капель дисперсной водной фазы, как правило, от 0,1 до 250 мкм. Капли большего размера могут существовать только в потоке из-за быстрой седиментации в статических условиях.

Устойчивость большинства нефтяных эмульсий типа "вода в нефти" возрастает со временем. В процессе старения эмульсии на глобулах воды увеличивается слой эмульгатора и, соответственно, повышается его механическая прочность. При столкновении таких глобул не происходит их коалесценции из-за наличия прочной гидрофобной пленки. Чтобы объединить глобулы воды необходимо эту пленку разрушить и заменить ее гидрофильным слоем какого-либо ПАВ. Старение эмульсий интенсивно протекает только в начальный период после их образования, а затем заметно замедляется. Особенности старения обратной эмульсии зависят от состава и свойств нефти, пластовой воды, условий образования эмульсии (температура, интенсивность перемешивания фаз). Известно, что пластовая минерализованная вода образует с нефтью более устойчивые и быстро стареющие эмульсии, чем пресная вода.

Основные характеристики нефтяных эмульсий включают степень разрушения за определенный период времени, эффективную (в ряде случаев структурную) вязкость, средний поверхностно-объемный диаметр эмульгированных капель водной фазы. В совокупности эти параметры отражают интенсивность эмульгирования нефти, ее физико-химические свойства и адсорбцию эмульгатора.

Об интенсивности разрушения эмульсии можно судить по разности между плотностями воды и нефти  $\Delta\rho$ , а также отношению

суммарного содержания асфальтенов ( $a$ ) и смол ( $c$ ) к содержанию парафинов ( $n$ ) в нефти  $(a+c)/n$ . Последний показатель предопределяет способ деэмульгирования нефтяных эмульсий. Показатель  $\Delta\rho$  соответствует движущей силе гравитационного отстаивания. Оба показателя являются качественными характеристиками эмульсий и позволяют разделять их на группы.

В зависимости от соотношения плотностей воды и нефти эмульсии классифицируют на трудно расслаиваемые ( $\Delta\rho = 0,200-0,250 \text{ г/см}^3$ ), расслаиваемые ( $\Delta\rho = 0,250-0,300 \text{ г/см}^3$ ) и легко расслаиваемые ( $\Delta\rho = 0,300-0,350 \text{ г/см}^3$ ).

По показателю  $(a+c)/n$  нефти подразделяют на смешанные ( $(a+c)/n = 0,951-1,400$ ), смолистые ( $(a+c)/n = 2,759-3,888$ ) и высокосмолистые ( $(a+c)/n = 4,774-7,789$ ).

## 1.2. Классификация нефтяных эмульсий

В нефтяной промышленности все технологические процессы добычи, сбора, подготовки нефти, газа и воды связаны с необходимостью изучения свойств образующихся нефтяных эмульсий. Все нефтяные эмульсии делятся на три группы [10]:

1 группа – обратная эмульсия (вода в нефти), в ней содержание дисперсной фазы (воды) в дисперсной среде (нефти) может колебаться от следов до 90-95%. Этот тип нефтяных эмульсий включает в себя ряд разбавленных и высококонцентрированных эмульсионных систем, где в большей степени проявляются различия в факторах их стабилизации. Свойства нефтяных эмульсий этой группы в значительной степени влияют на технологические процессы добычи нефти, внутрипромысловый сбор, сепарацию (отделение газа) и выбор техники и технологии деэмульсации нефти.

2 группа – это эмульсии прямого типа (нефть в воде). Образуются они в процессах разрушения обратных эмульсий, т.е. при деэмульсации нефти. Однако на обводнённых нефтяных месторождениях с низкой минерализацией пластовых вод и нефтей, содержащих повышенное количество нафтеновых кислот, могут образовываться стойкие эмульсии прямого типа при добыче и сборе продукции скважин. Стойкие эмульсии прямого типа могут образовываться в процессе паротеплового воздействия на пласт.

3 группа – это «множественная» эмульсия. Как показали исследования, она характеризуется повышенным содержанием различных механических примесей. Трудно разрушаясь с помощью известных методов, такие эмульсии накапливаются на границе раздела фаз в аппаратах подготовки нефти и воды и являются причиной срыва технологического режима. На практике в этих случаях периодически защищают аппараты и удаляют накопившийся промежуточный слой такой эмульсии в

амбар или нефтеловушку.

«Множественную» (ловушечную) эмульсию утилизируют, обрабатывая ее при жестких технологических режимах, или сжигают. Следует подчеркнуть, что с повышением обводненности нефтяных месторождений и широким применением новых интенсивных методов воздействия на продуктивный пласт для увеличения его конечной нефтеотдачи (закачка пара, кислот, щелочей, мицеллярных растворов и т.д.) не исключена возможность появления в продукции скважин повышенного количества различных механических примесей, что, в свою очередь, может быть причиной формирования на установках подготовки нефти определённого объёма стойких «ловушечных» нефтяных эмульсий.

### 1.3. Устойчивость эмульсий

Для нефтяных эмульсий главным показателем является их устойчивость, т.е. способность в течение определенного времени не разрушаться и не разделяться на две несмешивающиеся фазы [11]. Различают кинематическую и агрегативную устойчивость.

Кинематическая устойчивость – это способность эмульсионной системы противостоять оседанию или всплытию частиц (глобул) дисперсной фазы под действием сил тяжести [12].

$$K_y = \frac{1}{V} = \frac{9\nu}{2(\rho_b - \rho_n)r^2g} \quad (1)$$

где  $V$  – скорость оседания (или всплытия) частиц дисперсной фазы радиусом  $r$ ;

$\rho_b - \rho_n$  - разность плотностей дисперсной фазы и дисперсионной среды,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\nu$  – кинематическая вязкость,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

С термодинамической точки зрения нефтяные эмульсии принадлежат к неустойчивым системам, которые все время стремятся достигнуть состояния равновесия. Агрегативная устойчивость эмульсий измеряется временем их осуществления и для разных нефтяных эмульсий колеблется от нескольких секунд до многих лет. Установлено, что агрегативная устойчивость эмульсии является кинетическим понятием, т.к. удельная свободная межфазная энергия системы определяется средней кинетической энергией теплового движения, а не минимумом термодинамического потенциала.

Устойчивость эмульсии определяется временем ее существования  $\tau$  (По Ребиндеру):

$$\tau = \frac{H}{\nu}, \text{сек} \quad (2)$$

где  $H$  – высота столба эмульсии, см;  $v$  – средняя линейная скорость самопроизвольного расслоения системы, см/сек.

Самопроизвольные процессы в таких системах являются односторонними, и устойчивое состояние соответствует полной коалесценции и расслоению системы на две объемные с минимальной поверхностью раздела.

При смешении нефти с водой возможно образование эмульсии двух типов: вода в нефти (В/Н) и нефть в воде (Н/В). Способность двух взаимно нерастворяющихся жидкостей образовывать эмульсии того или иного типа предложено характеризовать величиной:

$$\gamma = \frac{\tau_B}{\tau_H} \cdot \frac{V_H}{V_B} \quad (3)$$

С увеличением показателя  $\gamma$  возрастает способность к образованию эмульсий типа В/Н, а с уменьшением – к образованию эмульсий типа Н/В. Соотношение времени жизни капель нефти  $\tau_H$  и воды  $\tau_B$  на границе раздела фаз является мерой способности системы к обращению фаз, определяющей выживание эмульсии первого или второго типа.

В условиях образования нефтяных эмульсий при добыче и обессоливании нефти на границе раздела нефть – вода могут существовать более продолжительное время капли воды ( $\tau_B > \tau_H$ ), поэтому образуется эмульсия типа В/Н.

Наиболее важным фактором, определяющим устойчивость нефтяных эмульсий, является образование на поверхности капелек воды адсорбционно-сольватных слоев и повышение их структурно-механических свойств. От концентрации эмульгаторов – стабилизаторов эмульсии в нефти и их состава главным образом зависит устойчивость образующихся нефтяных эмульсий. Установлено, что элементарная устойчивость  $\tau$  эмульсии возрастает с увеличением концентрации стабилизаторов до насыщения адсорбционного слоя или до достижения оптимальных структурно-механических свойств слоя.

П.А. Ребиндер пришел к выводу, что стабилизацию нефтяных эмульсий обеспечивают:

1. Сильно поверхностно-активные вещества, например нафтеновые и жирные кислоты, низшие смолы; эти вещества способствуют интенсивному диспергированию системы, при адсорбции на границе фаз создают неструктурированные молекулярные слои;

2. Вещества со слабыми поверхностно-активными свойствами, асфальтены, асфальтогеновые кислоты и ангидриды, высшие смолы; эти соединения образуют структурированные слои, которые обеспечивают высокую стабилизацию эмульсий;

3. Твердые вещества минерального и органического характера; благодаря их избирательному смачиванию фазами прилипают к дисперсионным каплям и образуют прочные бронированные слои; частицы твердых эмульгаторов должны быть значительно меньше капелек воды.

Образование на глобулах воды стабилизирующих адсорбционных слоев со структурно-механическими свойствами препятствуют их коалесценции при столкновении. Состав и строение этих слоев весьма разнообразны и зависят от состава нефти и содержания в ней диспергированных частиц. Кроме того, важно также содержание в пластовой воде, сопутствующей нефти, растворенных и диспергированных веществ и кислотность воды. Для исследования свойств и состава природных эмульгаторов предпринимались попытки непосредственно выделить их из нефтяных эмульсий и исследовать их состав.

#### 1.4. Способы разрушение водонефтяных эмульсий

Одной из главных задач, при проведении различных технологических операций в нефтегазовой промышленности, является разрушение водонефтяных эмульсий, поскольку образование эмульсий ведет к росту давления жидкости в системах сбора нефти и газа, влечет за собой порывы трубопроводов, затрудняются сепарация газа и предварительный сброс воды [13].

Эмульсии поступающие на установки подготовки нефти (УПН) должны подходить подготовленными к расслоению (агрегативно-неустойчивыми). Расслоение нефтяных эмульсий направлено на разрушение на поверхности капель дисперсных фаз структурно-механических барьеров.

Простейший метод разрушения эмульсий, предложенный Л.А.Сельским

- промывка их через среду, в которой не возможно образование эмульсии. Чтобы разрушить гидрофобную нефтяную эмульсию достаточно промыть ее через столб воды по возможности того же состава, что и вода эмульсии (например, через подсоленную воду, так как эмульсионные воды обычно солонны), но с тем непрерывным условием, чтобы эмульсионная нефть проходила сквозь воду в виде распыла или виде пленки для того, чтобы эмульсионные глобулы могли войти в соприкосновение с водной средой. Нагрев эмульсий (вода-нефть) сам по себе уменьшает стойкость пленки, а добавка к воде деэмульгатора окончательно уже ее разрушает [14].

На практике применимы четыре группы методов разрушения нефтяных эмульсий: химические, термические, механические, электрические или иными словами существует два принципиально различных подхода: реагентный (применение деэмульгатора) и безреагентный (аппаратный). Устройства для разложения эмульсий могут использовать гравитационную силу (отстойники), центробежную силу (гидроциклоны и промышленные

центрифуги), капиллярные силы (коалесцирующие фильтры), а также мембранные явления [15,16,17,18].

Выбор метода определяется типом и стойкостью эмульсии, но все они направлены на слияние и укрупнение капель воды.

#### 1.4.1 Химические и термические

Химические методы основаны на использовании реагентов деэмульгаторов (ДЭ), которые являются более эффективными ПАВ, чем природные эмульгаторы [14].

Вопросы изучения свойств деэмульгаторов и их совершенствования решали д.х.н. Левченко Д.Н., д.т.н. Дияров И.Н., Кокорев Г.И. (КГТУ, КХТИ), к.т.н.: Бергштейн Г.Р., Смирнов О.С., Петров А.А., Лебедев Н.А., Тудрий Г.А., Варнавская О. А. (НИИнефтепромхим), к.х.н. Николаева Н.М. и другие[19].

В зависимости от механизма разрушения эмульсий, представленного Абрамзоном А.А., различаются и требования к поверхностно-активному веществу (ПАВ), как деэмульгатору (ДЭ). Согласно первого механизма, ПАВ - должен обладать значительной поверхностной активностью и не должен быть эмульгатором, чтобы вытеснить эмульгатор с поверхности. Согласно второму механизму ПАВ - деэмульгатор должен растворяться в фазе, противоположной эмульгатору и изгибать поверхность в сторону, противоположную эмульгатору [14].

По типу гидрофильных групп ДЭ подразделяют на *ионогенные* (диссоциируют в растворе на ионы) и *неионогенные* (не диссоциируют в растворе). Все реагенты ДЭ обладают токсичными свойствами, огнеопасными, взрывоопасными, требующими особых мер предосторожности при их подготовке для подачи в трубопровод нефти.

Первые ДЭ - соли карбоновых кислот, позднее - соли водорастворимых сульфокислот, нейтрализованный черный контакт (НЧК), нейтрализованный кислый гудрон (НКГ). Расход составлял 3-7 кг/т (нефти).

К водорастворимым отечественным ДЭ относятся проксанол (185, 305) и проксамин (385), нефтерастворимым - дипроксамин (157). Импортные реагенты ДЭ - водорастворимые: дисольван 44ЩФРГ), R-11 (Япония) и нефтерастворимые: дисольван (4490), сепарол 5084 (ФРГ), виско-3 (Италия), серво 5348 (Голландия), доуфакс (США), С-V-100 (Япония). На практике применяют водорастворимые и нефтерастворимые ДЭ.

Процесс разрушения нефтяных эмульсий с применением деэмульгаторов является физико-химическим и зависит от:

- компонентного состава и свойств защитных оболочек природных стабилизаторов обрабатываемых нефтяных эмульсий;
- типа, коллоидно-химических свойств и удельного расхода используемого деэмульгатора;
- интенсивности, температуры и времени перемешивания нефтяной эмульсии с реагентом - деэмульгатором [20].

На интенсивность процесса обезвоживания влияет: гидродинамические параметры потока эмульсии после ввода деэмульгатора (интенсивность и длительность перемешивания), температура, физико-химические свойства нефти и воды, концентрация реагента в растворе, вид растворителя и т.д. Оптимальное сочетание всех перечисленных параметров, включая свойства нефтей, пластовых вод и деэмульгаторов, позволит при меньших затратах деэмульгатора наиболее полно провести процесс обезвоживания.

Поверхностная активность и деэмульгирующая способность неионогенных деэмульгаторов наиболее полно проявляются при оптимальной температуре. Для реагента типа диссолван 4411 оптимальная температура контактирования с эмульсией - 20-30°C, а температура отстоя зависит от свойств нефти: для легких нефтей - 40-50°C, для тяжелых - 70-80°C. Для

других реагентов (44684468Я/ш, проксанолов, дипроксамина 157 и др.) имеются оптимальные пределы температуры, при которой проявляется максимальная поверхностная активность и деэмульгирующее действие. Значение этой температуры находится в определенной зависимости от степени минерализации водной фазы эмульсии и водного раствора реагента.

Влияние температуры особенно сказывается для эмульсий, стабилизированных эмульгаторами, в состав которых входят высокоплавкие парафины. Деэмульгаторы диссолван 4490, сепаролы 5014 и 5016 лучшее деэмульгирующее действие оказывают при температуре 60°C, чем при 20°C.

Умеренное перемешивание несколько улучшает действие 4411, сепарола 25 и R-11, не оказывает влияния для реагентов X-2647 и сепарол 5014 и значительно ухудшает действие диссолвана 4490. Интенсивное перемешивание почти во всех случаях, кроме реагента сепарол 5014, ухудшает дальнейшее разрушение эмульсии. Скорость разрушения эмульсии зависит от перемешивания.

Улучшение условий контактирования эмульсий с деэмульгатором для водорастворимых реагентов может быть достигнуто за счет снижения концентрации рабочего раствора. Для реагента диссолван 4468Я/ш, 4411 снижение концентрации рабочего раствора с 1% до 0,5% улучшает процесс деэмульсации девонской нефти почти в два раза. Для некоторых «маслорастворимых» реагентов дауфакс 14 и диссолван 4490, применение их в виде водной эмульсии более эффективно, чем в неразбавленном виде [13].

Деэмульгаторы по показателю относительной растворимости подразделяют на 3 группы: водорастворимые (фенольное число более 9), водомаслорастворимые (фенольное число в диапазоне от 6 до 9) и маслорастворимые (фенольное число до 6) деэмульгаторы.

По методике Гипровостокнефть определяют фенольные числа деэмульгаторов. Товарная форма деэмульгаторов содержит от 50 до 80% поверхностно-активных веществ, растворенных в смеси растворителей. Для масло- и масло-водорастворимых деэмульгаторов в качестве растворителей

используется метанол, смесь ароматических углеводородов и низших спиртов. Для водорастворимых деэмульгаторов в качестве растворителя используется водный раствор метанола [21,22].

Соединения, используемые для создания деэмульгаторов, можно разделить по химической структуре на следующие группы: а) алкилсульфаты и сульфонаты; б) полиоксиалкиленгликолевые эфиры; в) оксиалкилированная алкилфенолформальдегидная смола; г) полиэфиры полиоксиалкиленгликолей; д) эпоксипроизводные формальдегидных смол и полиалкиленгликолей; е) смачиватели.

Каждая из групп выполняет определенную роль в процессе разрушения эмульсии. К примеру, полиоксилалкиленгликоли и полиэфиры обеспечивают выделение чистой воды, но разрушение эмульсии идет медленно, а полиокси-алкиленгликолевые эфиры алкилфенолформальдегидных смол — быстро разрушают эмульсию, но дренажная вода обычно содержит много нефтепродуктов. При разрушении эмульсий, бронирующие слои которых содержат механические примеси, кристаллы парафина, достигаются хорошие результаты при применении алкилсульфонатов и катионоактивных ПАВ [22].

#### **1.4.2. Электрические**

Эффективность действия деэмульгаторов зависит от дополнительных факторов: подогрева, энергии турбулентного потока, воздействия электрического поля.

Время оседания капель под действием сил тяжести может быть очень значительным (таблица 1). Капли воды поляризуются под действием электрического поля, вытягиваются вдоль силовых линий поля и начинают направленно двигаться.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика процесса разделения

эмульсии

Радиус капли воды, мкм	Время оседания капли при естественном отстое	Время оседания капли в электрическом поле
1	38 суток	2 часа
10	10 часов	45 минут
20	2,5 часа	15 минут

Использование переменного электрического поля приводит к постоянному изменению направления движения капель воды, при котором капли деформируются из круглых в эллиптические. Под действием сил электрического поля происходит сближение капель на такое близкое расстояние, при котором начинают действовать межмолекулярные силы притяжения значительной величины.

Защитные адсорбционные оболочки капель воды сдавливаются, разрушаются, частицы коалесцируют, укрупняются, оседают под действием сил притяжения (рисунок 1).

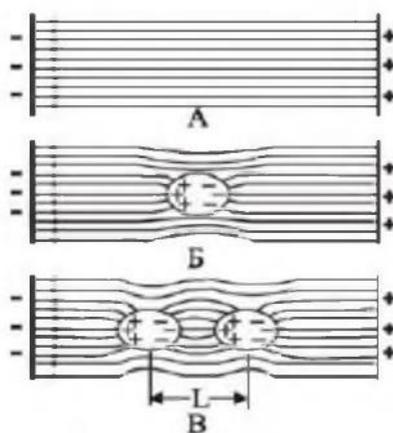


Рисунок 1 – Поведение глобул воды в электрическом поле

Кроме заряда наведенного внешним электрическим полем, частицы дисперсной фазы могут приобретать заряд собственный. В таком случае, частицы, перезарядившись, начинают двигаться с большой скоростью к противоположному электроду. Защитные оболочки частиц при столкновении

разрушаются при достаточной кинетической энергии. Позволяет преодолевать сопротивление коалесценции электрическое поле, обусловленное бронирующими оболочками на каплях воды, капли быстро укрупняются до размеров 150-200 мкм и оседают под действием силы тяжести.

Повышение температуры (исходя из формулы Стокса) за счет снижения вязкости дисперсионной среды и уменьшения сопротивления в процессе осаждения частиц дисперсной фазы влияет на степень обезвоживания под действием электрического поля. Однако при повышении температуры возрастает электропроводность среды, что может привести к нарушению электрического режима в аппарате, к увеличению давления насыщенных паров. В следствии чего, процесс необходимо проводить в аппаратах, рассчитанных на повышенное давление.

Такое свойство нефтей, как электропроводность, влияет на эффективность работы электродегидраторов, как аппаратов, в которых одновременно осуществляется коалесценция капель дисперсной фазы и ее гравитационный отстой. Именно поэтому для их сближения и коалесценции требуются достаточно высокая напряженность электрического поля и время его воздействия на эмульсию [23].

В связи с тем, что асфальтены и смолы, которые представляют основу бронирующей оболочки, являются полярными веществами, для эффективного разрушения высокоустойчивых водонефтяных эмульсий представляется возможным использование эффектов резонансного взаимодействия электромагнитных полей с полярными компонентами нефтей. Результаты экспериментальных исследований отражают эффективность расслоения водонефтяной эмульсии в высокочастотном электромагнитном поле при выполнении условия: частота электромагнитного поля (13,56 МГц) равна резонансной частоте, соответствующей максимуму тангенса угла диэлектрических потерь эмульсии. При этом каждая эмульсия, в зависимости от своих электрофизических свойств, будет по-разному

взаимодействовать с полем, что скажется на времени полного расслоения эмульсии, которое можно определить по формуле Ребиндера.

Если известны параметры, такие как исходный размер капель, диэлектрическая проницаемость эмульсии, зависимость вязкости эмульсии от температуры и напряженность электромагнитного поля то согласно разработанной методике можно оценить время полного расслоения водонефтяной эмульсии при электромагнитном воздействии [24].

На основе анализа существующей технологии электродеэмульсации нефти с применением традиционных устройств для подачи пресной промывочной воды в нефть Хафизовым Н.Н. в работе [26] предложен новый способ смешения нефти с водой под действием электрического поля на стадии обессоливания, позволяющий интенсифицировать процесс деэмульсации за счёт создания оптимального распределения капель по размерам и эффективного управления процессом диспергирования воды; приведены несколько конструкций электропульверизирующих аппаратов, реализующих, в частности, указанный способ.

### **1.4.3. Механические**

К *механическим способам* разрушения эмульсии относят: отстаивание, центрифугирование и фильтрование.

Отстаивание применимо к нестойким эмульсиям, которые способны расслаиваться на нефть и воду за счет разности плотностей компонентов, составляющих эмульсию. Процесс отстаивания применяется для: обезвоживания и обессоливания нефти, очистки воды от продуктов коррозии, отделения газа от жидкости, соединений кремния и прочих загрязнений. Важный показатель процесса отстаивания - это под действием силы тяжести скорость осаждения частиц. Процесс отстаивания рассматривают на примере

частицы (твердая или жидкая) шарообразной формы (рисунок 2) в ламинарном режиме, но оно может проходить и в турбулентном (рисунок 3).

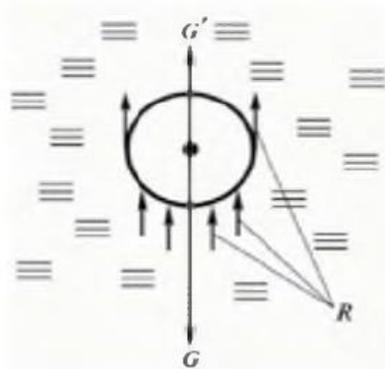


Рисунок 2 – Процесс отстаивания на примере частицы шарообразной формы

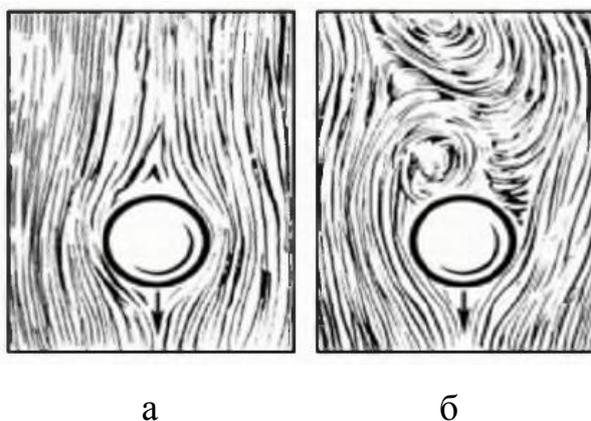


Рисунок 3 – Схема движения частицы в среде: а – при ламинарном режиме; б – при турбулентном режиме

При размере взвешенных частиц больше 0,5мкм скорость оседания капель воды или подъема частиц нефти в воде подчиняется закону Стокса, согласно которому, чем меньше частицы дисперсной фазы, разность плотностей воды и нефти и чем больше вязкость среды, тем медленнее протекает процесс расслоения:

$$w = \frac{d^2(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}})}{18\eta} g \quad (4)$$

где  $w$  – скорость оседания капель, см/сек;

$d$  – диаметр отделяющихся капель воды и нефти, см;

$\rho_{\text{в}}, \rho_{\text{н}}$  - плотность соответственно воды и нефти, г/см<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение силы тяжести, см/сек<sup>2</sup>;

$\eta$  – динамическая вязкость среды (эмульсии), г/(см·сек).

Из формулы (4) видно, что чем меньше частицы дисперсной фазы и разность плотностей воды и нефти и чем больше вязкость среды, тем медленнее протекает процесс расслоения [27].

Метод отстаивания применяется для высокообводненных эмульсий и нефтей с большой газонасыщенностью.

Дегазация нефти усиливает турбулентность потока, приводит к дроблению и слиянию капель воды, что препятствует формированию прочного адсорбционного слоя. В итоге, капли воды могут свободно сливаться и выделяться из нефти в виде свободной фазы при создании соответствующих условий. Подогрев и добавка ДЭ делают эффективнее процесс отстаивания.

Лабораторные исследования отделения воды от нефти проведенные Ахметкалиевым Р.Б. в 2008 году путем измерения выделившейся воды из нефтяной эмульсии во времени в градуированных отстойниках (метод бутылочной пробы) с использованием российских деэмульгаторов дипроксамина, реопона R - 1375, R - 2263 дали результаты о влиянии температуры и дозы реагента на разрушение ВНЭ. Анализ результатов показал, что в известных пределах зависимость от указанных параметров является взаимокompенсиремой. Увеличение коагуляционно - седиментационной активности за счет увеличения температуры от 50 до 60 °С при дозе деэмульгатора 100 г/т может быть достигнуто увеличением дозы реагента от 100 до 200 г/т при 50 °С и т.д. [28].

Поскольку вода и механические примеси имеют разные плотности, то при центрифугировании они выделяются из нефти под действием центробежной силы. Разделение водонефтяных эмульсий в центрифугах эффективный метод, но практического применения для деэмульгирования нефтей не нашел по причине малой пропускной способности центрифуг и высоких эксплуатационных затрат. У промышленных центрифуг число оборотов: от 3500 до 50000 об/мин. Разделительная способность центрифуги

тем больше, чем больше число оборотов, но при этом меньше ее производительность.

Величина центробежной силы определяется по формуле:

$$f = KmRn^2 \quad (5)$$

где  $K = \left(\frac{2\pi}{60}\right)^2$ ;

m – масса капли воды, г;

R – радиус вращения, см;

n – число оборотов ротора центрифуги в минуту.

Центробежная сила, а, следовательно, и скорость отделения капель воды изменяются пропорционально радиусу вращения и квадрату числа оборотов ротора.

Успешно расслаиваются при фильтрации нестойкие эмульсии, то есть при пропускании их через фильтрующий слой, который может быть из битого стекла, гравия, древесины и металлических стружек, стекловаты и других материалов. При фильтрации деэмульсация нефтей основана на явлении селективного смачивания. Основные требования фильтрующего твердого вещества: хорошая смачиваемость водой, чтобы произошло сцепление глобул воды с фильтрующим веществом, разрыв межфазных пленок, и произошла коалесценция (слияние) капель воды; достаточная прочность, чтобы обеспечить длительную эксплуатацию.

Самостоятельного применения данный метод не находит из-за громоздкого оборудования, необходимости часто менять фильтры, малой производительности, но встречается в сочетании с термохимическими методами разрушения эмульсий в случае, когда: большая обводненность нефти; малая обводненность, но эмульсия нестойкая; незначительная разность плотностей воды и нефти.

Сравнение ранее рассмотренных методов разрушения водонефтяных эмульсий по эффективности и технологичности приведено в таблице 2 [16].

Таблица 2 – Сравнение методов разрушения водонефтяных эмульсий

Стадия процесса	Характеристика стадии	Последовательность значимости методов	
		По эффективности воздействия	По технологичности
I	Разрушение бронирующих оболочек	Химические реагенты	Химические реагенты
		Нагрев	Перемешивание
		Электрические поля	Нагрев
		Перемешивание	Электрические поля
		Электромагнитные поля	Электромагнитные поля
II	Укрупнение капель	Электрические поля	Гидродинамические эффекты
		Коалесцирующие	Промывка в слое воды
		Гидродинамические эффекты	Электрические поля
		Ультразвук	Коалесцирующие
		Промывка в слое воды	Ультразвук
		Флокулянты	Флокулянты
		Магнитное поле	Магнитное поле
III	Разделение фаз	Центрифугирование	Отстаивание
		Отстаивание	Центрифугирование
		Флотация	Электростатические поля
		Электростатические поля	Флотация

При промышленной подготовке нефти основные технологии ее обезвоживания базируются на процессе отстаивания.

Поэтому настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию данного процесса.

## **2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Объектом исследования являются водонефтяные эмульсии, приготовленные на основе четырех проб нефтей месторождений Западной Сибири, свойства которых представлены в протоколах результатов испытаний лаборатории «Природные энергоносители».

Исследование процессов образования и отстаивания водонефтяных эмульсий проводилось в лаборатории экспериментальным методом по методике, представленной в [2].

### 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Свойства нефтей, используемых для создания водонефтяных эмульсий

Исследования были проведены для проб четырех нефтей: Грушевой (проба 59), Конторовичской (проба 8), Соболиной (проба 31), Федюшкинской (проба 28), физико-химические свойства которых определялись по стандартным методикам в лаборатории «Природные энергоносители» Томского политехнического университета (таблица 3).

Таблица 3 - Физико-химические характеристики нефтей

Показатели	Проба 59	Проба 8	Проба 28	Проба 31
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	814,6	826,5	830,0	862,2
Кинематическая вязкость при 20 °C, м <sup>2</sup> /с	2,751	3,697	4,718	11,442
при 50 °C, м <sup>2</sup> /с	1,285	2,298	2,357	4,864
Содержание парафинов, мас. %	0,03	3,5	1,27	0,98
Содержание, мас. %:				
асфальтенов,	0,01	2,65	0,76	1,03
смола	0,19	7,57	16,00	14,33

Согласно [6] водонефтяные эмульсии делятся на трудно расслаиваемые ( $\Delta\rho = 0,200-0,250$  г/см<sup>3</sup>), расслаиваемые ( $\Delta\rho = 0,250-0,300$  г/см<sup>3</sup>) и легко расслаиваемые ( $\Delta\rho = 0,300-0,350$  г/см<sup>3</sup>); смешанные ((a+c)/n = 0,951-1,400), смолистые (2,759-3,888) и высокосмолистые (4,774-7,789).

Эмульсии, приготовленные на основе рассматриваемых образцов нефти и раствора соли в водопроводной воде относятся к

труднорасслаиваемым, высокосмолистым (проба 59, 28, 31) и смолистым (проба 8) (табл.4).

Таблица 4 – Классификация эмульсий

Проба	По расслаиваемости		По смолистости	
	Критерий $\Delta\rho=\rho_{\text{в}}-\rho_{\text{н}}$	Тип эмульсии	Критерий асф.+смолы/ парафины	Тип эмульсии
59	0,212	Трудно расслаиваемая	6,67	Высокосмолистая
8	0,200	Трудно расслаиваемая	2,92	Смолистая
28	0,197	Трудно расслаиваемая	13,20	Высокосмолистая
31	0,165	Трудно расслаиваемая	15,67	Высокосмолистая

### **3.2. Методика проведения исследования процесса отстаивания водонефтяных эмульсий**

Водонефтяные эмульсии приготавливались по методике, предложенной в работе [2], на основе различных вод. Приготовление эмульсий на основе отделенной при анализе нефтей пластовой воды приводило к быстрому расслоению эмульсий, т.к. очевидно эта вода содержала деэмульгаторы.

Эмульсии, приготовленные на основе раствора дисстилизованной воды с поваренной солью (40 г/л) образовывали мелкодисперсные очень стойкие эмульсии, что затрудняло процесс их обезвоживания.

Поэтому основные исследования проводились с водонефтяными эмульсиями, приготовленными на основе раствора поваренной соли в водопроводной воде (40 г/л).

Отбиралось определенное количество нефти и воды в мерные цилиндры объемом 100 мл, затем эмульсия сливалась в колбу для перемешивания вручную в течение 10 минут. Далее её перемешивали с помощью мешалки при определенной скорости так же в течение 10 минут. Полученная водонефтяная эмульсия помещалась в цилиндр и ставилась в термостат для исследования процесса отстаивания при определенной температуре.

Для экспериментов использовались лабораторная мешалка ER-10 ("VEB MLW Prufgerate") с различными скоростями перемешивания и биологический микроскоп серии «Биолам 70» с насадкой 8-кратного увеличения.

При приготовлении эмульсий использовались два режима перемешивания: 1000 об/мин и 2000 об/мин. Приготовленные при режиме перемешивания 3000 об/мин эмульсии были мелкодисперсными и практически не отстаивались.

Для исследования процесса водонефтяных эмульсий использовались два температурных режима: 20°C и 50°C, которые, в основном, соответствуют стадиям холодного и термического отстаивания на промышленных установках.

### **3.3. Исследование процесса образования водонефтяных эмульсий**

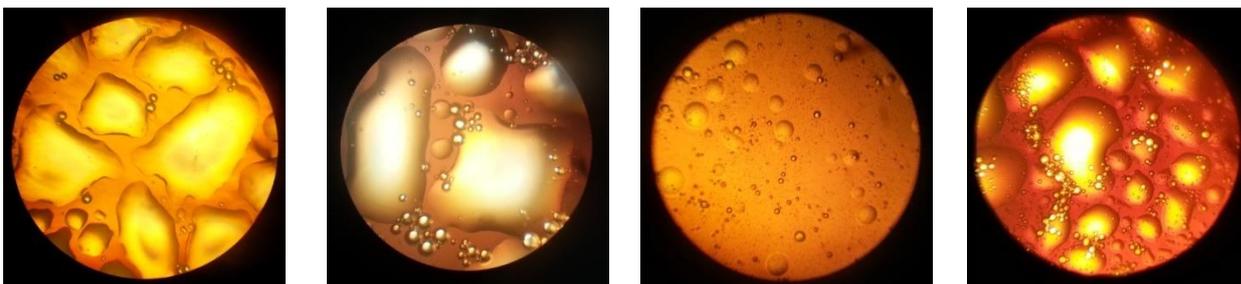
В ходе исследования были проведены эксперименты с целью оценки влияния физико-химических свойств нефтей, начальной обводненности водонефтяных эмульсий и интенсивности перемешивания при их приготовлении на размер образующихся капель воды.

Далее будут приведены снимки образцов эмульсий, приготовленных на основе исследуемых проб нефти и полученных с помощью увеличения под микроскопом.

#### **3.3.1. Влияние физико-химических свойств нефтей на размеры капель**

Наблюдались размеры капель в водонефтяных эмульсиях приготовленных на основе четырех проб нефтей с различными физико-химическими свойствами.

На рисунке 4 видно, что при увеличении плотности нефти при ее перемешивании увеличивается и количество капель наименьшего диаметра. Водонефтяная эмульсия на основе самой смолистой и парафинистой нефти пробы 28 имеет больше мелких капель нежели крупных по сравнению с другими образцами водонефтяных эмульсий.



а

б

в

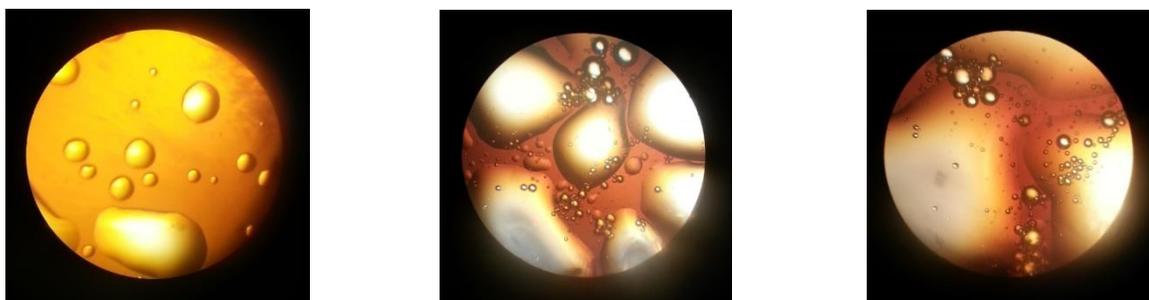
г

Рисунок 4 – Водонефтяные эмульсии с начальной обводненностью 20%, приготовленные при режиме перемешивания 2000 об./мин на основе проб:

а – 59 проба; б – 8 проба; в – 28 проба; г – 31 проба

### 3.3.2. Влияние начальной обводненности водонефтяных эмульсий на размеры капель

При увеличении начальной обводненности водонефтяной эмульсии в процессе ее перемешивания увеличивается количество мелких капель, а также количество крупных за счет их коалесценции, увеличивается диапазон размеров капель воды в приготовленных эмульсиях (рис. 5).



а

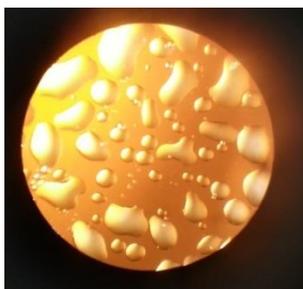
б

в

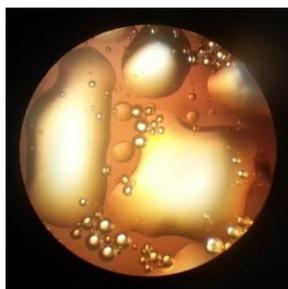
Рисунок 5 – Водонефтяные эмульсии пробы 8, приготовленные при режиме перемешивания 1000 об./мин с начальной обводненностью:

а – 10%; б – 20%; в – 30%

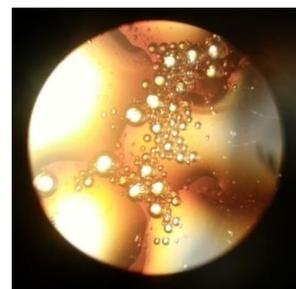
А при увеличении скорости перемешивания эта зависимость проявляется более заметно (рис. 6).



а



б



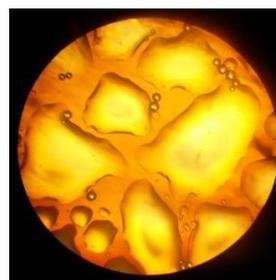
в

Рисунок 6 – Водонефтяные эмульсии пробы 8, приготовленные при режиме перемешивания 2000 об./мин с начальной обводненностью:  
а – 10%; б – 20%; в – 30%

Так же на примере водонефтяных эмульсий на основе нефтей проб 59 (рис. 7) и 31 (рис. 8) можно наблюдать, что при увеличении начальной обводненности увеличивается количество как маленьких, так и больших капель.



а

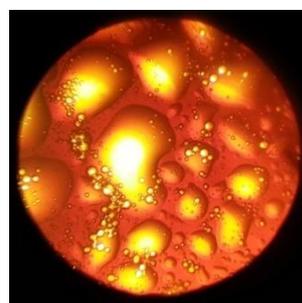


б

Рисунок 7 – Водонефтяные эмульсии пробы 59, приготовленные при режиме перемешивания 2000 об./мин при начальной обводненности:  
а – 10%; б – 20%



а



б

Рисунок 8 – Водонефтяные эмульсии пробы 31, приготовленные при режиме перемешивания 2000 об./мин при начальной обводненности:  
а – 10%; б – 20%

Таким образом, во всех рассмотренных случаях с увеличением обводненности при одинаковой интенсивности перемешивания увеличивается диапазон размеров капель и их количество, и уменьшается минимальный размер капли.

### 3.3.3. Влияние интенсивности перемешивания при приготовлении водонефтяных эмульсий на размеры капель

Опыты по исследованию зависимости размера капель от интенсивности перемешивания проводились при режимах перемешивания 1000 и 2000 оборотов в минуту.

С увеличением интенсивности перемешивания увеличивается диапазон размеров капель (рис. 9-11).

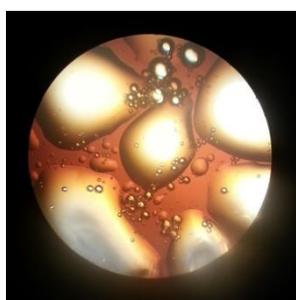


а

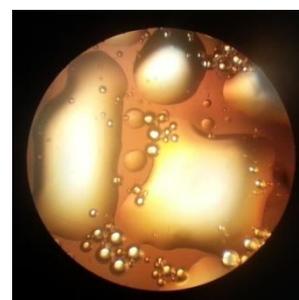


б

Рисунок 9 – Водонефтяные эмульсии пробы 8 с начальной обводненностью 10%, приготовленные при режиме перемешивания:  
а – 1000 об./мин; б – 2000 об./мин

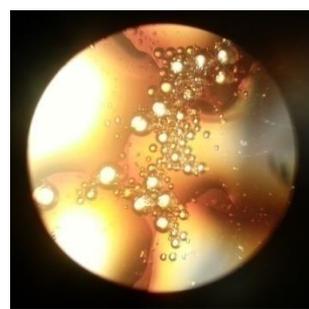
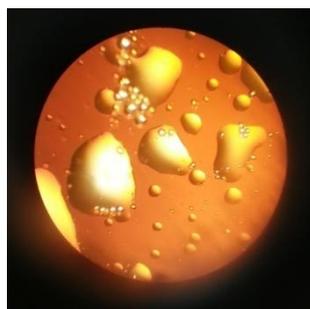


а



б

Рисунок 10 – Водонефтяные эмульсии пробы 8 с начальной обводненностью 20%, приготовленные при режиме перемешивания:  
а – 1000 об./мин; б – 2000 об./мин



а

б

Рисунок 11 – Водонефтяные эмульсии пробы 8 с начальной обводненностью 30%, приготовленные при режиме:  
а – 1000 об./мин; б – 2000 об./мин

С учетом кратности увеличения микроскопа по фотографическим снимкам были определены диаметры капель свежеприготовленных эмульсий для всех исследований. Результаты измерений приведены в таблице 5.

Таблица 5 –Диаметры капель

Начальная обводненность	$d_{max}$ , мм						
	$\gamma_1$ (1000 об./мин)			$\gamma_2$ (2000 об./мин)			
	Пр.59	Пр.8	Пр.31	Пр.59	Пр.8	Пр. 28	Пр.31
10%		0,229		0,196	0,160		0,078
20%	0,130	0,123		0,081	0,158	0,047	0,019
30%		0,121			0,128		

#### 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследовалась динамика процесса отстаивания для всех вариантов приготовления эмульсий и двух температур проведения процесса: 20°C и 50°C. Протоколы экспериментальных исследований приведены в приложении А.

Результаты исследования влияния температуры на результаты процесса отстаивания приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Количество отстоявшейся воды в процессе отстаивания (обводненность 20%, режим перемешивания 2000 об./мин)

Проба	Количество отстоявшейся воды, мл (время завершения процесса отстаивания)	
	20°C	50°C
59	17 (50 мин)	18 (28 мин)
8	18 (31 мин)	19 (8 мин)
28	17,5 (66 мин)	18 (48 мин)
31	0	16 (60 мин)

В результате исследований выявлено, что процессы отстаивания при 50°C протекают быстрее и эффективнее для всех типов нефтей, используемых для приготовления эмульсий.

По результатам проведенных опытов были построены графики зависимости количества отстоявшейся воды от времени.

На рисунке 12 видно, что с увеличением начальной обводненности водонефтяных эмульсий увеличивается время их отстаивания. А также видно, что при большей обводненности эмульсии отстаивание идет быстрее в начале процесса.

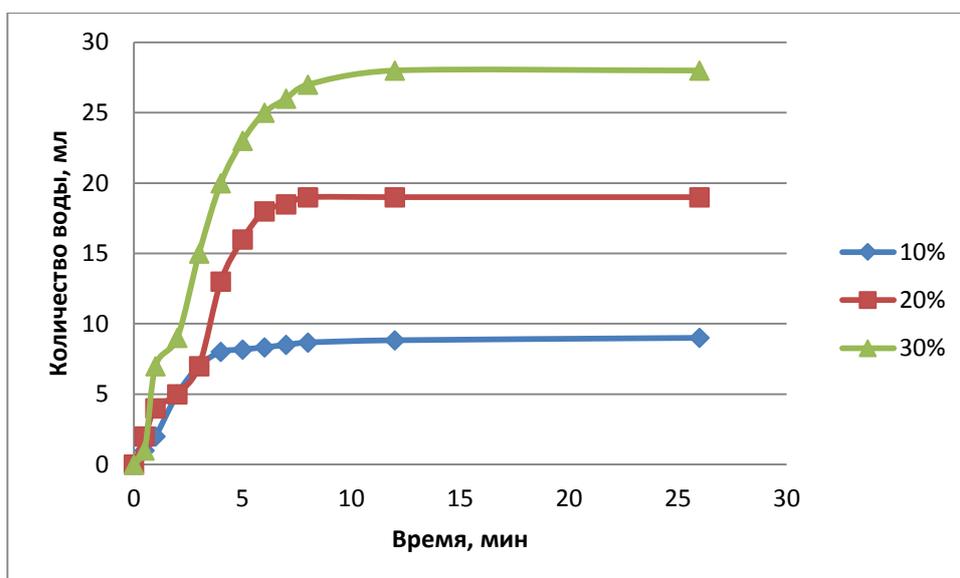


Рисунок 12 – Динамика отстаивания водонефтяной эмульсии (проба 8, приготовленная при режиме перемешивания 2000 об./мин, отстаиваемая при 50°C с начальной обводненностью 10%, 20% и 30%)

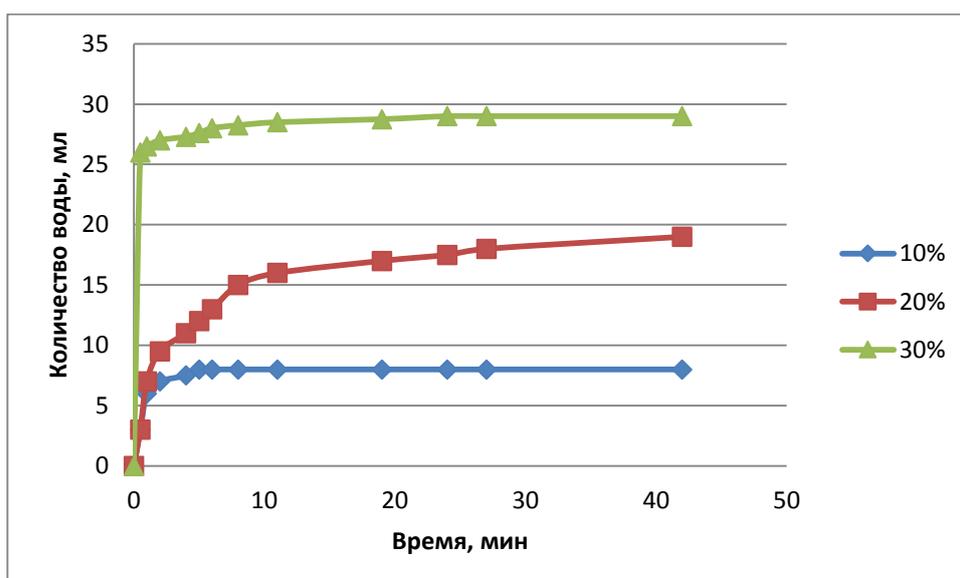


Рисунок 13 – Динамика отстаивания водонефтяной эмульсии (проба 8, приготовленная при режиме перемешивания 1000 об./мин, отстаиваемая при 20°C с начальной обводненностью 10%, 20% и 30%)

При увеличении температуры отстаивания от 20°C до 50°C процесс идет быстрее и водонефтяные эмульсии расслаиваются эффективнее (рисунки 13, 14).

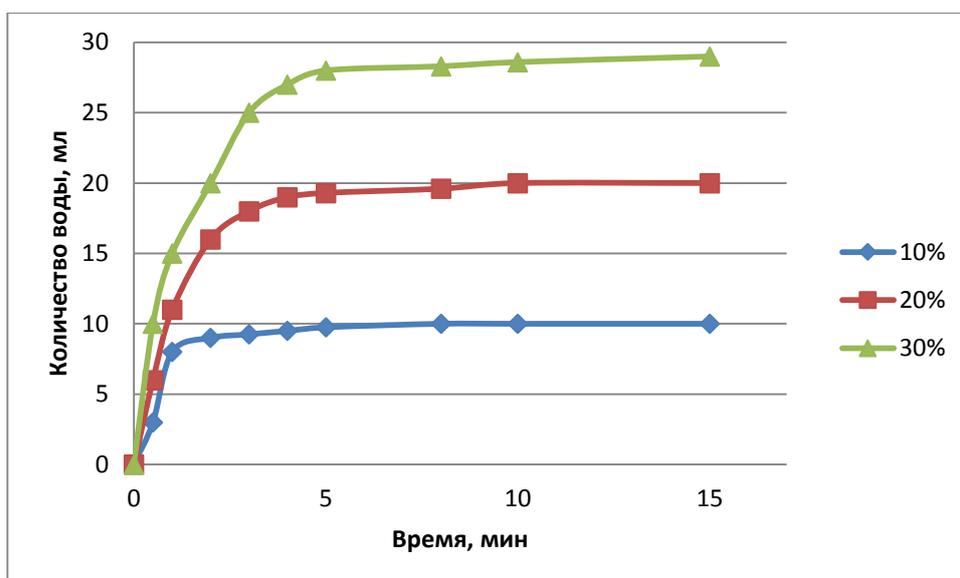


Рисунок 14 – Динамика отстаивания водонефтяной эмульсии (проба 8, приготовленная при режиме перемешивания 1000 об./мин, отстаиваемая при 50°C с начальной обводненностью 10%, 20% и 30%)

Из графика на рисунке 15 видно, что при более интенсивном перемешивании образуется более стойкая водонефтяная эмульсия и процесс отстаивания идет менее эффективно.

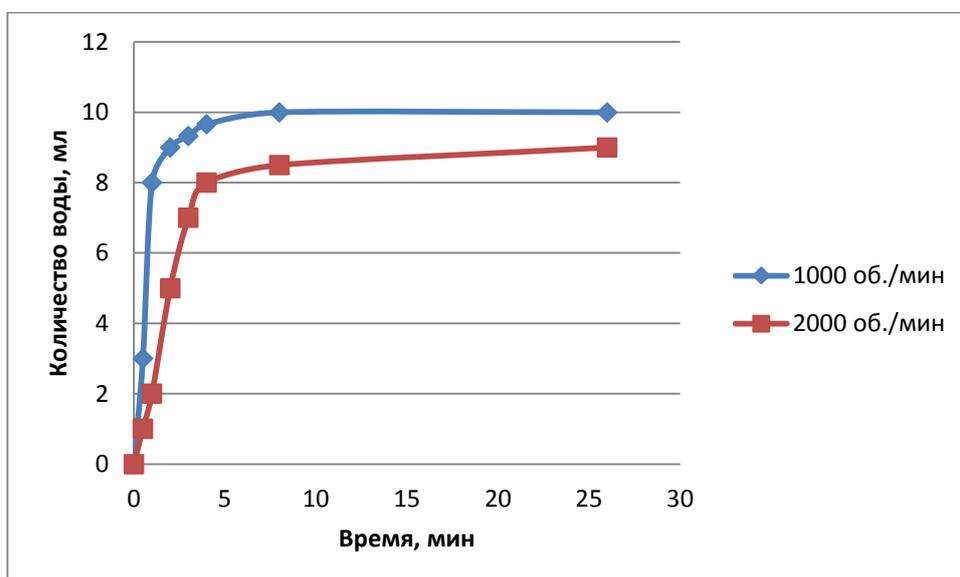


Рисунок 15 – Динамика отстаивания водонефтяной эмульсии (проба 8 с начальной обводненностью 10%, отстаиваемая при 50°C, приготовленная при режимах перемешивания 1000 об./мин и 2000 об./мин)

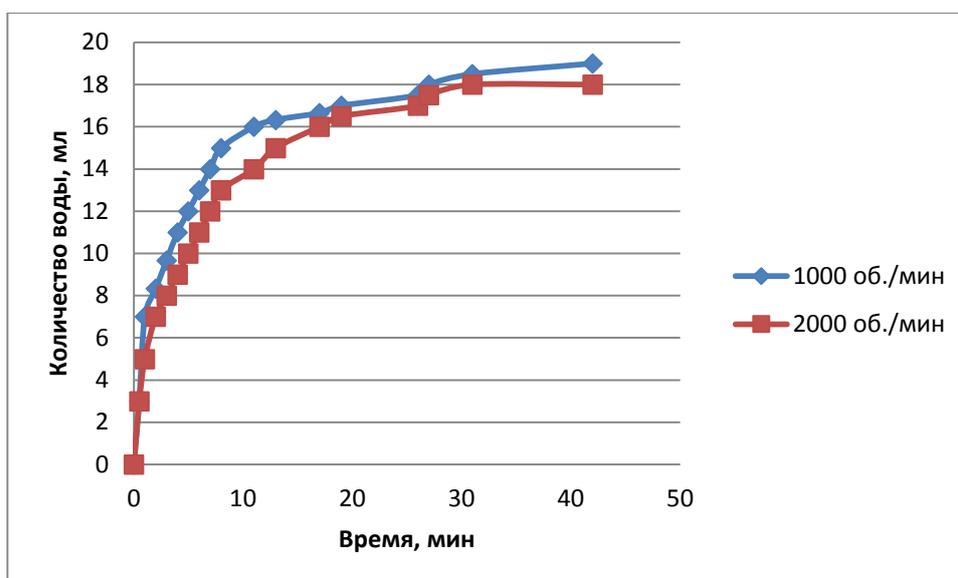


Рисунок 16 – Динамика отстаивания водонефтяной эмульсии (проба 8 с начальной обводненностью 20%, отстаиваемая при 20°C, приготовленная при режимах перемешивания 1000 об./мин и 2000 об./мин)

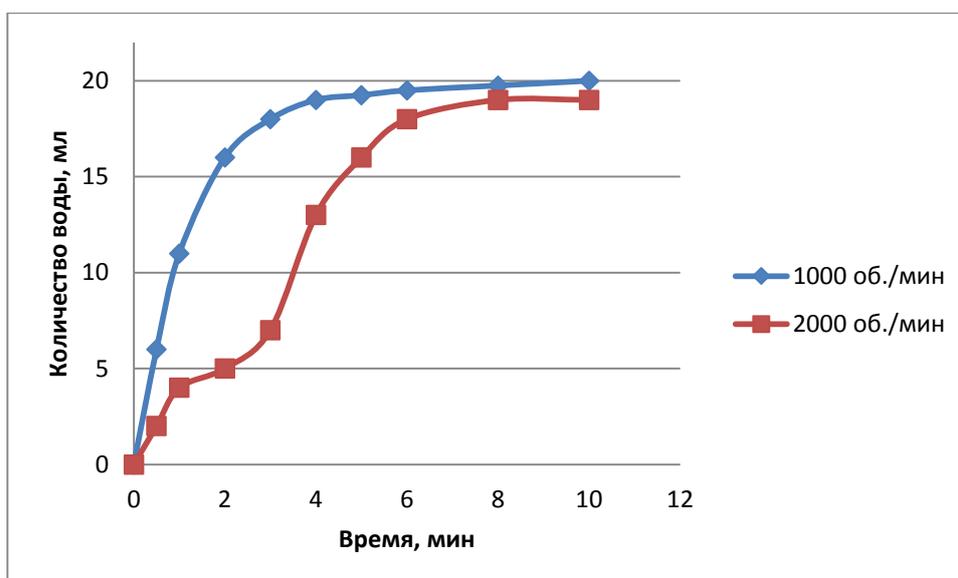


Рисунок 17 – Динамика отстаивания водонефтяной эмульсии (проба 8 с начальной обводненностью 20%, отстаиваемая при 50°C, приготовленная при режимах перемешивания 1000 об./мин и 2000 об./мин)

Из графиков на рисунках 16 и 17 можно проследить, что эмульсии, образованные при перемешивании 1000 об./мин расслаиваются полностью или почти полностью.

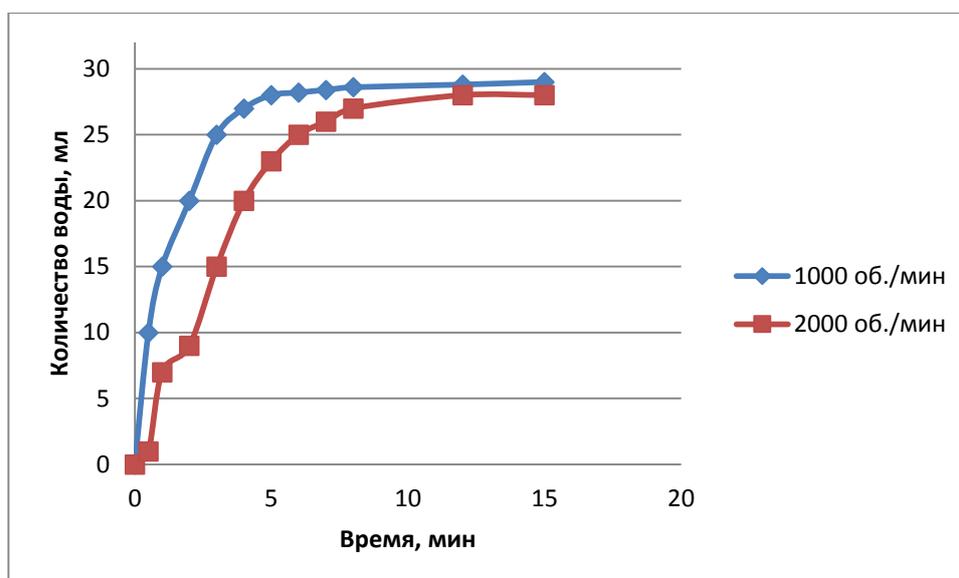


Рисунок 18 – Динамика отстаивания водонефтяной эмульсии (проба 8 с начальной обводненностью 30%, отстаиваемая при 50°C, приготовленная при режимах перемешивания 1000 об./мин и 2000 об./мин)

Таким образом, на основе экспериментальных исследований выявлены следующие тенденции:

- С увеличением обводненности при одинаковой интенсивности перемешивания увеличивается диапазон размеров капель и уменьшается минимальный размер капли;
- С увеличением интенсивности перемешивания также увеличивается диапазон размеров капель и уменьшается минимальный размер капли;
- С увеличением температуры отстаивания происходит: более эффективное расслоение эмульсии в начале процесса отстаивания и уменьшается количество диспергированных капель в отстоявшейся эмульсии; увеличивается количество отстоявшейся воды и уменьшается время завершения процесса отстаивания;

Полученные экспериментальные данные позволят в дальнейшем получить зависимость максимального диаметра капель воды в водонефтяной эмульсии от начальной обводненности, интенсивности перемешивания и свойств нефти, а также выявить связь дисперсности с остаточной обводненностью отстоявшейся эмульсии.

## **5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **5.1 Предпроектный анализ**

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

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

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. Для данного проекта целевым рынком являются предприятия химической отрасли.

Продукт (результат НИР) – процесс отстаивания водонефтяных эмульсий

#### **5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

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

В таблице 7 представлен сравнительный анализ научного исследования (Ф), разработанного в рамках выполнения ВКР и двух конкурентных исследований (К1) и (К2), выполненных в 2015 и 2016 годах соответственно.

Таблица 7 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
2. Удобный в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,06	5	5	4	0,30	0,30	0,24
3. Помехоустойчивый	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
4. Энергосберегающий	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
5. Надежный	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18
6. Уровень шума	0,05	3	4	2	0,15	0,20	0,10
7. Безопасный	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
8. Требуется ресурсов памяти	0,05	4	3	4	0,20	0,15	0,20
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,06	3	4	4	0,18	0,24	0,24
10. Простота эксплуатации	0,08	5	4	4	0,40	0,32	0,32
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,20

продукта							
2. Уровень проникновения на рынок	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
3. Цена	0,03	5	4	5	0,15	0,12	0,15
4.Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	4	3	4	0,12	0,09	0,12
5.Послепродажное обслуживание	0,02	4	4	3	0,08	0,08	0,06
6. Финансирование научной разработки	0,03	4	3	5	0,12	0,09	0,15
7. Срок выхода на рынок	0,04	5	3	4	0,20	0,12	0,16
8. Наличие сертификации разработки	0,03	5	5	4	0,15	0,15	0,12
Итого	<b>1</b>	<b>86</b>	<b>77</b>	<b>78</b>	<b>4,32</b>	<b>3,85</b>	<b>3,89</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (6)$$

где  $K$  – конкурентоспособность инженерного решения или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. SWOT-анализ применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться. Он проводится в несколько этапов.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Экономичность</p> <p>С2. Мобильность рабочего места</p> <p>С3. Экологичность технологии</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Длительный анализ</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт научных исследований</p> <p>В3. Переход нефтеперерабатывающей отрасли на ресурсосберегающие технологии</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <p>1 Анализ позволяет использовать данные для определения методики исследования процесса отстаивания.</p> <p>2 Невысокая затратность проекта может привлечь больше сотрудников и исполнителей.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <p>1. Повышение квалификации кадров</p> <p>2. Привлечение новых заказчиков</p> <p>3. Разработка научного исследования</p> <p>4. Приобретение необходимого оборудования опытного образца</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Низкий спрос на новые технологии производства</p> <p>У2. Ограничение на экспорт технологии</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</p> <p>1. Продвижение новой технологии с целью появления спроса</p> <p>2. Изучение законодательной</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</p> <p>1. Повышение квалификации кадров</p> <p>2. Привлечение новых заказчиков</p> <p>3. Продвижение новой технологии с целью</p>

	базы 3.Сертификация продукции	появления спроса 4. Отсутствие прототипа научной разработки говорит об отсутствии спроса на новые технологии и отсутствии конкуренции проекта.
--	-------------------------------------	--

#### 5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 9 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	4
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	4
Проведены маркетинговые	3	3

исследования рынков сбыта		
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	2
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	4
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
Проработан механизм реализации научного проекта	2	4
<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>38</b>	<b>49</b>

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (7)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Значение степени проработанности научного проекта составило 38, что говорит о средней перспективности. Значение уровня имеющихся знаний у разработчика составило 49 баллов, т. е. перспективность выше среднего.

### **5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Методом коммерциализации научной разработки был выбран инжиниринг. Данный метод как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

## **5.2. Планирование научно – исследовательских работ**

### **5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования**

В данном разделе составлен перечень этапов проведения работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследования	1	Введение	Руководитель
Теоретическое обоснование и проведение экспериментальных исследований	2	Литературный обзор	Бакалавр
	3	Постановка задачи исследования	Бакалавр
	4	Экспериментальная часть	Бакалавр
Обобщение полученных результатов, выводы по проделанной работе	5	Результаты обсуждения	Бакалавр, руководитель
	6	Разработка презентации и раздаточного материала	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	7	Оформление	Бакалавр

## 5.2.2. План проекта

Таблица 11 - Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Введение	5	12.10.15	17.10.15	Кузьменко Е.А.
2	Литературный обзор	13	18.10.15	31.10.15	Полякова К.А.
3	Постановка задачи исследования	6	01.11.15	7.11.15	Полякова К.А.
4	Экспериментальная часть	105	08.11.15	31.03.16	Полякова К.А.
5	Результаты и обсуждения	14	01.04.16	15.04.16	Кузьменко Е.А., Полякова К.А.
6	Разработка презентации и раздаточного материала	14	16.04.16	30.04.16	Полякова К.А.
7	Оформление	7	01.05.16	08.05.16	Полякова К.А.

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основе табл. 11 построен календарный план-график (табл.12) по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования.

Таблица 12 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	T <sub>к</sub> , кал, дн	Продолжительность выполнения работ														
			10.15		11.15		12.15		02.16		03.16		04.16		05.16		
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Введение	Руководитель	5		■													
Литературный обзор	Бакалавр	13			■												
Постановка задачи исследования	Бакалавр	6				■											
Экспериментальная часть	Бакалавр	105					■	■	■	■	■	■	■				
Результаты и обсуждения	Бакалавр, руководитель	14												■			
Разработка презентации и раздаточного материала	Бакалавр	14													■		
Оформление	Бакалавр	7														■	

■ – бакалавр;      ■ – руководитель

### Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемая трудоемкость выполнения:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (8)$$

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

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

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

Ожидаемая трудоемкость для этапов работы приведенных в таблице 4 рассчитывается по формуле (8):

$$t_{\text{ож}1} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4, \text{ чел.-дн.}$$

Для этапов 2 – 7 расчет аналогичен.

Продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} \quad (9)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

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

Продолжительность каждого этапа работы приведенных в таблице 12 рассчитывается по формуле (9):

$$T_{p1} = \frac{1,4}{1} = 1,4$$

Для этапов 2 – 7 расчет аналогичен.

### Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (10)$$

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.

Продолжительность выполнения каждого этапа работы приведенных в Таблице 10 рассчитывается по формуле (10).

$$T_{k1} = 1,4 \cdot 1,48 = 2,08 = 2$$

Для этапов 2-7 расчет аналогичен.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (11)$$

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 119} = 1,48$$

### 5.3. Бюджет научного исследования

#### 5.3.1 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расхи}} \quad (12)$$

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

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

$\Pi_i$  – 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 13.

Таблица 13 - Расчет затрат на сырье

№ п/п	Наименование затрат	Единица измерений	Расход	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
1	Нефть	л	6	23,04	138,24
2	Органический растворитель	л	0,6	150	90
3	Поваренная соль	кг	0,08	32	2,56
Итого					230,8

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

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Мощность электроприбор, кВт	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Аналитические весы	1	15000		15000
2	Сушильный шкаф	1	13000	2	13000
3	Колба плоскодонная 500мл	2	262		524
4	Колба 250 мл	2	92		184

5	Мерный цилиндр 100мл	3	88		264
6	Мерный цилиндр 1000мл	1	630		630
7	Мерный стакан 100 мл	1	34		34
8	Пипетка градуированная 10 мл	6	165		990
Итого:					30626

### 5.3.3 Расчет затрат на электроэнергию

Расчет затрат на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_э = \sum N_i \cdot T_э \cdot Ц_э \quad (13)$$

где  $N_i$  - мощность электроприборов по паспорту, кВт;

$T_э$  - время использования электрооборудования, час;

$Ц_э$  - цена одного кВт\*ч, руб.

$Ц_э$  – 2,9 руб/ кВт\*ч

$$E_э = \sum N_i \cdot T_э \cdot Ц_э = 614,5 \text{ р.}$$

### 5.3.4 Расчет заработной платы исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 10 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ.

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (14)$$

Расчет основной заработной платы сводится в табл. 15.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Трудоемкость, чел.-дн. Тр	Основная заработная плата		
		Заработная плата приходящаяся на один чел.-дн. Руб-дн	Месячная зарплата, руб./мес.	С учетом районного коэффициента, $k_p=1,3$
Руководитель	13	1057,11	27484,86	17865,16
Бакалавр	111	317,10	6976,22	35198,1
Итого		53063,26		

### 5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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 по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (15)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Социальные отчисления и дополнительная заработная плата

Исполнитель	Заработная плата исполнителей темы	Социальные отчисления				
		ПФР (22%)	ФСС (2,9%)	ФОМС (5,1%)	Страхование по классу опасности (0,5%)	Итого
Руководитель проекта	17865,16	3930,3	518,1	911,1	89,3	5448,8
Итого						5448,8

### 5.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (16)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 18%.

### 5.3.7 Формирование бюджета затрат научно исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Текущий проект	Аналог1	Аналог1
1. Материальные затраты НИИ (Сырье)	230,8	300	350
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	30626	31500	32000
3. Затраты на электроэнергию	614,5	650	700
4. Затраты по заработной плате исполнителей темы	53063,3	57450	58350
5. Социальные отчисления	5448,8	5400,7	5600,6
6. Накладные расходы	2500	2000	2400
7. Бюджет затрат НИИ	92483,4	97300,7	99400,6

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

#### **5.3.8.1 Оценка сравнительной эффективности исследования**

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех и более вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (17)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$\text{Для нашей разработки: } I_{\text{финр}}^p = \frac{92483,4}{99400,6} = 0,98$$

$$\text{Для первого аналога: } I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{97300,7}{99400,6} = 0,96$$

$$\text{Для второго аналога: } I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{99400,6}{99400,6} = 1$$

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).

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности ( $I_p$ ) представлены в таблице 12.

$$\text{Для нашей разработки: } I_p^p = 4,32$$

$$\text{Для первого аналога: } I_p^{a1} = 3,85$$

$$\text{Для второго аналога: } I_p^{a2} = 3,89$$

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

$$I_{\text{эф}}^p = \frac{I_p^p}{I_{\text{финр}}^p}; \quad I_{\text{эф}}^a = \frac{I_p^a}{I_{\text{финр}}^a} \quad (18)$$

$$\text{Для нашей разработки: } I_{\text{эф}}^p = \frac{4,32}{0,96} = 4,41$$

$$\text{Для первого аналога: } I_{\text{эф}}^{a1} = \frac{3,85}{0,96} = 4,01$$

Для второго аналога:  $I_{\text{эф}}^{a2} = \frac{3,89}{1} = 3,89$

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

$$\text{Э}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{эф}}^p}{I_{\text{эф}}^a} \quad (19)$$

где  $\text{Э}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{эф}}^p$  – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{эф}}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Разработка	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,96	0,98	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,85	4,32	3,89
3	Интегральный показатель эффективности	4,01	4,41	3,89
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,09		1,13

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым

## 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является одним из национальных приоритетов в целях сохранения человеческого капитала. Для этого применяется комплекс мер, содержащий правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [29].

В Статье 37 [30] изложены требования безопасности, обеспечивающие охрану здоровья и условий труда на предприятии. На основании Конституции РФ базируется ряд законов и нормативных актов, уточняющих и расширяющих понятие охраны и защиты труда. Трудовой кодекс, охватывает вопросы от правового возникновения трудовых отношения, до детального рассмотрения трудового договора, времени отдыха и профессиональной подготовки работника, охраны труда, разрешения трудовых споров и т.д. Для обеспечения соблюдения требований охраны труда на предприятии существует ряд служб, в качестве которых выступают федеральные органы и органы исполнительной власти субъектов РФ [29]. Государственный надзор за исполнением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, осуществляют Генеральный прокурор Российской Федерации и подчиненные ему прокуроры в соответствии с федеральным законом. Согласно [32] непосредственно на предприятии проводится социальная оценка условий труда уполномоченной организацией.

Правовые аспекты взаимоотношений работодателей и работников в области охраны труда (гарантии, права и обязанности работников; обязанности работодателей; полномочия органов государственной власти в области охраны труда и т.д.) изложены в правовом документе [31]. При выполнении бакалаврской работы наиболее важными являются разделы, посвященные рабочему месту. Работник должен быть проинформирован об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске

повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных или опасных производственных факторов. Согласно Статье 8, рабочее место должно соответствовать требованиям охраны труда и быть защищенным от влияния вредных и (или) опасных производственных факторов и её организация должна соответствовать правовым нормам, а также антропометрическим, социальным, психофизическим данным работника [31].

Так документ [33] является межгосударственным стандартом, и содержит практические рекомендации, предназначенные для использования всеми, на кого возложена ответственность за управление охраной труда [29].

Экспериментальная часть бакалаврской работы осуществлялась в лаборатории на кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики. Технологический процесс включает в себя следующие виды работ: работу с нефтью, с растворителями, работу с оборудованием. Данное помещение оборудовано рабочими местами для проведения химических экспериментов, вентиляционной системой для работы с летучими веществами, имеется ряд аппаратов для проведения опытов и дальнейшего анализа результатов, шкафы для хранения лабораторной посуды. Также в аудитории находится аптечка первой медицинской помощи, углекислотный огнетушитель для тушения пожара. При лаборатории так же есть весовая комната, склад, моечная. Рабочее место – лабораторный стол и вытяжной шкаф. Объект исследования – процесс отстаивания водонефтяных эмульсий. Область применения – нефтедобыча.

### **6.1. Производственная безопасность**

Работа в химической лаборатории регулируется техникой безопасности предприятия и требует соблюдения предписанных норм. При работе в лаборатории на человека могут воздействовать следующие опасные производственные факторы [34]:

- поражение электрическим током;

- возникновение пожара;
- возможность механического травмирования;
- возможность термического или химического ожога.

К вредным физическим производственным факторам относятся:

- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума, вибрации и различных излучений;
- пониженная или повышенная влажность и подвижность воздуха рабочей зоны;
- недостаточная освещенность рабочих мест
- повышенная яркость света и пульсация светового потока.

### **6.1.1 Анализ вредных факторов на рабочем месте**

#### *Работа с нефтепродуктами*

При работе с нефтью и нефтепродуктами, являющимися легковоспламеняющимися и ядовитыми веществами, необходимо применять индивидуальные средства защиты по типовым отраслевым нормам, утвержденным Государственным комитетом СССР по труду и социальным вопросам и ВЦСПС [35].

При работе с нефтями и нефтепродуктами, которые легко воспламеняются, необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- Сосуды с нефтепродуктами (питающие бюретки, приемники, колбы) нельзя держать вблизи огня;
- Для тушения пламени нефтепродуктов нельзя применять воду. Загоревшийся нефтепродукт надо тушить песком или струей углекислоты из огнетушителя; загоревшийся предмет накрыть кошмой. При возникновении пламени следует немедленно выключить все приборы, убрать все горючее, находящееся вблизи горящего предмета;
- На рабочем месте в лаборатории количество горючего материала

должно быть минимально необходимым для данного опыта или анализа;

- При ожогах обожженное место смазывают специальной мазью от ожогов или смачивают крепким раствором перманганата калия (или этиловым спиртом).

#### *Работа с нефрасом – органическим растворителем*

При работе с растворителями важно помнить об их высокой токсичности, а также о том, что неаккуратное обращение с этими веществами опасно для здоровья и для жизни.

А также важно помнить о том, что защищать, прежде всего, необходимо три стратегически важных участка, а также органы тела:

1. Руки, так как они непосредственно контактируют с растворителем и при неправильном обращении, может возникнуть химический ожог.

2. Рот, нос как органы дыхания, поскольку можно запросто надыхаться парами растворителя и получить химическое отравление.

3. Глаза, так как в них могут попасть капли и брызги от растворителя.

Именно поэтому так важно надевать правильную одежду для того, чтоб максимально сократить вероятный вред, который может нанести растворитель человеческому организму. Прежде всего, нужно надеть фартук, завязать и спрятать под шапочку волосы, защитить руки перчатками, а нос и рот – респираторам. Также нужно надеть очки.

#### *Уровень акустического шума и вибрации*

Шум, как раздражающий фактор, оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. При работе в лаборатории возможно появление нервного напряжения и снижение работоспособности. Источники шума - системы вентиляции и отопления.

В соответствии [36] уровень шума на рабочем месте лаборанта не должны превышать значений 50 дБА. В помещениях всех типов образовательных учреждений уровень вибрации не должен превышать допустимых значений в соответствии с [37]. Рабочее место не имеет собственных источников вибрации, но испытывает общетехнологические

воздействия. Следовательно, согласно классификации по источнику возникновения вибрации, рабочее место относится к Категории 3 и Типу В [37].

#### *Освещение на рабочем месте*

Согласно [38] в химических лабораториях организовано естественное освещение через светопроемы, обеспечивающее коэффициенты естественной освещенности (КЕО) не ниже 1.5%. Искусственное освещение представлено комбинированной системой.

Согласно пункту 6.15 [38] для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

#### *Содержание вредных химических веществ*

Необходимо уделить внимание нормам ПДК вредных химических веществ, так как рабочее место располагается на кафедре, оснащенной оборудованием для проведения работ с химическими реактивами. Согласно [39] рабочая зона представляет собой пространство высотой до двух метров над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих. Содержание вредных химических веществ в воздухе помещений во всех типах образовательных учреждений, не должно превышать предельно допустимых среднесуточных концентраций для атмосферного воздуха в соответствии с источником [39].

Таблица 19 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Особенности воздействия на организм
-----------------------	---------------------------------	---	-----------------	-------------------------------------

Бензол <sup>+</sup>	15/5	п	II	К
Гексан	300	п	IV	
Пентан	300	п	IV	

Примечания:

Если в графе "Величина ПДК" приведены две величины, то это означает, что в числителе максимальная, а в знаменателе - среднесменная ПДК.

п - пары и/или газы;

К - канцерогены;

### 6.1.2 Анализ опасных факторов на рабочем месте

#### *Электробезопасность*

Согласно классификации помещений по электробезопасности дипломный проект разрабатывался в помещении без повышенной опасности (класс 01 по ГОСТ 12.1.019 – 85), характеризующимся наличием следующих условий [40]:

- напряжение питающей сети 220В, 50Гц;
- относительная влажность воздуха не более 75%;
- средняя температура не более 35°С.

При нормальном режиме работы оборудования опасность электропоражения невелика, однако, возможны режимы, называемые аварийными, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящихся под напряжением с заземленными конструкциями.

Основными техническими способами и средствами защиты от поражения электрическим током являются:

- защитное зануление;

- выравнивание потенциалов;
- защитное заземление;
- электрическое разделение сети;
- изоляция токоведущих частей;
- оградительные устройства и другое.

Такие способы, как защитное заземление и изоляция применяются в помещении отдела разработки печатных плат. Из реально возможных аварийных случаев можно выделить пробой изоляции. В лаборатории отдела разработки печатных плат не имеется не защищенных изоляцией токоведущих частей электроустановок. Для контроля состояния электрической изоляции проводов, производят периодические испытания изоляции. Периодическое измерение сопротивления изоляции позволяет своевременно выявить и устранить повреждения.

#### *Пожаробезопасность*

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [41].

В каждом рабочем помещении должны быть в наличии огнетушители и песок, а в помещениях с огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами - дополнительные средства пожаротушения (порошковыми огнетушителями, сухим песком, лопатами, ведрами, листовым асбестом, кошмой, суконными одеялами и рукавицами).

Пожарную опасность могут создать электрический ток, искрение, перегрев при плохом соединении проводов, а так же короткое замыкание.

Очень часто пожары в химических лабораториях возникают в результате работы с огнеопасными веществами; к ним относится большое число органических растворителей и взрывчатые вещества.

Огнеопасные вещества требуют осторожности не только при работе с ними, но и при хранении их на складах.

Нерастворимые в воде органические вещества следует тушить песком или же накрыванием асбестом или кошмой. Нужно именно накрывать ими очаг пожара, а не набрасывать, чтобы горящие брызги не разлетались в стороны.

Если горящее вещество растворимо в воде (например, спирт или ацетон), его можно гасить водой. Во всех случаях весьма пригодным средством тушения является четыреххлористый углерод. При соприкосновении с огнем он образует тяжелые пары, обволакивающие горящее место; доступ воздуха уменьшается и горение прекращается.

Для тушения пожаров в лаборатории должны быть огнетушители пенные (ОХП-10, ОВП-10 и ОПК-1,5), газовые-углекислотные (ОУ-2, ОУ-5), порошковые (Спутник, Момент-2, ОП-2Б).

## **6.2. Экологическая безопасность**

Химические лаборатории являются источниками опасного для окружающей среды мусора [42].

Опасные отходы собирают в специальных контейнерах, соблюдая установленное законодательство. Для сбора каждого типа отхода необходимо использовать специальные контейнеры, их предоставляет университет. Эти контейнеры возвращают в место хранения опасных отходов, причем контейнеры нельзя наполнять более чем на 90% (чтобы избежать разливов при транспортировке). Контейнеры необходимо запечатать и соответствующим образом подписать. В противном случае утилизирующие компании не примут эти контейнеры.

Сточные воды представляют собой любые жидкости, которые выливают в раковину. В идеальном случае они содержат только воду. В ежедневной практике они обычно включают водные растворы, которые

предварительно нейтрализуют до рН от 6 до 8, и не содержат тяжелых металлов.

В процессе утилизации сточных вод должны соблюдаться предельные концентрации, принятые для бытовых сточных вод. Необходимо подчиняться установленным правилам, которые запрещают разбавлять сточные воды с целью достижения предельно допустимых концентраций. Если пороговые величины превышены в два раза, это может повлечь судебное преследование. В канализацию можно сливать только разрешенные вещества и которые не относятся к опасным веществам; вещества, сливаемые в канализацию, должны быть безопасными для окружающей среды и не создавать технологических помех при работе станций водоочистки.

Основные параметры, существенные для качества сточных вод:

- Величина рН для сточных вод должна находиться в интервале от 6,0 до 10,5.

- Температура не должна превышать 35°C.

- Токсичность сточных вод должна быть меньше такой, при которой вещество воздействует на биологические процессы на станциях водоочистки, переработки ила и его утилизации.

Воздействие на атмосферу и литосферу со стороны химической лаборатории отсутствует.

Правовую основу охраны окружающей среды и обеспечения необходимых условий жизнедеятельности составляют: Закон РСФСР "Об охране окружающей природной среды", Водный кодекс РФ, Земельный кодекс РСФСР, законы РФ "О недрах", "Об экологической экспертизе", "Об охране атмосферного воздуха".

### 6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

#### *Возможные ЧС при работе в лаборатории*

Наиболее вероятными источниками несчастных случаев являются: неумелое обращение с химическими веществами (отравление, химические ожоги, пожары, взрывы, аллергии), с лабораторными приборами (поражение электрическим током, термические ожоги и травмы), а также со стеклянными приборами и посудой (порезы и т.д.). Только хорошая организация и охрана труда, строгое соблюдение правил работы и мер безопасности, соблюдение трудовой и учебной дисциплины позволяют полностью исключить возможность несчастных случаев и аварий в лабораториях.

#### *Превентивные меры по предупреждению пожара*

Смешение различных химреактивов, находящихся в арсенале химической лаборатории, может привести к возгоранию, взрывам или образованию токсических продуктов.

Ведя работу, которая может сопровождаться вспышкой, надо не только брать наименьшее количество вещества для опыта, но и вести работу вдали от легковоспламеняющихся веществ.

В каждой лаборатории должна быть составлена инструкция по пожарной безопасности, в которой указываются обязанности каждого работника по предупреждению пожаров и принятию необходимых мер к быстрой их ликвидации.

В целях предупреждения пожаров и взрывов в лабораториях и на складах химреактивов должен быть вывешен перечень химических веществ и материалов, совместное хранение которых не допускается.

Раздельно необходимо также хранить реактивы, способные при горении выделять токсичные пары и газы, затрудняющие процессы тушения и эвакуацию находящихся в помещениях материальных ценностей, а также те, для которых нельзя использовать одинаковые средства пожаротушения.

В помещении лаборатории должны быть первичные средства пожаротушения, прежде всего порошковые огнетушители, ящик с сухим песком, совковая лопата и кошма.

*Действия в результате возникновения пожара и меры по его ликвидации*

К основным правилам ликвидации пожаров в химической лаборатории относятся следующие [43]:

1. Немедленно сообщить по телефону 01 пожарному посту (команде) о загорании или включите пожарную сигнализацию.
2. Перекрыть магистральные вентили, краны газовой сети, вентиляции, обесточить электропроводку.
3. Удалить из лаборатории в безопасное место все огне- и взрывоопасные вещества.
4. Воспользоваться средствами ликвидации пожаров в химической лаборатории для тушения пожара. К ним относятся: вода, огнетушители, асбестовые одеяла, ящики с сухим песком. При выборе средств ликвидации пожаров необходимо учитывать химические превращения, которые могут произойти в условиях повышенной температуры.

Специфика тушения водой. Для ликвидации небольших очагов пламени чаще берут воду из водопроводного крана.

Однако воду нельзя использовать для тушения горящего электрооборудования, находящегося под напряжением; горящих веществ, вступающих с водой в реакцию с выделением тепла или образованием опасных соединений (например, металлический натрий, калий, магний и его сплавы, алюминий в порошке или стружке, карбид кальция и т.п.), а также горящих углеводородов и других не смешивающихся с водой жидкостей, плотность которых меньше единицы, так как при этом они всплывают, и площадь пожара значительно увеличивается.

Во всех случаях, когда процесс горения не может протекать без доступа воздуха, и площадь горения невелика, ее засыпают песком или

плотно накрывают асбестовым одеялом. Асбестовое одеяло используют и при загорании одежды.

Огнетушители. Наиболее эффективны, особенно при больших очагах пожара, огнетушители. Из них чаще используются углекислотные (марки ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8), которые заполняются сжиженным оксидом углерода (IV) под давлением 6 МПа.

Однако они малоэффективны при гашении тлеющих материалов и, кроме того, их нельзя использовать при тушении горячей одежды на человеке (снегообразная масса диоксида углерода при попадании на кожу вызывает обморожение), а также при горении щелочных металлов, поскольку они реагируют с оксидом углерода (IV). Для подавления горения щелочных металлов используют порошковые огнетушители.

#### **6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Правовой основой законодательства в области обеспечения безопасности жизнедеятельности является Конституция – основной закон государства. Законы и иные правовые акты, принимаемые в РФ, не должны противоречить Конституции РФ.

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Отличия и особенности трудовой деятельности работников непременно должны быть учтены в правовом регулировании условий их труда. Это достигается путем применения метода единства и дифференциации норм трудового права, из которого следует, что правовые нормы, в сфере труда делятся на две большие группы [44]:

- 1) общие нормы, распространяющиеся на все категории работников;
- 2) специальные нормы, которые распространяются на отдельные категории работников (женщин; молодежь; лиц, занятых в отдельных

отраслях экономики; работников организаций бюджетной сферы; лиц, работающих на тяжелых и вредных работах; временных и сезонных работников и т.п.).

В основе нормативно - правовых актов в области безопасности жизнедеятельности лежат: Конституция РФ, Трудовой кодекс РФ, Кодекс "Об административных правонарушениях", Гражданский кодекс РФ, Федеральный закон "Об основах охраны труд в РФ", Основы законодательства об охране здоровья граждан, Закон РФ "О санитарно - эпидемиологическом благополучия населения".

#### *Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны*

Заведующий химической лабораторией обязан принимать все меры, необходимые для создания нормальных и безопасных условий труда, а также следить за выполнением установленных правил и норм по охране труда. В частности, на него возлагается:

1. Обеспечение оборудованием химических лабораторий в соответствии с правилами и нормами, имеющимися по технике безопасности.
2. Размещение установок, стендов, оборудования в соответствии с нормами и правилами, обеспечивающими безопасность работы.
3. Обеспечение безопасности рабочих мест и снабжение их надлежащими приборами, инструментом и оборудованием.
4. Составление и вывешивание на видном месте инструкции по безопасности работы всех видов работ, в том числе выполняемых студентами на практических занятиях, по осуществлению надзора за их выполнением.
5. Инструктирование по технике безопасности в установленные сроки вводного и повторного инструктажа сотрудников лаборатории и студентов. Оформление проведенного инструктажа в контрольных журналах.
6. Ежегодная аттестация по технике безопасности сотрудников, выполняющих работу с сильнодействующими ядовитыми взрывоопасными и огнеопасными веществами, а также аттестация работающих на установках

высокого напряжения, высокого давления, высокого вакуума и работающих с применением радиоактивных веществ и источников излучений.

7. Организация безопасного хранения и транспортировки взрывчатых, огнеопасных, ядовитых и радиоактивных веществ, баллонов с сжатыми и сжиженными газами, а также безопасного применения, обезвреживания и уничтожения пришедших в негодность химических препаратов, взрывчатых и ядовитых веществ.

8. Расследование и учет всех несчастных случаев и принятие мер к их устранению.

9. Получение и распределение спецодежды и средств индивидуальной защиты.

10. Обеспечение противопожарной безопасности работ, выполняемых в лаборатории.

Необходимо проводить обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

Во избежание несчастных случаев, следует проводить обучение и проверять знания работников.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате экспериментальных исследований процессов образования и отстаивания водонефтяных эмульсий были выявлены следующие закономерности:

- По влиянию физико-химических свойств нефти: с увеличением плотности нефти и содержания в ней парафинов, смол и асфальтенов увеличивается стойкость приготовленных на ее основе эмульсий, время отстаивания и остаточное содержание воды после завершения процесса отстаивания.
- По влиянию начальной обводненности водонефтяной эмульсии: с увеличением начальной обводненности увеличивается диапазон размеров капель воды в приготовленных эмульсиях; время завершения процесса отстаивания при температуре 20°C для эмульсий, приготовленных при менее интенсивном перемешивании увеличивается, для эмульсий, приготовленных при более интенсивном перемешивании по отношению к 10% и 30% начальной обводненности эта тенденция сохраняется, 20%-я эмульсия расслаивается значительно быстрее, при 50°C начальная обводненность практически на время завершения процесса отстаивания не влияет.
- По влиянию интенсивности перемешивания при приготовлении водонефтяных эмульсий: при увеличении интенсивности перемешивания образуются капли меньших размеров, увеличивается диапазон размеров образовавшихся капель, а также увеличивается остаточная обводненность отстаившихся эмульсий;
- По температуре проведения процесса отстаивания: при увеличении температуры значительно уменьшается время процесса отстаивания и уменьшается остаточное содержание воды, также повышение

температуры до 50°C способствует расслоению стойких эмульсий, которые при 20°C без добавления деэмульгатора не расслаиваются.

Полученные результаты могут быть использованы для анализа и обоснования выбора условий проведения процесса отстаивания водонефтяных эмульсий с различными физико-химическими свойствами при проектировании установок первичной подготовки нефти.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Полякова К.А. Исследование процесса отстаивания водонефтяных эмульсий // Материалы XX Международного научного симпозиума студентов и молодых ученых имени академика М. А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», Томск, 2016.

2. Полякова К.А. Исследование процессов образования и разрушения водонефтяных эмульсий // Материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени профессора Л.П. Кулёва, Томск, 2016. – С. 375-376.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волков А.А., Балашова В.Д., Коновальчук О.Ю. К вопросу разрушения стабильных водонефтяных эмульсий//Нефтепромысловое дело. – 2013. – №5. – С. 40-42.
2. Ермаков С.А. Прогнозирование технологических показателей подготовки нефти в зависимости от свойств продукции, поступающей на установку подготовки // Нефтегазовое дело. – 2007. – № 5. – С. 102–118.
3. Ситдикова С.Р. Применение химических реагентов для совершенствования подготовки нефти: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (07.00.10, 02.00.13) / Ситдикова Светлана Рафкатовна; УГНТУ. – Уфа, 2003. – 23 с.
4. Е.С. Афанасьев, С.Г. Горлов, Ю.П. Ясьян. Факторы стабилизации водонефтяных эмульсий // Нефтепереработка и нефтехимия. 2008. №3. С. 57.
5. Н.А. Небогина, И.В. Прозорова, Н.В. Юдина. Особенности формирования и осадкообразования водонефтяных эмульсий // Нефтепереработка и нефтехимия. 2008. №1. С. 21.
6. Ю.Г.Фролов. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.,Альянс,2004
7. Р.З. Сафиева, Л.А. Магадова, Л.З. Климова, О.А. Борисова. Физико- химические свойства нефтяных дисперсных систем. Под ред. проф. В.Н. Кошелева – М.: Изд. РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2001. - 60 с.
8. Ф. Шерман. Эмульсии. Л., Химия, 1972. – 448 с.
9. Кондрашева, Н. К. Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов. / Н. К. Кондрашева. - Уфа: ООО «Монография», 2010. 149 с.
10. Байков Н.М., Позднышев Г.Н., Мансуров Р.И. Сбор и промышленная подготовка нефти, газа и воды. -М.: Недра, 1981.

11. Кудишова Л.А., Мясников С.К. Приготовление и разрушение эмульсий физическими и комбинированными методами // Успехи в химии и химической технологии. 2010. Т. 24. № 2 (107). С. 26.
12. Голубев И.А. Технология магнитно-фильтровальной очистки нефтезагрязненных сточных вод предприятия ТЭК: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (25.00.36) / Голубев Иван Андреевич; СПбГУ. – Санкт-Петербург, 2014. – 153 с.
13. Новиков М.А. Структурные особенности природных водонефтяных эмульсий: дис. . . магистра техники и технологии: 55.36.00, 55.36.09 / Михаил Александрович Новиков. - г. Москва: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007. - 85с.
14. Теплова Д.А. Развитие технологий и технических средств подготовки нефтей в процессе добычи (на примере месторождений Республики Башкортостан: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (07.00.10) / Теплова Дарья Александровна; УГНТУ. – Уфа, 2015. – 173 с.
15. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. Учебное пособие для вузов. 2-е изд. - М.: Химия, 2001. - 568с.
16. Особенности разделения устойчивой водонефтяной эмульсии на коалесцирующим фильтре с насадками на основе целлюлозы / Ле Тхань Тхань, Зайцев Н.К., Ферапонтова Н.Б. // Режим доступа: <http://www.rosteplo.ru/Tech stat/stat shablon.php?id=2595>.
17. Сваровская Н.А. Подготовка, транспорт и хранение скважинной продукции.: Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 2004. - 268 с.
18. Хафизов А.Р. Сбор, подготовка нефти и газа. Технология и оборудование: Учеб. пособие / А.Р. Хафизов, Н.В. Пестрецов, В.В. Шайдакова // - М.: ОАО «Издательство "Недра"», 2002. - 551с.
19. Захарова Е.Ф. Системный анализ и совершенствование технологических схем сбора и подготовки продукции скважин: дис. . . . к.т.н:

25.00.17 / Елена Федоровна Захарова . - г. Альметьевск: АГНИ, 2004. - 133с.23 Земенков Ю.Д. Промысловый сбор и подготовка нефти.

20. Ермаков С.А. О влиянии асфальтенов на устойчивость водонефтяных эмульсий / С.А. Ермаков, А.А. Мордвинов // Нефтегазовое дело. 2007. - №1.

21. Мастобаев Б.Н. История применения химических реагентов и технологий в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов: дис. . . . д.т.н: 07.00.10,02.00.13 / Борис Николаевич Мастобаев . - г. Уфа: УГНТУ, 2003. - 362с.

22. Р.З. Сахабутдинов. Методика испытаний деэмульгаторов для промышленной подготовки нефти: Методические указания / КГТУ; каф. ХБФ и ХТП; сост. д.т.н. Р.З. Сахабутдинов, к.т.н. Ф.Р. Губайдуллин, д.т.н. проф. Р.Ф. Хамидуллин - Казань: Изд-во КГТУ, 2009. - 35 с.

23. Подготовка. Классификация деэмульгаторов нефтяных эмульсий. Режим доступа: <http://e-him.ru/?article=1369&page=dynamic&section=9>.

24. Юнусов А.А. Промысловая подготовка нефти с использованием электрических полей - оптимизация выбора параметров источников питания. Часть 2 /А.А. Юнусов, А.М. Фомин // Нефтяные технологии. 2003. - №2. - с.18-21.

25. Ковалева Л.А. Определение времени расслоения водонефтяной эмульсии в электромагнитном поле / Л.А.Ковалева, Р.З. Миннигалимов, Р.Р. Зиннатуллин //Технологии нефти и газа. 2010. - №2. - с.20-21.

26. Хафизов Н.Н. Разработка технологии обессоливания нефти на промыслах: дис. . . . к.т.н: 25.00.17 / Нафис Назипович Хафизов . - г. Уфа: УГНТУ, 2009. - 143с.

27. Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа. Часть 1 / И.Л. Гуревич. – М.: Химия, 2002.–360 с.

28. Ахметкалиев Р.Б. Фактор устойчивости и разрушение эмульсии / Р.Б. Ахметкалиев // Вестник Национальной инженерной академии РК. -2008. - №1. - с.63-68.

29. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.12.2008)// СПС Консультант.

30. Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г.).

31. Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) // СПС Консультант.

32. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".

33. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда. Общие требования. ILO-OSH2001 ».

34. ГОСТ 12.0.003-74 - Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

35. ГОСТ 1510-84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

36. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России 31 октября 1996 г. № 36. Москва.

37. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 40. Москва.

38. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03: утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 13 июня 2003 г. № 118 г. Москва.

39. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в

воздухе рабочей зоны: гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03: утверждены главным государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003. Москва.

40. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

41. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

42. Сайт о переработке и утилизации отходов:  
<http://vtorothodi.ru/utilizaciya/otxody-ximicheskogo-proizvodstva>

43. Николаева Р.Б. Практикум по неорганической химии: уч. пособие. Ч1./ Николаева Р.Б., Казаченко А.С. – Красноярск: 2007. — 121 с.

44. Гусов К.Н. Трудовое право: учебник для бакалавров. – М.: Проспект, 2016. – 632 с.