

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

Школа – Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки – Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние химической природы эмульгатора на свойства гидрофобно-эмульсионных буровых растворов

УДК 622.24.063.2:66.063.612

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Фензель Андрей Дмитриевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Минаев К.М.	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Романюк В.Б.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения общетехнических дисциплин	Черемискина М.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Ковалев А.В.	К.Т.Н		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем, соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики).
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в сложных и неопределённых условиях; использовать принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности.
P3	Проявлять профессиональную осведомленность о передовых знаниях и открытиях в области нефтегазовых технологий с учетом передового отечественного и зарубежного опыта; использовать инновационный подход при разработке новых идей и методов проектирования объектов нефтегазового комплекса для решения инженерных задач развития нефтегазовых технологий, модернизации и усовершенствования нефтегазового производства.
P4	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
P5	Быстро ориентироваться и выбирать оптимальные решения в многофакторных ситуациях, владеть методами и средствами математического моделирования технологических процессов и объектов.
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при разработке и реализации проектов, проводить экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность.
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные планы всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести ответственность за результаты работы.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности.

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

Школа – Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки – Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ73	Фензель Андрею Дмитриевичу

Тема работы:

Влияние химической природы эмульгатора на свойства гидрофобно-эмульсионных буровых растворов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	08.02.2019, 1021/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: Свойства гидрофобно-эмульсионные буровые растворы Предмет исследования: Эмульгаторы – продукты реакции жирных кислот таллового масла и моноэтаноламинов, диэтаноламинов, триэтаноламинов, полиэтиленполиаминов
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1 Литературный обзор 1.1 Буровые растворы на углеводородной основе 1.2 Общие понятия об эмульсиях, Гидрофобно-эмульсионные буровые растворы 1.3 Функция эмульгатора в составе РУО, эмульгирование 1.4 Классификация ПАВ, используемых для получения и стабилизации обратных эмульсий 2 Методика проведения исследований и оборудование

	2.1. Методика приготовлений модельного бурового раствора 2.2. Методика испытаний электростабильности РУО 2.3 Методика замера реологических характеристик 2.4 Методика замера фильтрации бурового раствора 3 Результаты экспериментальных исследований 3.1 Влияние химической природы эмульгаторов ряда производных жирных кислот и этаноламинов на свойства ГЭБР 3.2 Влияние условий синтеза эмульгатора DcD на свойства ГЭБР 3.3 Влияние химической природы эмульгаторов ряда производных жирных кислот и этилентэтраминов на свойства ГЭБР 3.4 Исследование влияние pH водной фазы на свойства ГЭБР
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Необходимость в графических материалах отсутствует

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент отделения нефтегазового дела, к.э.н., Романюк В.Б.
Социальная ответственность	Ассистент отделения общетехнических дисциплин Черемискина М.С.
Часть на иностранном языке	Старший преподаватель отделения иностранных языков Лысунец Т.Б.

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

Influence of the chemical nature of emulsifiers of a number of fatty acid derivatives and ethylene tetramine on the properties of oil-based mud

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Минаев К.М.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Фензель Андрей Дмитриевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ73	Фензель Андрей Дмитриевичу

Инженерная школа	ИШПР	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление	«Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объект исследования – системы гидрофобно-эмульсионных буровых растворов, полученных с применением различных типов эмульгаторов.

Предмет исследования: химическая природа эмульгатора.

Методы и средства исследования: аналитические и экспериментальные (лабораторные)

Область применения: бурение скважин.

Рабочая зона – лаборатория буровых растворов.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.
1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.
1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

Изучить требования предъявляемые к сотрудникам лаборатории перед допуском к работе, а также рекомендации для комфортной работы в лаборатории.

2. Профессиональная социальная безопасность.
2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.
2.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.
2.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

Проанализировать вредные и опасные факторы, влияющие на человека, возникающие при исследовании свойств модифицированных полимеров в лабораторных условиях:

Повышенная температура поверхности оборудования, пониженная влажность воздуха, недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенная температура воздуха в рабочей зоне, раздражающие и токсические факторы, электрический ток. Проанализировать вредные и опасные факторы, влияющие на человека, возникающие при работе с модифицированными полимерами на производстве:

3. Экологическая безопасность.
3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.
3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.
3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.

Провести анализ влияния объекта и процесса исследования на окружающую среду, а также необходимые мероприятия по защите окружающей среды.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.
4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.
4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.
4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

В лаборатории возможно возникновение пожара. Привести обоснование рекомендуемых мероприятий по предотвращению пожара, и разработать порядок действий при его возникновении.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения общетехнических дисциплин	Черемискина Мария Сергеевна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Фензель Андрей Дмитриевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ73	Фензель Андрей Дмитриевич

Инженерная школа	ИШПР	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистр	Направление	21.04.01 «Нефтегазовое дело» Профиль «Строительство <u>глубоких нефтяных и газовых</u> <u>скважин в сложных горно-</u> <u>геологических условиях»</u>

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

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	В данном разделе ВКР необходимо представить: график выполнения работ, в соответствии с ВКР; трудоёмкость выполнения операций; нормативно-правовую базу, используемую для расчётов; результаты расчётов затрат на выполняемые работы; оценить эффективность нововведений и др. Раздел ВКР должен включать: методику расчёта показателей; исходные данные для расчёта и их источники; результаты расчётов и их анализ.
Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочников Единых норм времени (ЕНВ) и др.
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет капитальных и текущих затрат и финансового результата реализации проекта
Планирование и формирование бюджета научных исследований	График выполнения работ
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономической эффективности внедрения новой техники или технологии

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Организационная структура управления Линейный календарный график выполнения работ Графики динамики и сравнения показателей
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.03.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Романюк В.Б.	К.Э.Н., доцент		27.03.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Фензель Андрей Дмитриевич		27.03.2019

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

Школа – Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) – Нефтегазовое дело
 Уровень образования – магистратура
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения – осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06-07.06.2019
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01 марта 2019	1. Проведение литературного обзора по теме	20
08 марта 2019	2. Утверждение методики проведения исследований и обработки данных	5
22 апреля 2019	3. Проведение исследований согласно рабочей план-программе	10
06 мая 2019	4. Анализ полученных экспериментальных данных, промежуточная аттестация выполнения диссертации	5
23 мая 2019	5. Предварительная защита диссертации	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Минаев Константин Мадестович	К.Х.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Ковалев Артем Владимирович	К.Т.Н.		

Реферат

Магистерская диссертация содержит 122 страниц, 28 рисунка, 20 таблицы, 51 литературный источник, 1 приложение.

Ключевые слова: раствор на углеводородной основе, гидрофобно-эмульсионный буровой раствор, эмульгаторы, эмультал, диэтаноламид.

Объектами исследования являются модельные системы гидрофобно-эмульсионных буровых растворов, стабилизированных эмульгаторами, являющимися продуктами реакции жирных кислот таллового масла и моноэтанолamina, диэтанолamina, триэтанолamina, полиэтиленполиamina.

Целью данной работы является исследования влияние химической природы эмульгатора на свойства гидрофобно-эмульсионных буровых растворов в зависимости от состава эмульгаторов, его концентрации, условий их синтеза, классов реагирующих веществ для их получения.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования стабильности модельного бурового раствора, его фильтрационных и структурно-механических свойств с целью выявления закономерности между этими свойствами и химической природой эмульгатора, температурой и временем его синтеза.

В результате исследований было проведено исследование основных свойств буровых растворов на углеводородной основе, стабилизированных эмульгаторами, являющимися продуктами реакции ЖК таллового масла и производных аминов. Показано, что гидрофобно-эмульсионные буровые растворы, стабилизированные исследуемыми эмульгаторами, имеют максимум электростабильности, причём этот пик электростабильности сильно зависит проведения реакции амидирования. Установлено, что для большинства образцов, включая промышленный эмульгатор, присутствие в своём составе извести приводит ухудшению реологических свойств, ослаблению агрегативной устойчивости эмульсии.

Степень изученности вопроса – проведены экспериментальные исследования, изучены закономерности изменения фильтрационных, реологических свойств и электростабильности некоторых классов неионных ПАВ в зависимости от их условий синтеза, химического строения.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

В данной работе применены обозначения и сокращения с соответствующими расшифровками:

РУО, ОВМ – раствор на углеводородной основе

ИЭР – инвертно-эмульсионный раствор

ГЭБР – гидрофобно-эмульсионный буровой раствор

БР – буровой раствор

ГЛБ – гидрофильно-липофильный баланс

ДТ – дизельное топливо

ЖК – жирные кислоты

ПАВ – поверхностно-активное вещество

ДЭА – диэтаноламин

ДСМ – моноэтаноламид

ДСД – диэтаноламид

ДСТ – триэтаноламид

ДЭТА – диэтилеттетрамин

ТЭТА – триэтилеттетрамин

ПЭПА – полиэтилетполиамин

ПВ, PV – пластическая вязкость

ДНС, YP – динамическое напряжение сдвига

СНС, ZG – статическое напряжение сдвига

В тексте документа допускается приводить без расшифровки общепринятые сокращения, установленные в национальных стандартах и соответствующие правилам русской орфографии: с. - страница; т.е. - то есть; т.д. - так далее; т.п. - тому подобное; и др. - и другие; в т.ч. - в том числе; пр. - прочие; т.к. - так как; г. - год; гг. - годы; мин. - минимальный; макс. - максимальный; шт. - штуки; св. - свыше; см. - смотри; включ. - включительно и др.

При многократном упоминании устойчивых словосочетаний могут быть дополнительно установлены сокращения, применяемые только в данном тексте.

Оглавление

Введение	13
1 Литературный обзор	15
1.1 Буровые растворы на углеводородной основе.....	15
1.2 Общие понятия об эмульсиях, Гидрофобно-эмульсионные буровые растворы	20
1.3 Функция эмульгатора в составе РУО, эмульгирование.....	21
1.4 Классификация ПАВ, используемых для получения и стабилизации обратных эмульсий	29
2 Методика проведения исследований и оборудование	34
2.1 Методика приготовлений модельного бурового раствора	34
2.2 Методика испытаний электростабильности РУО	35
2.3 Методика замера реологических характеристик.....	37
2.4 Методика замера фильтрации бурового раствора	38
3 Результаты экспериментальных исследований	41
3.1 Влияние химической природы эмульгаторов ряда производных жирных кислот и этаноламинов на свойства ГЭБР	41
3.2 Влияние условий синтеза эмульгатора DcD на свойства ГЭБР.....	50
3.3 Влияние химической природы эмульгаторов ряда производных жирных кислот и этилентэтраминов на свойства ГЭБР	56
3.4 Исследование влияние pH водной фазы на свойства ГЭБР	Ошибка! Закладка не определена.
4 Социальная ответственность	57
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	58
4.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	58
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	60
4.2 Профессиональная социальная безопасность.....	61
4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	61
4.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	63
4.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	67
4.3 Экологическая безопасность	68

4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	68
4.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	69
4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	70
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71
4.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	71
4.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	71
4.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	71
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	74
5.1 Расчет продолжительности проведения исследования.....	74
5.1.1 Структура исследовательской работы.....	74
5.1.2 Трудоемкость выполнения исследовательской работы.....	75
5.1.3 График выполнения исследовательской работы	76
5.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	78
5.2.1 Материальные затраты на проведение НТИ.....	78
5.2.2 Затраты на специальное оборудование для проведения исследования.....	79
5.2.3 Затраты по основной заработной плате.....	79
5.2.4 Отчисления в государственные внебюджетные фонды.....	81
5.2.5 Амортизационные отчисления.....	82
5.2.6 Накладные расходы.....	82
5.2.7 Прочие расходы.....	83
5.2.8 Формирование бюджета исследования.....	83
5.3 Обоснование эффективности проекта.....	84
5.3.1 Сравнение стоимости промышленных и синтезируемых эмульгаторов.....	84
5.3.2 Анализ конкурентоспособности разработок.....	84
Заключение	88
Список использованной литературы	89
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	96

Введение

Освоение новых нефтегазовых месторождений, характеризующихся сложными геолого-техническими и природно-климатическими условиями, предъявляет все более высокие требования к эффективности проведения буровых работ в целом и к используемым при этом буровым растворам, в частности. В связи с чем, в отечественной и зарубежной практике все более широкое распространение при бурении и особенно при заканчивании скважин получают растворы на углеводородной основе (РУО).

Ряд неоспоримых преимуществ РУО перед растворами на водной основе способствует все более широкому их внедрению в технологию бурения нефтяных и газовых скважин. К таким преимуществам в первую очередь относятся: инертность к разбуриваемой горной породе, отсутствие влияния на коллекторские свойства продуктивных пластов, высокие триботехнические свойства и термостабильность. Кроме этого, РУО легко утяжеляются в широком диапазоне плотностей, устойчивы к загрязнениям и легко очищаются от шлама, что делает возможным их многократное применение. Несмотря на более высокую стоимость по сравнению с БР на водной основе РУО чрезвычайно эффективны при проходке неустойчивых хемогенных пород, при вскрытии заглинизированных продуктивных пластов с низкой проницаемостью, при бурении скважин со сложными профилями и протяженными горизонтальными участками, а также при бурении в условиях высоких положительных и отрицательных забойных температур.

Ключевым компонентом РУО является эмульгатор. В составе бурового раствора он выполняет основную функцию – делает возможным продолжительное существование эмульсии как гетерогенной системы, т.е. обеспечивает ее агрегативную устойчивость. Кроме этого эмульгатор прямо или косвенно оказывает влияние на весь комплекс технологических свойств РУО, в первую очередь на их реологические и фильтрационные показатели. Управление свойствами бурового раствора невозможно без понимания взаимосвязи между химическим строением стабилизатора эмульсии и параметрами бурового раствора.

В настоящее время ассортимент и тоннаж отечественных и химических реагентов для получения и регулирования свойств обратных эмульсий невелик и

не удовлетворяет все возрастающие потребности в такого рода продуктах, в связи с чем ведутся работы по разработке новых типов эмульгаторов, их адаптация под условия бурения, внедрение в производство.

1 Литературный обзор

1.1 Буровые растворы на углеводородной основе

Известно, что буровые растворы на водной основе обладают рядом свойств, которые могут оказывать негативное влияние на качество вскрытия продуктивных пластов, устойчивость стенок скважин в терригенных отложениях, а также вызывать растворение сульфатно-галоидных пород. В связи с этим, начиная с 20-х годов прошлого века по настоящее время ведутся разработки и непрерывные улучшения систем, в которых дисперсионная среда представляет собой неполярную жидкость: нефть, дизельное топливо, минеральные масла и т.д. Данные типы растворов получили название растворов на углеводородной основе (РУО) [1,2].

Впервые в отечественной истории РУО были применены в 1955 году по инициативе профессора К.Ф. Жигача. В рецептуру первого отечественного РУО включались: дизельное топливо (дисперсионная среда), битум высокоокисленный (дисперсная фаза), парафин окисленный и гидроксид натрия. Использование в качестве основы бурового раствора углеводородную фазу привело к появлению следующих типов растворов:

- Известково-битумный буровой раствор (ИБР);
- Инвертно-эмульсионные растворы (ИЭР);
- Высококонцентрированный инвертный эмульсионный раствор;

Наибольшее внимание на сегодняшний момент получили ИЭР. По условиям применения в бурении и свойства они очень близки к растворам на углеводородной основе, однако за счёт содержания в их составе большого количества воды – становятся значительно дешевле. Основным недостатком ИЭР по сравнению с РУО является его обратимость при сильном возрастании твердой фазы [3,4].

С течением времени состав РУО претерпел колоссальные изменения: в качестве структурообразователя стали применять органическую глину, дисперсной фазой являются водные растворы (CaCl_2 к примеру), в ИЭР для создания стабильных эмульсий начали применять поверхностно-активные вещества.

В настоящее время 16% всего объёма бурения обеспечивается буровыми растворами, основным компонентом которых является углеводородная жидкость.

Использование РУО в качестве бурового раствора избавляет от многих проблем, возникающих в процессе проводки скважины, вместе с тем их использование ставит перед инженерами новые задачи. Структурно, преимущества и недостатки буровых промывочных жидкостей на углеводородной основе представлены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1.1 – Преимущества и недостатки РУО над буровыми растворами на водной основе

Преимущества	Недостатки
Обладает высокой стабильностью во времени (есть возможность длительного хранения и многократного использования)	Дефицит компонентов для его приготовления
Инертность в отношении глин и солей	Высокая стоимость
Обладают тонкой фильтрационной коркой	Сложность очистки от шлама
Высокая термостойкость (до 220 °С)	Сложность проведения электрометрических работ
Хорошие антикоррозионные и триботехнические свойства	Пожароопасность
Возможность утяжеления с использования любых стандартных утяжелителей	Экологическая вредность
Отсутствие воды в фильтрате	Требуется использование специальных моющих буферов для РУО
Отсутствие вредного влияния фильтрата на продуктивные нефтяные горизонты	Тяжело удаляются с бурового инструмента и оборудования
При колонковом бурении сохраняется естественная водонасыщенность и проницаемость керн	

Повсеместной использование РУО ограничивается своей дороговизной: стартовая стоимость приготовления и замещение глинистого раствора не окупается получаемыми в ходе эксплуатации дебитами. Развитие оборудования нефтегазового профиля, совершенствование технологий бурения: применения бурения на депрессии, конвейерного бурения (последовательное нескольких схожих секций подряд на нескольких скважинах) – с точки зрения окупаемости, выводят применение РУО в качестве промывочной жидкости на один уровень с водными системами безглинистыми системами.

На сегодняшний день все основные нефтесервисные компании, предоставляющие услуги по сервисному сопровождению буровых растворов имеют в своём запасе несколько разновидностей систем буровых растворов,

основным компонентом которого является углеводородная жидкость. В таблице 1.1.2 представлены крупнейшие компании, предоставляющие услуги по буровым растворам на российском рынке и их системы РУО.

Таблица 1.1.2 – Нефтесервисные компании России и предлагаемые ими РУО

Наименование нефтесервисной компании	Предоставляемые на рынок системы РУО
ООО «ТКИШ» (Schlumberger)	Megadril, Rheliant plus, Envirovert, Versadril/versaclean
Филиал «Халлибуртон итнернэшнл Инк»	Intergrade, Enviromul
ООО «АКРОС»	Undril
АО «Бейкер Хьюз» (Baker Hughes)	Carbo-drill
МиррикоООО «Современные Сервисные Решения» (ГК Миррико)	Atren SAFE-R
«НК «Газинвестпроект»	БРУВО
ООО «ИСК «ПетроИнжиниринг»	Ewo drill
ООО «Ай Ди Эс Дриллинг»	I-drill
ООО НПП «БурИнтех»	Эмулькарб Д, Эмулькарб М, Эмулькарб ЭКО

Компания «БурИнтех» [5] разработала целое семейство инвертно-эмульсионных буровых растворов. В качестве углеводородной основы в них используется дизельное топливо («Эмулькарб Д»), минеральное или гидравлическое масло («Эмулькарб М»), сложный эфир, происхождение которого не раскрывается («Эмулькарб ЭКО»).

Системы «Versaclean» и «Megadril» являются буровыми растворами на углеводородной основе, разработанными компанией «M-I SWACO» и применяемые в России под маркой ООО «Технологическая Компания Шлюмберге» [6]. Единственным отличием двух данных систем друг от друга является то, что в системе «Megadril» используется минеральное масло высокой очистки, а в системе «Versaclean» используется дизельное топливо в качестве внешней непрерывной фазы (дисперсионной среды). Основной дисперсной фазой является вода, минерализованная хлоридом кальция.

Данные системы обладают термоустойчивостью при бурении горизонтальных скважин большой протяженности. Элементы, входящие в их состав, обеспечивают защиту от кислых газов, таких как CO₂ и H₂S, защиту от коррозии.

«Enviromul», «Invermul» - системы РУО, разработанные компанией «Халлибуртон интернэшнл Инк» [7] активно применяются на месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и Западной Сибири. Базовая жидкость первой – минеральное масло высокой очистки, второй – дизельное топливо. В состав этих систем входят: смесь окисленного талового масла и полиаминированной жирной кислоты EZ-MUL (эмульгатор 1-го рода), органофильная глина (загуститель), органофильный леонардит, асфальтит (понижители фильтрации), дисперсия жидкого лецитина Driltreat (смачивающий агент – гидрофобизатор). Для увеличения реологических характеристик используется модифицированная жирная кислота RM-63.

Система бурового раствора «Enviromul» обладает исключительными ингибирующими и фильтрационными свойствами, позволяющими снизить вероятность осложнений, вызванных осыпями и обвалами стенок скважины. Минеральное масло обеспечивает снижение крутящего момента и сил трения, возникающих при бурении скважин с большими отходами забоя от вертикали. Вскрытие продуктивных горизонтов на эмульсионном растворе увеличивает продуктивность пласта, за счёт сохранения естественной проницаемости пристволенной зоны коллектора.

Также необходимо подробнее остановиться на растворах на синтетической основе, биоразлагаемых в условиях суши и моря. В этих системах в качестве углеводородной фазы используются синтетические продукты, получаемые либо из растительного сырья, либо из синтетических углеводородов. Сохраняя все преимущества углеводородных систем, они могут сбрасываться в море без ущерба для морской фауны. Считается, что эти растворы полностью безопасны с точки зрения экологии, могут использоваться в широком диапазоне температур и геолого-технических условий, обладают хорошей удерживающей и транспортирующей способностью.

Необходимо отметить, что применение новых высокотехнологичных буровых растворов на углеводородной основе позволяет реализовывать уникальные проекты отечественных и зарубежных компаний, где осуществляется бурение скважин с большой протяженностью горизонтального участка.

Одним из таких проектов является «Сахалин-1», где компания «Еххон Neftegas Limited» побила собственный мировой рекорд бурения скважин, пробуравив на шельфе Сахалина на месторождении Чайво скважину Z-42 протяженностью 12700 м (длина горизонтального участка 10545 м). Бурение с применением растворов на синтетической основе позволяет осуществлять строительство скважины с берега под дном Охотского моря к коллекторам нефти и газа. Проект «Сахалин-1» включает разработку месторождений Чайво, Одопту, и Аркутун-Даги, потенциальные извлекаемые запасы которых оцениваются примерно в 307 млн. тонн нефти и 485 млрд. м³ газа [8]. В таблице 1.2 представлены рекордные скважины с протяженностью горизонтального участка более 7000 м. Необходимо отметить, что строительство всех скважин осуществлялось с применением растворов на углеводородной основе.

Таким образом, применение растворов на углеводородной основе – наиболее эффективный метод, обеспечивающий проводку горизонтальных и наклонно-направленных скважин в сложных горно-геологических условиях. Учитывая тот факт, что наибольшие неразведанные запасы углеводородного сырья находятся на морских акваториях, можно с уверенностью утверждать, что «будущее» за инвертно - эмульсионными растворами, несмотря на их высокую себестоимость.

Ключевым компонентом РУО является эмульгатор. В составе бурового раствора он выполняет основную функцию – делает возможным продолжительное существование эмульсии как гетерогенной системы, т. е. обеспечивает ее агрегативную устойчивость. При этом роль эмульгатора не сводится только к снижению межфазного натяжения на границе: вода – неполярная жидкость, важным фактором также является прочность создаваемого эмульгатором на поверхности глобул адсорбционного слоя и других надмолекулярных структур, формирующих так называемый «структурно-механический барьер». Кроме этого эмульгатор прямо или косвенно оказывает влияние на весь комплекс технологических свойств РУО: реологию, фильтрацию, глиноемкость и т. д. Таким образом, эффективность эмульсии во многом определяется природой используемого эмульгатора. Создание новых эмульгаторов и рецептур ГЭБР, управление их свойствами невозможно без понимания взаимосвязи между

химическим строением стабилизатора эмульсии и параметрами бурового раствора [9,10].

1.2 Общие понятия об эмульсиях, гидрофобно-эмульсионные буровые растворы

Эмульсии представляют собой термодинамические неустойчивые дисперсные системы, образованные двумя (или более) взаимонерастворимыми или слабонерастворимыми друг в друге жидкостями.

При этом жидкость, являющаяся непрерывной в эмульсии, называется дисперсионной средой (внешней), а диспергированная жидкость – дисперсной (внутренней) фазой. Если дисперсионная среда в эмульсии представлена полярной жидкостью, то такая эмульсия называется прямой или эмульсией I рода – масло в воде (м/в). Если же дисперсионная среда представлена неполярной или малополярной жидкостью, называемой, как правило, маслом, то эмульсия называется обратной или эмульсией II рода – вода в масле (в/м) [11].

Для обеспечения заданного типа эмульсии следует соблюдать и порядок ввода фаз. Жидкость, представляющая в эмульсии дисперсную фазу, должна вводиться в жидкость, представляющую дисперсионную среду. Этот же способ используется для обращения фаз эмульсии. В этом случае эмульсию вводят при интенсивном перемешивании в жидкость, которая должна стать дисперсионной средой. Так, для обращения эмульсии М/В в В/М, ее при интенсивном перемешивании небольшими порциями вводят в углеводородную среду [12].

В бурении, в качестве бурового раствора наибольшее внимание получили эмульсии типа В/М, называемые гидрофобно-эмульсионными буровыми растворами (ГЭБР). Растворы такого типа в своём составе могут содержать до 50 и более процентов воды. Вода содержится в виде мельчайших капель, равномерно диспергированных во внешней углеводородной среде. Капли воды удерживаются во взвешенном и не сливаются друг с другом благодаря действию поверхностно-активных веществ (ПАВ) [13].

При смешении углеводородной и водной фазы происходит увеличение площади контакта между поверхностями этих фаз. Присутствие огромного количества капель в эмульсии приводит к увеличению вязкости жидкости. При это

м действие капель подобно действию мелкодисперсной твердой фазы, добавленной в раствор на водной основе и повышающей его пластическую вязкость. Чем меньше размер капель, тем выше устойчивость эмульсии, поскольку крупные капли сливаются друг с другом гораздо легче, чем мелкие. В результате образования мелких однородных капель увеличиваются вязкость и статическое напряжение сдвига, что повышает способность жидкости удерживать утяжеляющий материал во взвешенном состоянии и снижает ее фильтрацию через глинистую корку.

В результате увеличения содержания воды (внутренней фазы) в инвертной эмульсии:

1. Увеличивается размер капель воды;
2. Повышается вероятность слипания капель;
3. Повышается пластическая вязкость эмульсии;
4. Увеличивается потребность в эмульгаторе, необходимом для создания устойчивой эмульсии;
5. Снижается устойчивость эмульсии.

1.3 Функция эмульгатора в составе РУО, эмульгирование

Эмульгаторы – группа веществ различной химической природы, которые предназначены для создания равномерных эмульсий. Данные вещества имеют гидрофильную «голову» («гидро»-вода, «фил»-любить) и гидрофобный («гидро»-вода, «фоб»-боязнь) «хвост». Эмульгатор взаимодействует и с водной, и масляной составляющей: при попадании молекулы эмульгатора в эмульсию гидрофильная часть молекулы погружается в воду, а липофильная (гидрофобная) – в масло, тем самым, уменьшая поверхностное натяжение на границе двух фаз, выступая в роли буфера. Строение молекулы эмульгатора и схема взаимодействия с фазой и средой представлена на рисунке 1.3.1.

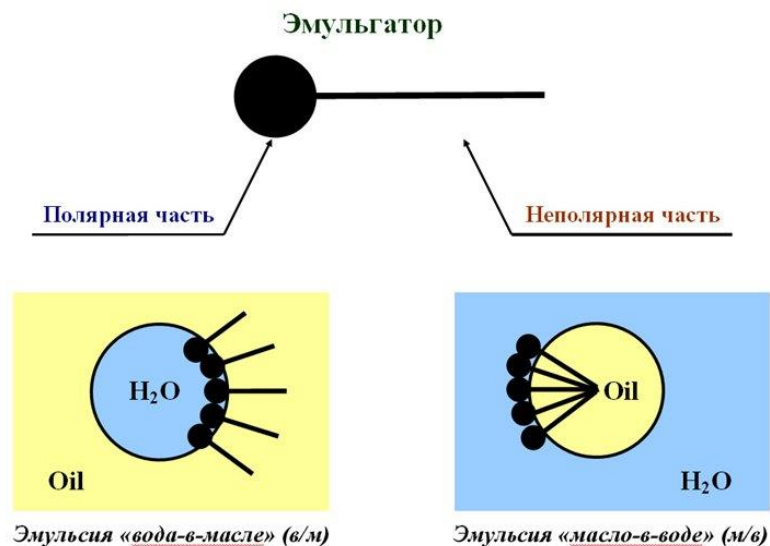


Рисунок 1.3.1 – Строение молекулы эмульгатора и схема взаимодействия с фазой и средой

Основное назначение эмульгатора – предотвращение коалесценции (объединение) капелек воды и стабилизация эмульсии, так же снижает реологические параметры, показатель фильтрации. Для эмульгирования воды и масла, необходима определенная концентрация эмульгатора и механическое воздействие (диспергирование). При механическом воздействии эмульгаторы создают непрерывную оболочку вокруг водяных / масляных капелек и позволяют таким образом смешаться двум фазам в эмульсию. Одна фаза становится дисперсной средой, а вторая носит название дисперсной фазы.

Эмульгирующая способность ПАВ может быть характеризована гидрофильно-липофильным балансом (ГЛБ). Если эмульгатор в воде растворяется лучше, чем в масле, то, как правило, получаемая эмульсия становится В/М, лучшая растворимость в неполярной жидкости приводит к получению эмульсии типа М/В (Правило Банкрофта). Необходимое число ГЛБ для получения каждого из типов эмульгатора-стабилизатора ГЭБР представлена на рисунке 1.3.2.

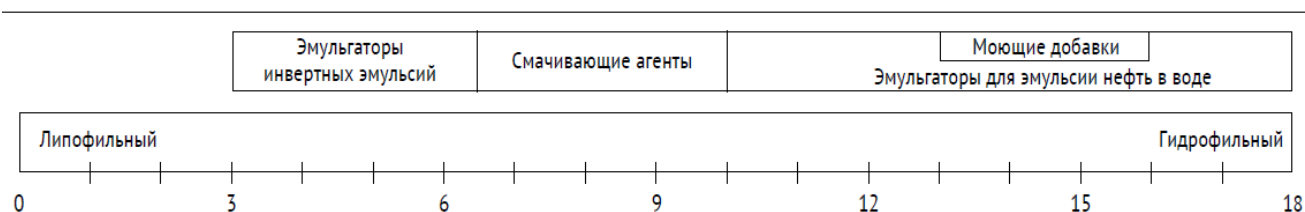


Рисунок 1.3.2 – Гидрофильно-липофильный баланс: соотношение значений и типов ПАВ

Одной из основных задач при создании растворов на углеводородной основе является эмульгирование одной фазы в объеме другой. В процессе эмульгирования

дисперсной фазы в дисперсионной среде одновременно протекают два диаметрально противоположных процесса: диспергирование и коалесценция. Если баланс процесса сдвинут в сторону диспергирования, образуется эмульсия. При этом подводимая для эмульгирования энергия совершает полезную работу.

Процесс эмульгирования может рассматриваться как двустадийный. На первой стадии в результате механического воздействия возникает одновременно как эмульсия М/В, так и В/М. На второй – происходит стабилизация одного из типов эмульсий в зависимости от свойств присутствующего в системе эмульгатора. Считается, что тип образующейся эмульсии зависит от условий избирательного смачивания в процессе эмульгирования и природы эмульгатора (рисунок 1.3.2).

Время приготовления РУО существенно влияют на свойства эмульсии. В начальный период перемешивания равновесие смещается в сторону диспергирования, но со временем он переходит в равновесный процесс, и дальнейшее перемешивание эмульсии не приводит к изменению свойств, кроме того температура эмульсии при длительном интенсивном перемешивании может вырасти, что приведёт к изменению вязкости системы и адсорбции эмульгатора в буровом растворе.

Для каждой системы ГЭБР есть оптимальной время эмульгирования, зависящая от состава самой эмульсии, типа эмульгатора, соотношения фаз полярной и неполярной жидкости. Теоретически это время не превышает 10 минут, но получение эмульсии в условиях буровой установки требует намного больше времени для приготовления готовой эмульсии, ввиду необходимости больших объёмов приготовления и недостаточно высоких скоростей перемешивания бурового оборудования.

Это зависит от многих факторов, из которых наиболее важными могут быть: количество подаваемой энергии, способ эмульгирования, конструктивные особенности оборудования, свойства компонентов фаз. В частности, плотность и вязкость фаз оказывают существенное влияние на процессы эмульгирования. С увеличением разницы плотностей дисперсионной среды и дисперсной фазы увеличивается степень дисперсности системы. Это может быть объяснено увеличением градиента скорости глобул дисперсной фазы и, следовательно,

увеличением касательных напряжений, которые вызывают деформацию шарика и его диспергирование.

Процесс эмульгирования обычно обеспечивает максимально возможное уменьшение размера глобулы дисперсной фазы. В реальных условиях, однако, существует большое количество крупных капель в дополнение к маленьким шарикам.

Важной задачей помимо процесса эмульгирования является стабилизация дисперсной фазы эмульсии. В.И. Токунов И.Б. Хейфец [15,16] утверждает, что условием устойчивого равновесия распределенной системы является минимум свободной энергии. Следовательно, эмульсии связаны с неравновесными и термодинамически нестабильными системами, в которых постоянно происходит слияние глобул дисперсной фазы, что приводит к уменьшению границы раздела. Это может привести к полному разделению на водную и углеводородную фазы или к инверсии фазы, соответствующей минимальной межфазной поверхности и свободной поверхности.

Процесс разрушения эмульсии можно разделить на следующие фазы: флокуляция (агрегатирование), коалесценция, седиментация и обращение фаз (рисунок 1.3.3).

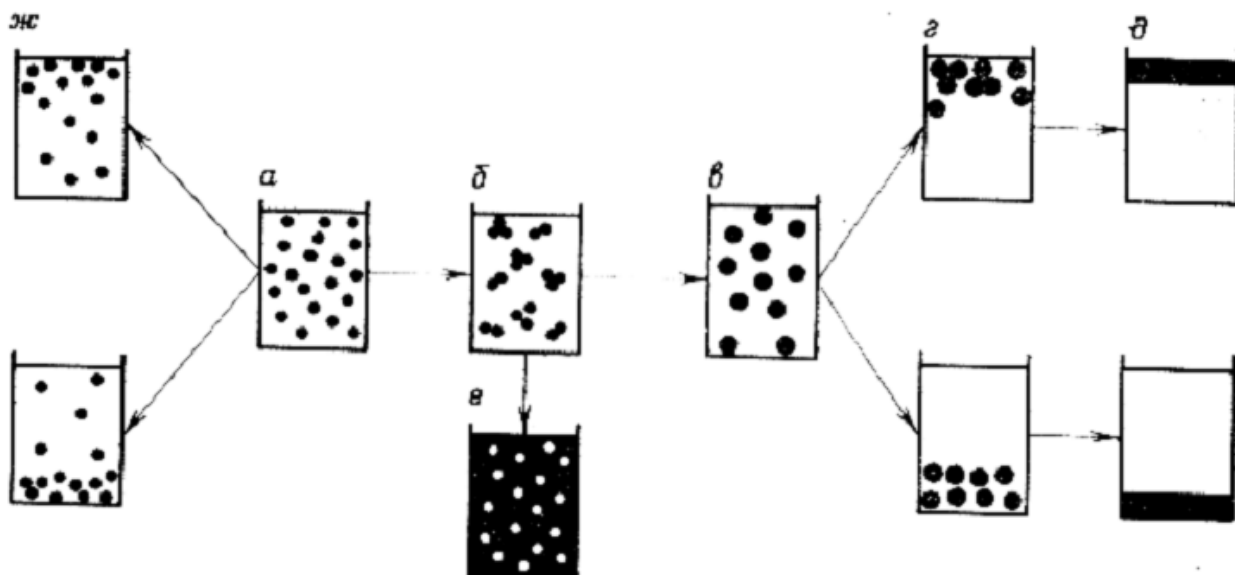


Рисунок 1.3.3 – Виды нестабильности эмульсии

а – стабильная эмульсия; б – флокуляция (агрегатирование); в – коалесценция; г, ж – седиментация; д – расслоение фаз; е – обращение фаз

Эти фазы неустойчивости сменяют друг друга и заканчиваются полным слиянием (разделением) или инверсией фазы. Исключением является неустойчивость седиментации, которая может существовать независимо без перехода к следующей фазе (рис. 1.3.3 г). Флокуляция дисперсных систем (рис. 1.3.3, б) в некоторой степени объясняется соотношением сил молекулярного притяжения и электростатического отталкивания. Силы взаимодействия частиц возрастают очень быстро по мере их сближения. Агрегация глобул дисперсной фазы в некоторых случаях зависит от инверсии фазы. Фазовая обращение является формой неустойчивости эмульсии, при которой системы В / М переводятся в тип М / В и наоборот. На инверсию фазы существенное влияние оказывает объемная концентрация дисперсной фазы. Наиболее благоприятные условия для инверсии фазы возникают, когда содержание дисперсной жидкой фазы составляет более 75%, и меньше в некоторых случаях [14].

Помимо соотношения фаз, на инверсию фаз существенно влияют тип и концентрация поверхностно-активных веществ, температура и вязкость дисперсионной среды. По мере того как концентрация эмульгатора увеличивается, точка инверсии фазы смещается в сторону увеличения концентрации дисперсной фазы и уменьшается с ростом температуры и уменьшением вязкости дисперсионной среды. В процессе инверсии фазы могут образовываться несколько эмульсий типа В / М. Такие эмульсии следует рассматривать как промежуточное звено этого процесса.

Коалесценция - это процесс, связанный с флокуляцией и последующим плавлением шариков дисперсной фазы, сопровождающийся уменьшением поверхностной энергии и поверхности раздела (рис. 1.3.3с). В этом случае система переходит в более стабильное термодинамическое состояние. В результате коалесценции система может в конечном итоге разделиться на две независимые фазы с минимальной границей раздела и свободной энергией и стать термодинамически стабильной (рисунок 1.3.3 е). Неустойчивость седиментации (рис. 1.3.3 г, г) связана с разницей плотности дисперсионной среды и дисперсной фазы. Обычно наблюдается в эмульсиях с низкой концентрацией дисперсной фазы.

Чем больше расстояние между глобулами, тем больше вероятность седиментационного расслоения.

Проблемы стабилизации и дестабилизации эмульсий постоянно находятся в центре внимания отечественных и зарубежных исследователей. Однако нет единого мнения о типе стабилизации даже для классических эмульсий, стабилизированных обычными мылами.

Существование двойного электрического ионного слоя на поверхности глобул (рис. 1.3.4а) определяется теорией ДЛФО (Дерягина, Ландау, Фервея и Овербека), существует энергетический барьер, препятствующий удалению аналогично заряженных частиц, где интенсивный молекулярные Ван-дер-ваальсовы силы притяжения [17].

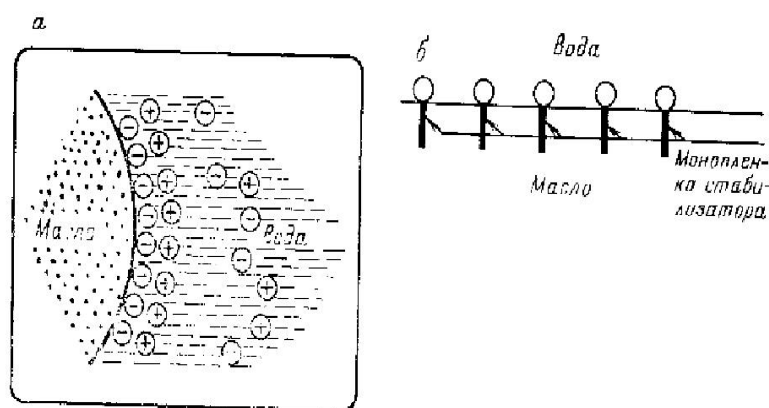


Рисунок 1.3.4 – Схема стабилизации эмульсии М/В двойным электрическим слоем (а) и монослоем дифильных молекул (б).

Согласно этой теории, такой слой, внешняя оболочка которого обычно имеет диффузный характер, является результатом селективной адсорбции одного из ионов электролита. Для хорошей адсорбции дисперсной фазой органический ион должен иметь длинную углеводородную цепь. Следовательно, мыла, используемые для стабилизации М/В эмульсий, должны быть с высокой молекулярной массой, то есть изготовлены на основе высокомолекулярных жирных кислот.

С.С. Воюцкий [18] обнаружил, что высокомолекулярные мыла обладают огромной адсорбирующей способностью, что позволяет получать высококонцентрированные эмульсии. Он объясняет существование двойного электрического слоя тем, что при высоких концентрациях мыла их эмульгирующая способность уменьшается. Л.Я. Кремнев [19,20] считает, что в некоторых случаях, когда используются высококонцентрированные растворы мыла, эмульсия вообще

не может быть приготовлена. Он также показал, что концентрация мыла влияет на дисперсию системы. Это связано со сжатием двойного электрического слоя из-за высокой концентрации стабилизирующего электролита.

Независимо от типа сил, которые стабилизируют эмульсии, некоторые исследователи считают, что необходимо соблюдать надлежащий интервал между глобулами. После А.А. Абрамзон [17], он должен быть не менее 1,2 нм. Для выполнения этого условия необходимо: во-первых, чтобы длина части молекул поверхностно-активного вещества в каждой из фаз превышала 0,6 нм; во-вторых, молекулы ПАВ не должны десорбироваться ни в одной из фаз; В-третьих, молекулы ПАВ не должны свободно перемещаться по поверхности, поэтому адсорбция должна быть максимальной.

Теория «структурно-механического барьера», разработанная П.А. Ребиндером [21], основывается на механической связи дисперсной фазы с дисперсионной средой с возникновением в связующем слое структурно-механических свойств, отличных от свойств каждой из фаз. Механизм этого явления был описан Л.Я. Кремневым и Н.И. Куйбиной, и основан на одновременном связывании обеих жидкостей с использованием антиполярных частей молекулы стабилизатора для формирования двух слоев с аномальными свойствами на поверхности глобул и внутри них.

По этой теории такой слой, внешняя оболочка которого обычно имеет диффузный характер, возникает в результате избирательной адсорбции одного из ионов электролита. Для хорошей адсорбции дисперсной фазой органический ион должен иметь длинную углеводородную цепь. Поэтому мыла, применяемые для стабилизации эмульсий М/В, должны быть высокомолекулярными, то есть приготовленными на основе высокомолекулярных жирных кислот.

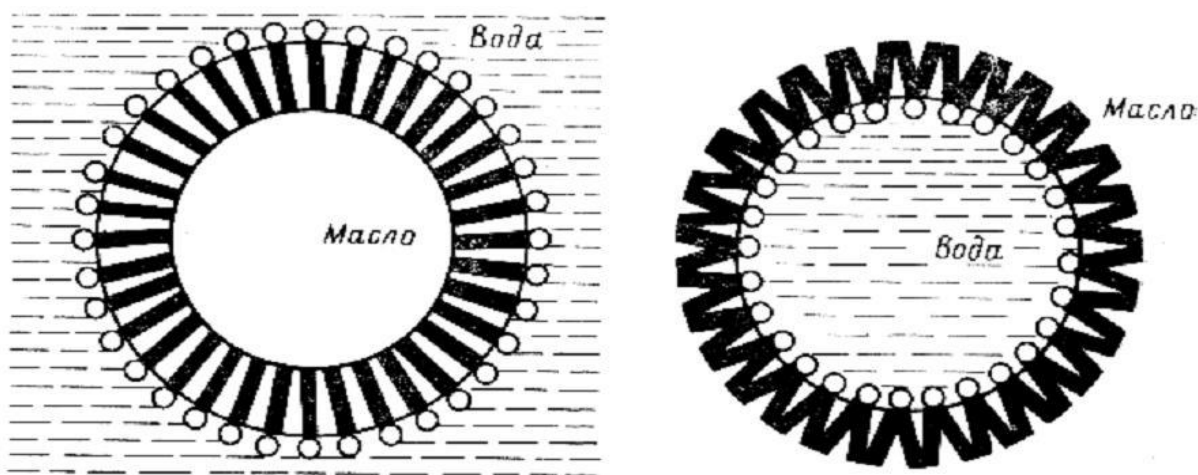


Рисунок 1.3.5 – Схема стабилизации эмульсий типа М/В (а) и В/М (б)

Устойчивость эмульсии может значительно увеличиться за счет стабилизации границы твердыми высокодисперсными наполнителями, которые П.А. Ребиндером были названы активными наполнителями. Активные наполнители должны отвечать следующим требованиям: размер частиц должен быть значительно меньше размера глобул; частицы должны иметь определенный угол смачивания в системе углеводородная среда – вода – твердая фаза.

Несмотря на то, что эмульсионные системы являются буровыми растворами, к ним неприменимо большинство положений и рекомендаций, приведенных в многочисленных пособиях по буровым растворам. Во многом это можно объяснить отсутствием значительного количества публикаций, в которых основные положения физико-химических свойств дисперсных систем были бы изложены применительно к РУО.

Несмотря на обилие ПАВ, исследователю подчас тяжело выбрать из них такое соединение или их композицию, которое было бы эффективным стабилизатором конкретной эмульсии, а его действие в составе эмульсии поддавалось бы научной интерпретации, если при этом не руководствоваться рядом эмпирически установленных фактов.

Так, для характеристики ПАВ, выбранного в качестве эмульгатора, существенную роль играет, наряду с адсорбцией и межфазным натяжением, прочность удержания ПАВ в составе слоя. Очевидно, что она зависит от вида ПАВ, состава фаз и температуры. В этом случае пользуются значениями свободной энергии взаимодействия молекул ПАВ или ее отдельных функциональных групп с

окружающей средой, т.е. энергией, необходимой для разрыва всех межмолекулярных связей и удаления молекулы ПАВ из состава, слоя в объеме раствора, физический смысл этой величины заключается в том, что чем выше интенсивность взаимодействия ПАВ с дисперсионной средой, тем ниже величина его адсорбции на межфазной поверхности и тем менее стабильная эмульсия образуется, и наоборот.

По данным следует, что для ПАВ, выбранного в качестве эмульгатора обратных эмульсий, предпочтительно наличие в его составе таких функциональных групп как: $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{CO}$, $-\text{CN}$, $-\text{COOR}$ и прямоцепочного гидрофобного радикала.

В этом случае свободная энергия взаимодействия молекул ПАВ с органической средой будет минимальна, а с водной - максимальна, что обеспечит оптимальные значения адсорбции ПАВ, межфазной активности и его удержания в составе адсорбционного слоя.

1.4 Классификация ПАВ, используемых для получения и стабилизации обратных эмульсий

Для эмульгаторов основная характеристика эффективности в составе эмульсий – это межфазное натяжение, а для стабилизатора-работа адсорбции групп к водной фазе, площадь, занимаемая ею в составе конденсированного адсорбционного слоя, длина и строение углеводородного радикала. ПАВ – стабилизаторы обратных эмульсий должны снижать межфазное натяжение до нескольких или даже десяти миллионов на метр при сохранении растворимости в углеводородной среде без заметного диспергирования в дистиллированной воде. Это может быть обеспечено наличием в молекуле ПАВ гидрофобного радикала парафинового строения с числом углеводородных атомов более 17 и функциональных групп с высокой когезией к водной фазе и минимальной площадью в составе конденсированного адсорбционного слоя.

Общепринято деление ПАВ по химической природе полярной группы на три большие класса: ионные (анионные и катионные), неионные и амфолитные.

Указывая на химическую принадлежность ПАВ к тому или иному классу, данная классификация не дает ответа на вопрос об их поверхностно-активных и стабилизирующих свойствах на границе раздела фаз.

Абстрагируясь от химического строения ПАВ, Н.К. Адам делит их на четыре группы по механизму действия, т.е. по способности к коллоидообразованию в растворах, проявлению поверхностной активности и стабилизации дисперсных систем [22,23].

Анионные ПАВ. К этому подклассу относятся ПАВ, которые при их растворимости в воде диссоциируют на отрицательно заряженный поверхностно-активный анион и положительно заряженный катион (рис. 1.4.1.).

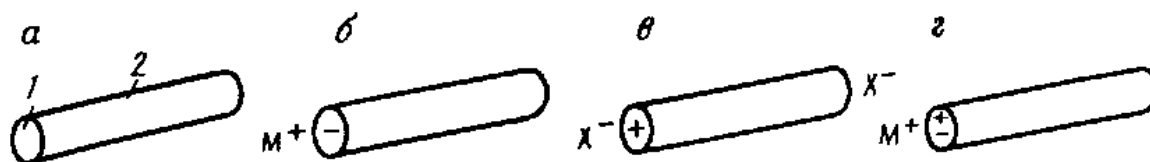


Рис.1.4.1 – Модели ПАВ различных классов:

а – неионные; *б* – анионные; *в* – катионные; *г* – амфолитные; *1* – полярная группа; *2* – углеводородный радикал; *М* – катион; *Х* – анион

Наиболее типичные представители таких ПАВ – водорастворимые мыла высших карбоновых (насыщенных и ненасыщенных), смоляных или нафтенowych кислот, представляющие собой продукты взаимодействия этих кислот с гидроокисями щелочных металлов, низкомолекулярных аминов или аминспиртов. Их можно использовать для получения стабильных обратных эмульсий с дисперсной фазой, представленной растворами солей многовалентных металлов.

При этом непосредственно в составе эмульсий происходит замена щелочного металла или амина на катион тяжелого металла с образованием маслорастворимых металлических мыл этих кислот, являющихся эффективными стабилизаторами эмульсий в/м. Такие мыла уже относятся к неионным ПАВ. Процесс их получения может также включать обработку названных ранее кислот или их производных окисями или гидроокисями щелочноземельных металлов, выделение из водных растворов мыл одновалентных металлов введением водорастворимых солей

многовалентных металлов или обработкой обратных эмульсий, содержащих такие кислоты, окислами щелочноземельных металлов.

Металлические мыла высокомолекулярные кислот нашли очень широкое применение в нефтяной промышленности в качестве эмульгаторов и стабилизаторов обратных эмульсий как у нас в стране, так и за рубежом.

В качестве эмульгаторов обратных эмульсий иногда используют маслорастворимые мыла сульфонатных ПАВ с двухвалентными металлами. Наличие нейтрализованной сульфогруппы (обладающей наиболее полярными свойствами) в молекуле этих ПАВ придает им высокую поверхностную активность на границе с водной фазой и адсорбционную способность на поверхности дисперсных минералов основной природы. Невысокие стабилизирующие свойства таких ПАВ в составе обратных эмульсий компенсируются вводом в нее дополнительных стабилизаторов органического или минерального происхождения.

Катионные ПАВ. ПАВ этого подкласса диссоциируют в водных растворах на поверхностно-активный катион и анион, представленный ионом галогена, серной, фосфорной или другой кислоты (рис.1.4.1, в). Несмотря на ограниченное производство, связанное со сложностью получения и дефицитностью исходного сырья, практическая роль этих ПАВ непрерывно возрастает.

С учетом их высокой и необратимой адсорбционной способности на минералах ленточного строения и кварцевом песке, эти ПАВ используют для их гидрофобизации. При определенной длине радикала в молекуле катионного ПАВ, как правило, C_{16} более, бентонитовая глина, обработанная ими, приобретает способность к интенсивному набуханию в углеводородной среде и значительному ее загущению даже при температурах более 200 °C.

Вследствие высокой полярности катионных ПАВ их не используют в качестве самостоятельных эмульгаторов. Однако дополнительное присутствие катионных ПАВ в обратных эмульсиях значительно повышает их гидрофобизирующие свойства по отношению к породе терригенного коллектора, глиноёмкость и термостабильность, особенно при наличии глинистых минералов асбеста или гуматов.

Следует также иметь в виду, что совместное использование водорастворимых анионных и катионных ПАВ исключается, так как приводит к образованию неактивных маслорастворимых соединений.

Неионные ПАВ. ПАВ этого класса не диссоциируют в водных растворах на ионы (рис. 1.4.1,а). Типичные его представители - оксиэтилированные химические соединения с подвижным атомом водорода в молекуле: алкилфенолы, спирты, жирные кислоты, амиды и др.

Числом групп окиси этилена (или пропилена) в молекуле регулируют растворимость этих ПАВ, поверхностную активность стабилизирующие свойства в составе пен и эмульсий.

Например, нонилфенол, с присоединенными к нему четырьмя молекулами окиси этилена (ОП-4), является маслорастворимым ПАВ и стабилизирует обратные эмульсии. Этот же продукт с 10-ю молекулами окиси этилена (ОП-10) будет водорастворимым соединением и стабилизирует пены и прямые эмульсии.

Неионные ПАВ с оксиэтилированными полярными группами и не содержащие в своем составе функциональных групп другого химического строения отличаются значительным размером посадочной площадки в составе адсорбционного слоя, низкой степенью адсорбции на твердых поверхностях и незначительная ее гидрофобизация (вплоть до гидрофилизации). Ввиду этого данные ПАВ очень редко используют в качестве самостоятельных эмульгаторов обратных эмульсий в нефтяной промышленности.

В состав неионных ПАВ входят также высокомолекулярные маслорастворимые амины, амиды, имидазолины, оксазолины карбоновые кислоты и их сложные эфиры с одно- и много- атомными спиртами (аминоспиртами), металлические мыла этих кислот с многовалентными металлами.

Перечисленные ПАВ включают наибольшее число эмульгаторов обратных эмульсий благодаря их плотной упаковке в составе адсорбционного слоя за счет незначительного размера полярных групп и их неионной природы, устойчивости в жесткой воде, а в ряде случаев и по отношению к рН, высокой температуре, удовлетворительным гидрофобизирующим свойствам по отношению к минеральным наполнителям.

В зарубежной практике при работе с обратными эмульсиям для нужд нефтяной промышленности используют в качестве эмульгаторов обратных эмульсий различные производные аминов и аминокспиртов следующего строения рис. 1.4.2.

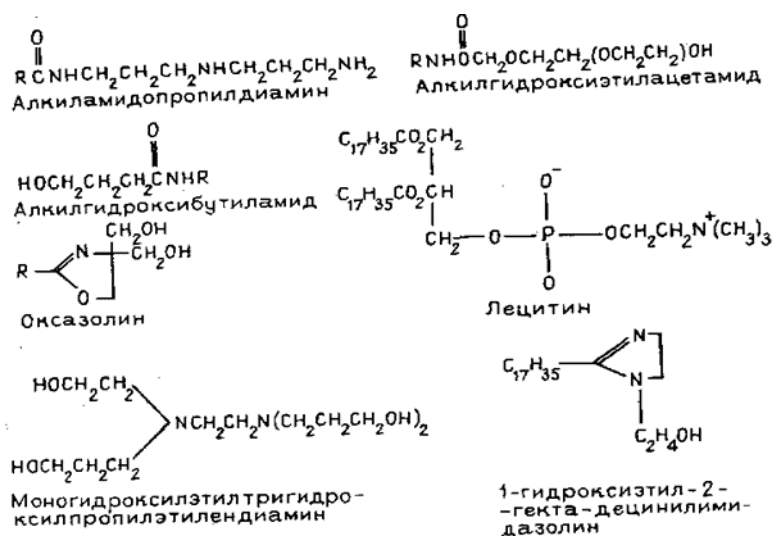


Рисунок 1.4.2 – Производные аминов и аминокспиртов

Амфолитные ПАВ. ПАВ этого класса представляют собой органические соединения, у которых полярная группа может иметь положительный отрицательный или нулевой заряд (см. рис. 8,г). Фактический заряд амфолитного ПАВ зависит от pH системы и взаимосвязан между pH и ионным зарядом ПАВ.

Примеры таких соединений - сульфонат амина $RNH(CH_2)_mSO_3H$ фосфат амина $RNH(CH_2)_nOPO_3H$, аминокарбоновые кислоты $H_2NRCOOH$ и их соли со щелочными металлами $H_2NRCOONa$. Амфолитные ПАВ используют в зарубежной нефтяной промышленности ограниченно, лишь как ингибиторы коррозии металле и пенообразующие агенты.

В настоящее время ассортимент и тоннаж отечественных и химических реагентов для получения и регулирования свойств обратных эмульсий невелик и не удовлетворяет все возрастающие потребности в такого рода продуктах.

2 Методика проведения исследований и оборудование

2.1. Методика приготовлений модельного бурового раствора

Приготовление модельного бурового раствора проводится в железном цилиндрическом стакане объёмом 1000 см³. Несмотря на то, что в зависимости от серии экспериментов, предмета исследования, методика приготовления РУО претерпевает изменения (отдельно об этом будет сказано в главе №3), общий вид приготовления модельного бурового раствора осуществляется следующим образом:

1. В стакане смешиваются необходимое количество дизельного топлива и исследуемого эмульгатора, добиваются полного растворения эмульгатора в ДТ при помощи высокооборотистой мешалки (10000 об/мин);
2. Не выключая мешалку, порционно вводится заранее приготовленный 25% рассол CaCl_2 и перемешивается в течение $10 \pm 0,2$ мин. со скоростью 10000 об/мин;
3. В раствор добавляют гашенную известь (CaO) в количестве, установленным рецептурой, после чего перебивают ещё $5 \pm 0,1$ мин.;
4. Далее постепенным вводом добавляют органобентонит (МОНАМЕТ 104, АО «МЕТАКЛЭЙ»), после чего оставляют перемешивать в течение $10 \pm 0,2$ мин. при неизменной скорости мешалки;
5. В полученную эмульсию постепенным вводом добавляется необходимое количество утяжелителя (CaCO_3), после чего оставляют перемешивать ещё на $10 \pm 0,2$ мин при 10000 об/мин;
6. Производится дегазация приготовленного модельного бурового раствора с помощью вакуумного насоса в течение 10 мин.;
7. В случае необходимости, полученная эмульсия охлаждается до комнатной температуры ($25 \pm 2^\circ\text{C}$).

2.2. Методика испытаний электростабильности РУО

Электростабильность – один из важнейших параметров, применяемых для оценки фазовой стабильности раствора на углеводородной основе и его смачивающей способности. Высокие показатели электростабильности указывают на высокую стойкость эмульсии и стабильности жидкости. Замер параметра электростабильности проводится специальным прибором – тестером стабильности эмульсии (рис. 2.2.1).

Замер параметра электростабильности происходит в момент появления в эмульсии моста проводимости, возникающим при подаче синусоидального электрического сигнала с прецизионно регулируемой скоростью нарастания амплитуды на пару плоских параллельных электродов, погруженных в буровой раствор на нефтяной основе. Результирующий ток остается малым ($61 \pm 5 \mu\text{A}$) до тех пор, пока напряжение не достигнет порогового значения. При превышении порогового напряжения ток быстро растёт, а анализатор стабильности эмульсии фиксирует тот рост. Значение порогового напряжения рассматривают как показатель электростабильности бурового раствора [30,31].



Рисунок 2.2.1 – Тестер стабильности эмульсий «Ofite testing equipment».

Значение электростабильности зависит от многих факторов, таких как:

— Скорость перемешивания бурового раствора (значение растёт с ростом скорости перемешивания);

— Соотношение фаз (увеличивается при смещении в сторону углеводородной фазы);

— Степень минерализации дисперсной фазы (При увеличении концентрации солей электростабильность увеличивается до некоторой величины);

— Концентрации эмульгатора;

— Температуры;

— Утяжеляющего материала;

Замер электростабильности бурового раствора в рамках данной диссертации проводился при комнатной температуре $25 \pm 2^\circ\text{C}$, в соответствие следующей последовательности [32,33]:

1. Налить буровой раствор в стеклянный или пластмассовый стакан;

2. Протереть внутренние поверхности электродов щупа спиртовым или другим обезжиривающим раствором;

3. Убедиться в работоспособности прибора удержанием кнопки замера электростабильности. При этом показание прибора в воздухе должно показывать $>2000\text{В}$;

4. Медленно погрузить щуп в буровой раствор так, чтобы всё пространство между электродами было полностью заполнено, а электроды были полностью закрыты буровым раствором, щуп не касался стенок и дна стакана;

5. Вручную перемешать образец с щупом в течение 10-15 секунд для выравнивания параметров бурового раствора;

6. Удерживая щуп в статическом положении снять показания электрической стабильности бурового раствора, записать результат;

7. Перемешать раствор с использованием щупа и повторить замер (не менее 5-6 раз);

8. В качестве результата записать среднее арифметическое значение измерений.

2.3 Методика замера реологических характеристик

Несмотря на то, что характер течения жидкостей на углеводородной основе подчиняются закону течения жидкости Гершеля-Балкли, для сравнения и оценки реологических характеристик, также, как и для жидкостей на водной основе проводится замер параметров, присущих модели течения жидкости Бингама-Шведова – Динамического напряжения сдвига (ДНС), пластической вязкости (ПВ), статического напряжения сдвига (СНС). Для проведения измерений используется вискозиметр зарубежного производства «Ofite-800» (рис. 2.3.1).



Рисунок 2.3.1 – Вискозиметр Ofite-800

Замер реологических характеристик проводится при комнатной температуре ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) в порядке действия, соответствующему стандартам АНИ [34]:

1. В стакан налить буровой раствор до метки и поставьте его на платформу вискозиметра;
2. Поднять платформу вверх до тех пор, пока уровень жидкости в стакане не достигнет риски на муфте ротора;
3. Повернуть ручку выбора скорости в положение STIR (перемешивание) и перемешивайте образец в течении нескольких секунд;
4. Установив ручку выбора скорости в положение 600 RPM (об/мин), дождаться стабилизации показаний на шкале лимба и записать показания при 600 об/мин и температуру образца;

5. Повернув ручку выбора скорости в положение 300 об/мин, дождаться стабилизации показаний на шкале лимба и записать показания при 300 об/мин и температуру образца;

6. Прodelать ту же операцию для скорости вращения ротора 200, 100, 60, 30, 6, 3 об/мин.

После получения показаний вискозиметра, расчёт пластической вязкости (ПВ, PV) и динамического напряжения сдвига (ДНС, γ_P) следует, придерживаясь формулам:

$PV, \text{сП} = \text{Показания при 600 об/мин} - \text{показания при 300 об/мин}$

$\gamma_P, \left(\frac{\text{фунт}}{100 \text{ фут}^2} \right) = \text{Показания при 300 об/мин} - \text{пластическая вязкость}$

2.4 Методика замера фильтрации бурового раствора

Фильтрация - параметр, определяемый объемом жидкой фазы, отфильтровавшейся из РУО под действием перепада давления при определенной температуре за 7,5/30 минут. В отличие от водных систем фильтрат РУО может быть представлен эмульсией и углеводородной жидкостью.

Для измерения фильтрации в статических условиях используется фильтр пресс «OFITE-800» (рис. 2.4.1), с рабочим перепадом давления в 7 атм.



Рисунок 2.4.1 – Фильтр-пресс настольный с модулем давления CO₂.

Проведение испытания бурового раствора на фильтрацию проводят в следующем порядке:

- Ячейку фильтр-пресса берут вверх дном (широким открытым концом вверх) и заполняют ее перемешанным буровым раствором, не доходя до верхнего края 0,25 дюйма (0,6 см);
- Затем накрывают сухим бумажным фильтром и закрывают крышкой;
- переворачивают собранный прибор вертикально и укрепляют в держателе;
- Помещают чистый сухой градуированный цилиндр под выходное отверстие и открывают впускной клапан;
- Создают в фильтрационной камере давление 100 фунтов/дюйм² (0,7 МПа) и фильтруют в течение 30 минут;
- Через 30 минут сбрасывают давление, закрывают впускной клапан и измеряют объем собранного фильтрата в мл.

2.5 Методика замера плотности бурового раствора

Для определения плотности бурового раствора используются рычажные весы-плотномеры ВРП-1 (рисунок 2.6.1).



Рисунок 2.5.1 – рычажные весы-плотномеры ВРП-1

Рычажные весы состоят из стакана для раствора, крышки стакана, подушки, призмы, рычага со шкалой, передвижного груза и стойки. Замеры по верхней шкале осуществляются путем установки весов на правую призму и перемещения подвижного груза, замеры по нижней шкале осуществляются путем установки весов на левую призму и перемещения подвижного груза.

Принцип работы ВРП-1 основан на уравнивании моментов левой и правой сторон подвижной части весов относительно опоры на призмах. Раствор заливается в мерный стакан до верхней кромки и закрывается крышкой. Излишки раствора, которые вытекают из специального отверстия на крышке удаляются. Далее подвижная часть весов устанавливается на стойке с помощью правой призмы. Путем передвижения подвижного груза рычаг устанавливается в равновесное положение и происходит замер плотности раствора по верхней шкале. Если плотность раствора больше, чем предел измерения по верхней шкале, подвижная часть весов переставляется на левую призму и измерение плотности проводится по нижней шкале. После измерения крышку стакана снимают, раствор сливают из стакана, стакан промывают от раствора водой, после протирают насухо.

Источником ошибок определения истинной плотности раствора может быть загрязнение воды (плотность воды в ведерке не должна отличаться более ± 3 кг/м³), вовлечение воздуха в цементный раствор при его приготовлении, неисправность прибора, пузырьки воздуха, задерживающиеся на торцовых поверхностях и углублениях в деталях прибора.

3 Результаты экспериментальных исследований

3.1 Влияние химической природы эмульгаторов ряда производных жирных кислот и этаноламинов на свойства ГЭБР

Данный раздел посвящен сравнительному исследованию свойств ГЭБР, стабилизированных продуктами конденсации жирных и смоляных кислот таллового масла с этаноламинами. Подобные продукты, а именно этаноламиды и эфиры жирных кислот, широко используются в качестве недорогой основы эмульгирующих композиций различного назначения, в том числе для приготовления буровых растворов. Несмотря на это, для данной группы ПАВ на сегодняшний день отсутствуют комплексные исследования, посвященные вопросу влияния особенностей строения эмульгатора на свойства эмульсий. Данная работа также является продолжением серии исследований, посвященных синтезу и практическому применению алкилоламидов жирных кислот в качестве эмульгаторов инвертных эмульсий.

Синтез исследуемых эмульгаторов осуществлялся методом прямым амидированием/этерификацией дистиллированного таллового масла соответственно моно-, ди- или триэтаноламином в условиях удаления реакционной воды. Строение и состав эмульгаторов приведен на рисунке 3.1.1.

Моноэтаноламиды (DcM) и эфиры триэтаноламина (DcT) можно условно назвать однокомпонентными реагентами, т. к. они состоят преимущественно из одного типа производных жирных кислот. Диэтаноламиды (DcD) имеют более сложный состав и помимо амида 3.1.1а содержат значительные количества амидоэфира 3.1.1в. Такие различия обусловлены спецификой реакций конденсации жирных кислот с этаноламинами и обсуждаются, например, в работах. Кроме указанных на рисунке 1 соединений все эмульгаторы содержат остаточное количество жирных кислот в виде их солей с соответствующими аминами, а также некоторое количество свободного амина. Несмотря на некоторые различия в составе, общими признаками для всех эмульгаторов данного ряда являются: 1) одинаковые гидрофобные радикалы; 2) родственная природа гидрофильных

участков, представленных оксиэтильными и амидными группами; 3) идентичные условия синтеза.

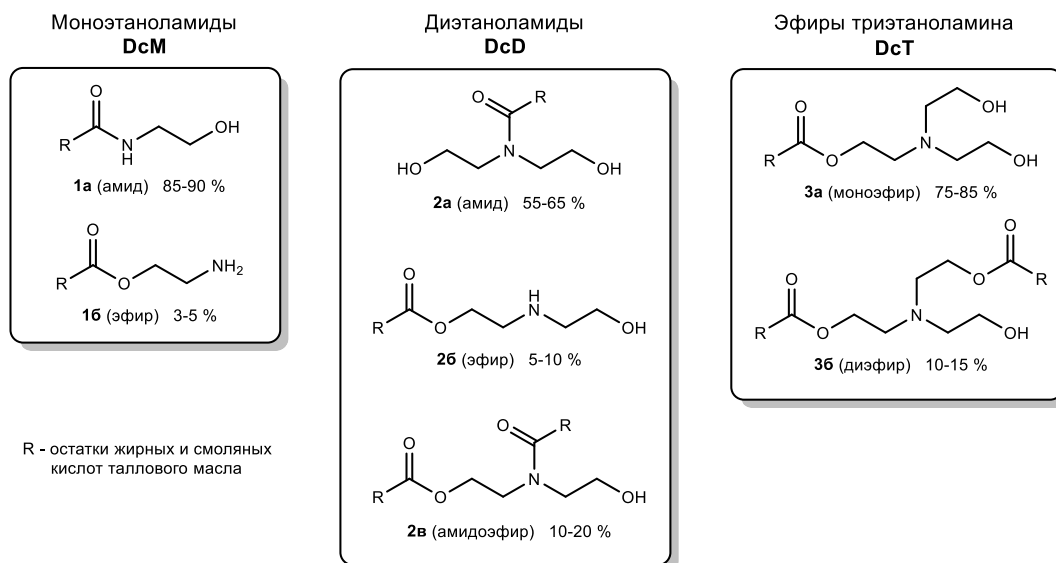


Рисунок 3.1.1 – Строение и состав эмульгаторов

Исследования проводились на модельных буровых растворах, методика приготовления и компонентный состав которых был описан в разделе 2.1. Были выбраны две серии ГЭБР, отличающиеся объемными соотношениями: водная фаза : углеводородная фаза, которые в нашем случае составляли 30:70 и 40:60 соответственно. В пределах каждой серии варьировались концентрации эмульгатора, содержание остальных компонентов было постоянным.

Электростабильность ГЭБР закономерно повышается с ростом концентрации эмульгатора (рисунок 3.1.2). Эта зависимость справедлива при любых соотношениях фаз в буровом растворе, она объясняется ростом величины адсорбции молекул эмульгатора на поверхности глобул и, как следствие, повышением стабильности эмульсии против коалесценции. Очевидно, что электростабильность бурового раствора стремится к некоторому предельному для каждого конкретного состава и эмульгатора значению, соответствующему максимальному заполнению адсорбционного слоя, после которого она перестает зависеть от концентрации эмульгатора. Кривые, приведенные на рисунке 3.1.2, подтверждают это положение.

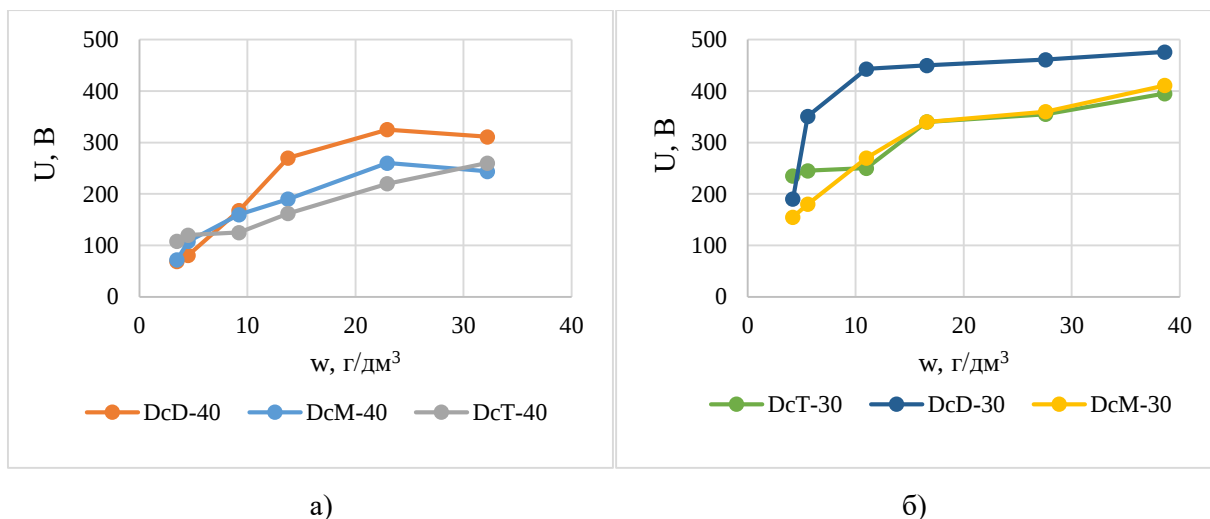


Рисунок 3.1.2 – Зависимость электростабильности ГЭБР (U) от содержания эмульгатора (w): а) 40 % водной фазы; б) 30 % водной фазы.

Кроме этого, полученные нами данные полностью согласуются с известной зависимостью электростабильности ГЭБР от соотношения фаз [15], согласно которой при увеличении доли водной фазы в обратной эмульсии ее электростабильность уменьшается. В нашем случае буровые растворы, содержащие 30 % водной фазы, имеют электростабильность в среднем на 120-150 В выше, чем аналогичные растворы, содержащие 40 % водной фазы. Согласно рисунку 2 наибольшая электростабильность наблюдаются у ГЭБР, стабилизированных диэтаноламидами, значения которой в области средних и высоких концентраций эмульгатора достигают 450-480 В. Растворы, содержащие моноэтаноламиды и эфиры триэтаноламина, имеют более низкие показатели электростабильности, находящиеся на уровне 340-410 В в том же диапазоне концентраций.

На реологические свойства буровых растворов исследуемые эмульгаторы оказывают принципиально различное влияние. Пластическая вязкость (ПВ) рассматриваемых ГЭБР практически не зависит от концентрации эмульгаторов во всем исследуемом диапазоне (рисунок 3.1.3). Для растворов, содержащих 30 % водной фазы, значения данного показателя находятся в диапазоне 16-22 мПа·с. Пластическая вязкость ГЭБР, состоящих из 40 % водной фазы, в среднем немного выше и варьирует в пределах 20-25 мПа·с. Также можно отметить, что буровые растворы, содержащие эмульгатор

DcM, имеют более высокие показатели ПВ по сравнению с растворами на основе остальных эмульгаторов.

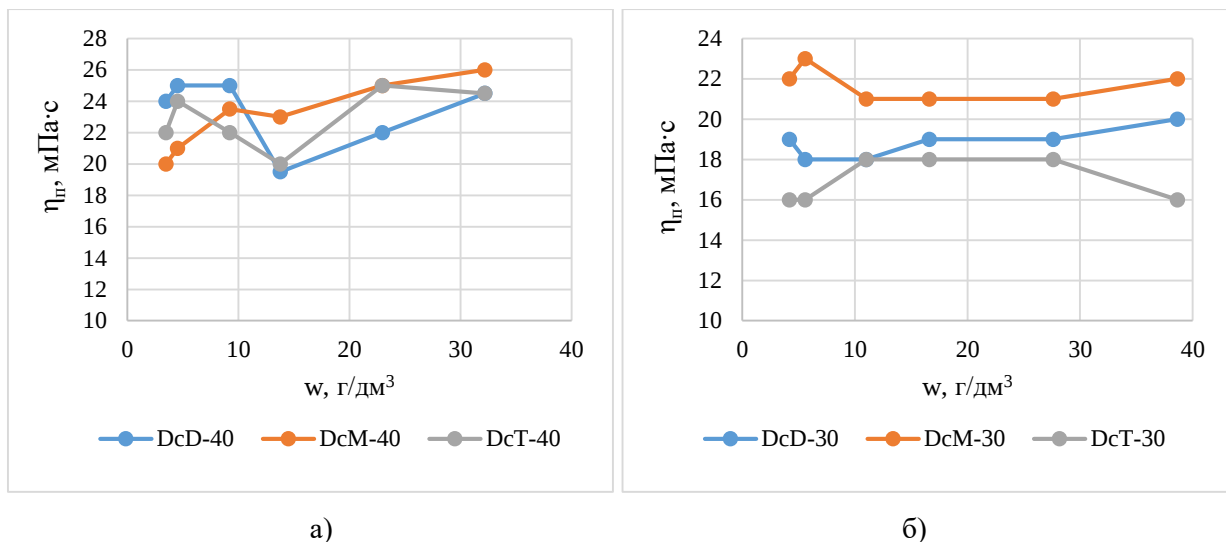


Рисунок 3.1.3 – Зависимость пластической вязкости ГЭБР (η_p) от содержания эмульгатора (w): а) 40 % водной фазы; б) 30% водной фазы.

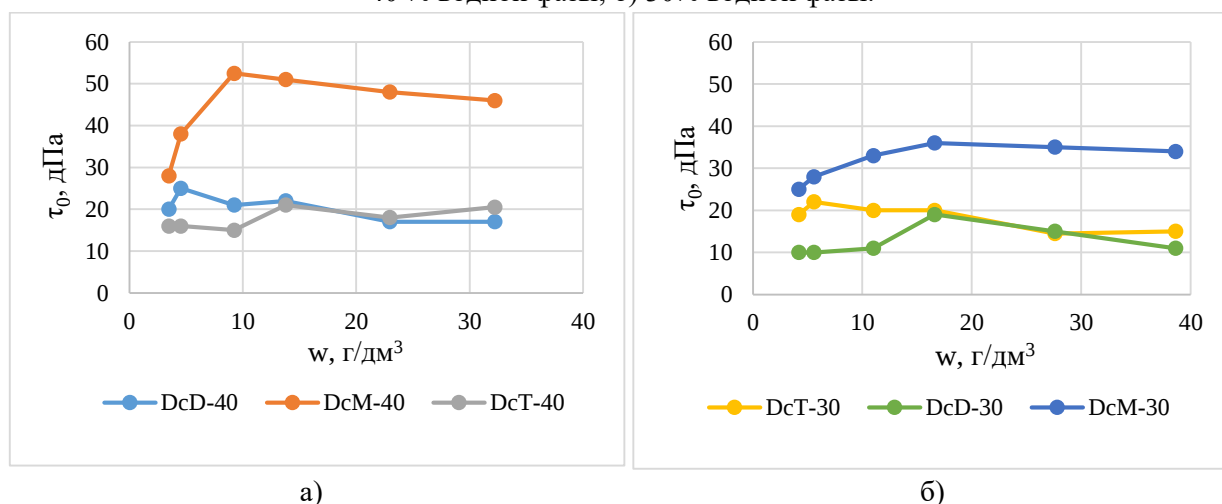


Рисунок 3.1.4 – Зависимость динамического напряжения сдвига ГЭБР (τ_0) от содержания эмульгатора (w): а) 40 % водной фазы; б) 30 % водной фазы

Согласно рисунку 3.1.4 динамическое напряжение сдвига (ДНС) растворов, приготовленных с использованием эмульгаторов DcD и DcT, находится в диапазоне 50-100 дПа и, на наш взгляд, не обнаруживает какой-либо явной зависимости от содержания эмульгатора. Напротив, у растворов, стабилизированных DcM, на кривых зависимости ДНС от концентрации эмульгатора можно выделить два участка, разделенных максимумом. Первый участок имеет вид восходящей кривой, причем представленные данные позволяют предположить, что крутизна этой кривой определяется

соотношением водной и углеводородной фаз в ГЭБР. Второй участок близок к линейной зависимости и описывает плавное снижение ДНС при увеличении содержания эмульгатора. Таким образом, в области средних и высоких концентраций эмульгатора значения ДНС буровых растворов, стабилизированных DcM и содержащих 30 % водной фазы, примерно в 2-2,5 раза выше, чем у аналогичных, стабилизированных DcD или DcT. Для серии ГЭБР, содержащей 40 % водной фазы, наблюдается уже 2,5-3 кратное превышение данного показателя.

Также различным оказывается влияние природы эмульгатора на статическое напряжение сдвига (СНС) буровых растворов. Анализируя полученные данные, представленные графически на рисунке 5, можно сделать вывод о том, что СНС растворов, содержащих в качестве эмульгаторов DcD или DcT, в целом имеет тенденцию к постепенному снижению, которая особенно заметна в области высоких концентраций. Значения СНС данных растворов укладываются в диапазон 30-65 дПа, при этом растворы, содержащие 40 % водной фазы, в среднем имеют более высокие значения СНС. Зависимость СНС буровых растворов от содержания эмульгатора DcM напоминает аналогичную зависимость ДНС для этого же эмульгатора: в области низких концентраций происходит рост СНС, в области средних и высоких – незначительное снижение. Как и в случае ДНС, в данном диапазоне концентраций СНС растворов на основе DcM примерно в 2-2,5 раза превышает аналогичные показатели растворов, содержащих эмульгаторы DcD и DcT. Следует также отметить, что все исследуемые эмульгаторы образуют ГЭБР с достаточно низкими тиксотропными свойствами, о чем свидетельствуют весьма близкие значения величин θ_{10} и θ_{600} .

Природа исследуемых эмульгаторов вызывает кардинальные различия в фильтрационных свойствах ГЭБР. Результаты испытаний представлены в таблице 3.1.1. Фильтрация буровых растворов, приготовленных с использованием DcD и DcT, в целом, находится на достаточно низком уровне. Для средних и высоких концентраций эмульгаторов показатель фильтрации за

30 мин (Φ_{30}) для обоих выбранных соотношений фаз, как правило, не превышает 4-5 мл, что является типичным для ГЭБР. Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о снижении средних потерь фильтрата с ростом содержания эмульгатора в буровом растворе, а также об уменьшении доли углеводородной фазы в фильтрате. То есть увеличение концентрации данных эмульгаторов улучшает фильтрационные свойства ГЭБР, существенно снижая при этом потери углеводородной фазы. Фильтрация растворов, стабилизированных эмульгаторами DcD и DcT, представляет собой в известной степени равномерный процесс: значения Φ_{30} превышают $\Phi_{\text{мг}}$ (мгновенная фильтрация) в среднем в 3-4 раза. Толщина фильтрационной корки не превышает 2-3 мм.

Совершенно иной характер фильтрации имеют буровые растворы, стабилизированные эмульгатором DcM. У таких растворов фильтрация (Φ_{30}) нелинейно возрастает, причем, рост заметно ускоряется в области высоких концентраций эмульгатора, достигая необычайно высоких для ГЭБР значений – 20-22 мл. Динамика фильтрации также сильно отличается от динамики фильтрации растворов, полученных на основе остальных эмульгаторов. В случае моноэтаноламидов бо́льшая часть фильтрата – в среднем это 65-70 %, выделяется в первые секунды испытаний, т. е. отношение $\Phi_{30}:\Phi_{\text{мг}}$ в данном случае не превышает 1,5. Отличается также и получаемая фильтрационная корка, которая для данных растворов имеет толщину 5-7 мм.

Кроме этого необходимо отметить, что для всех исследуемых ГЭБР фильтрат представляет собой систему: углеводород – инвертная эмульсия, не содержащую даже следов водной фазы, что говорит об относительно высокой стабилизирующей способности всех трех эмульгаторов против коалесценции глобул.

Таблица 3.1.1 – Результаты фильтрационных испытаний модельных ГЭБР

Эмульгатор	Содержание эмульгатора, г/дм ³	Фильтрация, мл			Соотношение фаз в фильтрате: углеводородная фаза : эмульсия
		$\Phi_{\text{мг}}$	$\Phi_{7,5}$	Φ_{30}	
30:70*					
DcM	4,2	3,6	7,4	9,6	60:40
	5,6	4,0	7,6	10,2	60:40
	11,0	7,0	9,2	12,2	65:35
	16,6	5,2	6,8	8,8	50:50
	27,6	9,8	13,0	15,0	35:65
	38,6	9,6	12,6	14,6	35:65
DcD	4,2	2,6	5,0	7,4	65:35
	5,6	2,2	4,4	6,6	60:40
	11,0	1,8	3,6	5,2	55:45
	16,6	1,8	3,2	4,6	50:50
	27,6	1,0	2,0	3,2	40:60
	38,6	1,2	2,8	4,2	25:75
DcT	4,2	2,8	5,6	8,4	60:40
	5,6	2,2	4,2	6,8	75:25
	11,0	1,4	2,8	4,4	70:30
	16,6	1,8	3,0	4,6	40:60
	27,6	2,2	3,8	5,2	35:65
	38,6	1,2	2,2	3,6	30:70
40:60*					
DcM	3,48	6,0	7,2	9,2	40:60
	4,53	4,0	5,6	6,6	30:70
	9,23	4,0	5,0	6,0	40:60
	13,77	5,0	7,2	8,2	30:70
	22,96	7,5	9,5	10,0	20:80
	32,21	15,0	20,6	21,8	10:90
DcD	3,48	2,6	4,0	5,4	60:40
	4,53	1,2	2,0	3,0	65:35
	9,23	1,6	2,8	3,8	70:30
	13,77	0,6	1,6	2,8	70:30
	22,96	0,4	1,4	2,2	50:50
	32,21	1,2	2,0	2,8	45:55
DcT	3,48	2,0	2,6	4,0	80:20
	4,53	1,0	3,8	6,0	70:30
	9,23	1,4	2,6	4,0	50:50
	13,77	1,0	2,0	3,2	45:55
	22,96	1,8	2,8	3,6	20:80
	32,21	0,8	1,6	2,6	20:80

* – соотношение фаз в ГЭБР: водная – углеводородная

Ранее, в работе, было показано, что моноэтаноламиды жирных кислот таллового масла образуют инвертные эмульсии с более высокими реологическими показателями, чем, например, аналогичные диэтаноламиды. Причем эти различия становятся явно заметными при содержании водной фазы в эмульсии менее 70 %. Объяснение данных закономерностей основывалось на повышенной вязкости дисперсионной среды, содержащей растворенный эмульгатор. Таким образом, более высокие значения реологических показателей ГЭБР, стабилизированных DcM, по сравнению с другими эмульгаторами коррелируют с полученными ранее на модельных эмульсиях результатами и являются предсказуемыми.

Более неожиданным оказались рассмотренные выше результаты фильтрационных исследований, которые невозможно объяснить особенностями реологического поведения эмульсий. Высокие показатели фильтрации буровых растворов, стабилизированных DcM, позволяют говорить о том, что в присутствии избытка моноэтаноламидов жирных кислот органоглина перестает выполнять функции понизителя фильтрации. На наш взгляд, в данном случае мы имеем дело со специфическими взаимодействиями в системе: эмульгатор – органоглина. Удивительным является тот факт, что DcM избирательно действует только на фильтрационные характеристики бурового раствора, не ухудшая при этом его реологических свойств. Очевидное на первый взгляд предположение о том, что моноэтаноламиды препятствуют образованию структурированной системы органоглины в объеме углеводородной фазы в данном случае не справедливо, т. к. при этом наблюдалось бы резкое падение таких структурно-механических свойств, как ДНС и СНС, чего на практике не происходит.

Главное отличие моноэтаноламидов жирных кислот от аналогичных производных диэтаноламина и триэтаноламина заключается в размерах полярной части молекул. В исследуемом ряду эмульгаторов молекулы DcM имеют наименее разветвленную и наименее объемную полярную группу (рисунок 1). Следствием этого может являться более плотная, либо

специфическая, упаковка молекул указанного ПАВ при их самоассоциации в надмолекулярные структуры, такие как мицеллы, адсорбционные слои или различные жидкокристаллические фазы. Вероятно, образованием таких структур объясняется аномальное поведение буровых растворов, содержащих данный эмульгатор. Необходимо отметить, что ранее подобные вопросы в научной литературе не освещались, в связи с чем, они требуют специальных исследований.

Таким образом, на примере продуктов конденсации жирных кислот с некоторыми этаноламинами было показано:

1. Химическая природа эмульгатора может оказывать принципиально различное влияние на свойства стабилизируемых ими ГЭБР. Так, использование диэтаноламидов жирных кислот и эфиров триэтаноламина дает буровые растворы с близкими реологическими и фильтрационными характеристиками, при этом буровые растворы на основе диэтаноламидов обладают более высокой электростабильностью;

2. Моноэтаноламиды жирных кислот образуют ГЭБР с существенно более высокими структурно-механическими свойствами, такими как ДНС и СНС, по сравнению с вышеуказанными эмульгаторами, однако, при этом заметно ухудшаются показатели фильтрации буровых растворов, особенно в области высоких концентраций эмульгатора.

3.2 Влияние условий синтеза эмульгатора DcD на свойства ГЭБР

Ранее было показано, что продукты конденсации жирных кислот с этаноламинами в зависимости от структуры амина способны придавать ГЭБР различные свойства. Данный раздел является продолжением исследований по синтезу и применению алкилоламидов жирных кислот в качестве эмульгаторов инвертных эмульсий. Целью данного раздела являлось исследования влияния условия синтеза диэтаноламидов жирных кислот методом прямого амидирования на свойства стабилизируемых ими ГЭБР.

В качестве модельного раствора использовался раствор, описанный в главе 2.1, с той же методикой приготовления. Состав был постоянным, варьировалось только время синтеза эмульгатора. В работе определялась зависимость основных технологических параметров ГЭБР (электростабильности, реологических и фильтрационных) от температуры и продолжительности синтеза эмульгатора.

Зависимости ES ГЭБР от продолжительности синтеза эмульгатора при различных температурах представлены на рис. 3.2.1, из которого видно, что на всех кривых отмечаются максимумы электростабильности, но положение пиков максимумов, их ширина и высота определяются температурой синтеза. Образцы, полученные при температуре 190 °С, уже через 60 мин образуют ГЭРБ с максимальной ES, достигающей 600 В. При температуре 170 °С максимум ES наблюдается через 2 ч синтеза, при температуре 150 °С – через 3 ч, при этом максимум электростабильности снижается до 530 В. Дальнейшее увеличение продолжительности синтеза эмульгаторов уменьшает ES буровых растворов. Чем выше температура синтеза, тем более резко снижается ES после достижения максимального значения. Таким образом, чем выше температура синтеза, тем более высокой стабилизирующей способностью обладают полученные продукты и тем меньше необходимое для этого время синтеза и его диапазон.

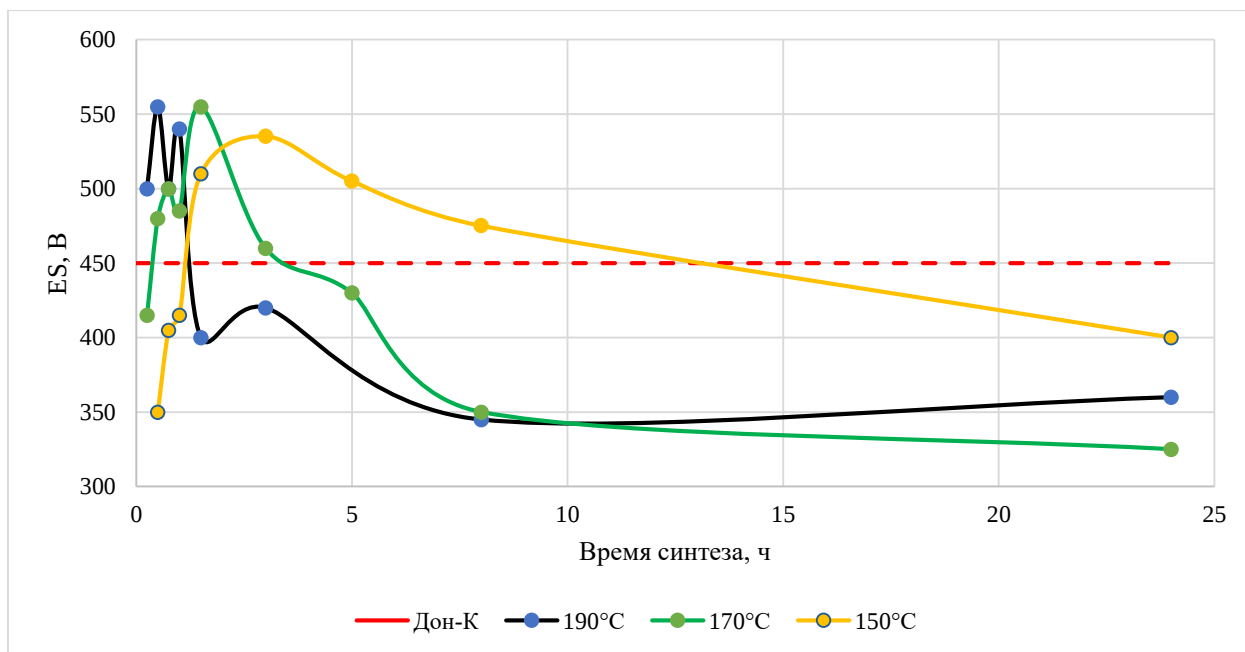


Рисунок 3.2.1 – Зависимость ES ГЭБР от времени синтеза эмульгатора DcD

Рост ES на начальных этапах синтеза, по мнению авторов, связан с накоплением в реакционной смеси диэтаноламидов, обладающих наибольшей способностью стабилизировать инвертные эмульсии. Максимумы ES соответствуют максимальным концентрациям диэтаноламидов. Дальнейшее снижение ES обусловлено вторичными реакциями, в результате которых содержание диэтаноламидов снижается, побочных продуктов – возрастает. При этом очевидно, что продукты побочных реакций по стабилизирующей способности существенно уступают диэтаноламидам. Повышенные температуры синтеза способствуют более быстрому образованию смеси соединений диэтаноламидов, но в то же время ускоряют вторичные реакции, в которых данные вещества необратимо превращаются в другие продукты. Этим объясняются быстрый рост и такое же быстрое снижение ES буровых растворов, стабилизированных эмульгаторами, которые получены при повышенных температурах. Для сравнения на рис. 2 приведена ES бурового раствора, приготовленного с использованием эмульгатора Дон-К. Его электростабильность примерно на 100-150 В ниже максимальных значений данного показателя исследуемых эмульгаторов, однако при большой продолжительности амидирования стабилизирующая способность получаемых продуктов оказывается существенно ниже, чем у эмульгатора

Дон-К. Таким образом, повышение температуры синтеза диэтаноламидов снижает время процесса и позволяет получать более агрегативно устойчивые ГЭБР.

В отличие от пластической вязкости такие структурно-механические свойства ГЭБР, как динамическое (ДНС) и статическое (СНС) напряжения сдвига, в большей степени зависят от условий синтеза эмульгатора. Авторами показано, что все зависимости структурно-механических свойств буровых растворов от продолжительности синтеза проходят через минимумы (рис. 5).

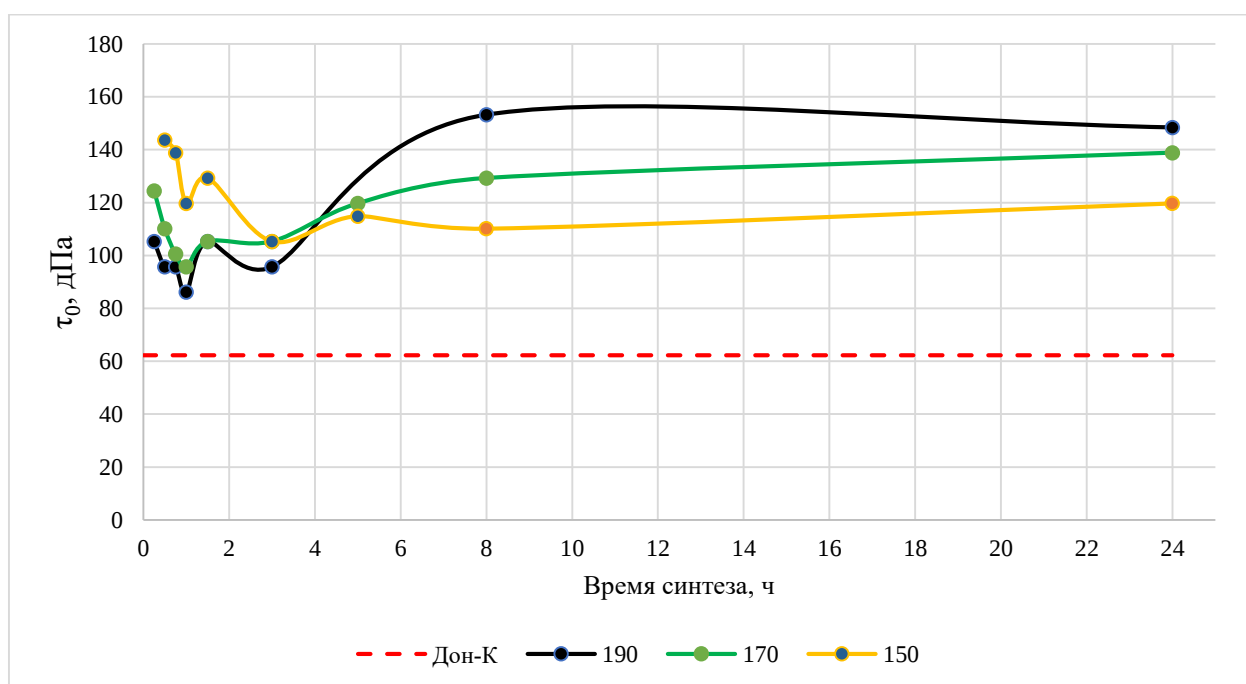


Рисунок 3.2.2 – Зависимость ДНС ГЭБР от времени синтеза эмульгатора DcD.

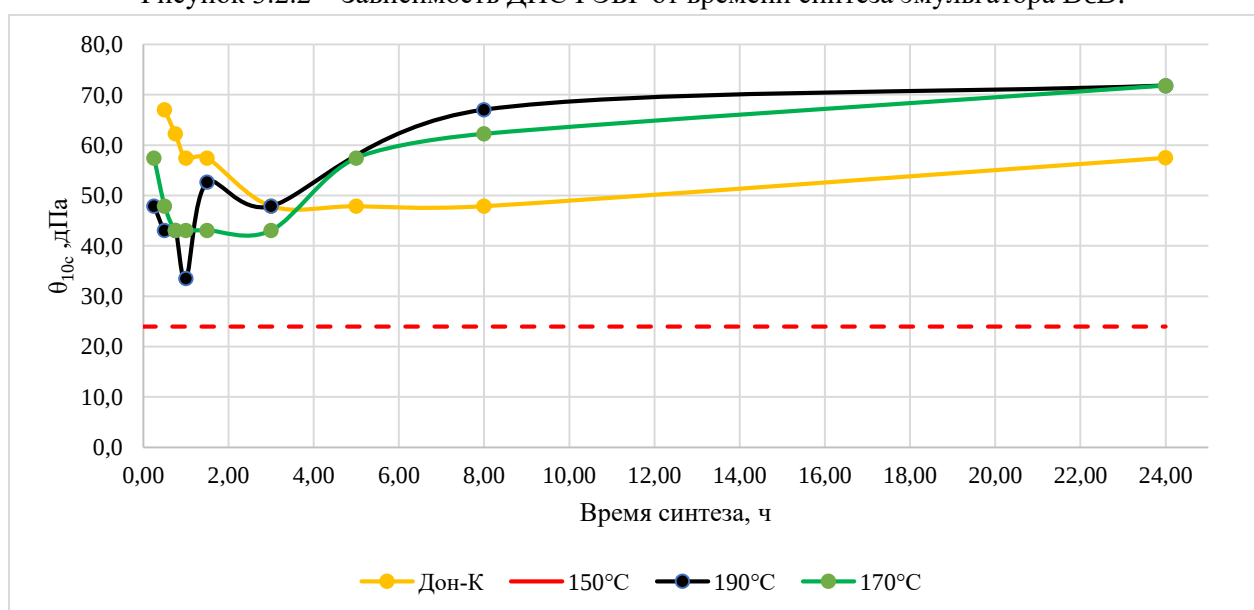


Рисунок 3.2.3 – Зависимость СНС ГЭБР от времени синтеза эмульгатора DcD.

Как и в случае ES, положение, глубина и ширина минимума определяются температурой реакции: чем она выше, тем быстрее достигается минимум, ниже значение показателя при минимуме и уже его диапазон. Анализ полученных данных показал, что минимумы на кривых ДНС – время синтеза и СНС – время синтеза для каждой температуры находятся практически в тех же временных диапазонах, что и максимумы ES (см. рис. 2). Это позволяет предположить, что максимальное содержание диэтаноламидов в эмульгаторе соответствует максимальной ES бурового раствора, но минимальным ДНС и СНС. Снижение напряжений сдвига на начальных участках зависимостей связано с первой фазой процесса, когда аммонийная соль превращается в диэтаноламид. Рост ДНС и СНС после минимума, вероятно, обусловлен указанными выше вторичными реакциями, в результате которых содержание смеси соединений 1 и 2 снижается, а побочных продуктов увеличивается. Как видно из рис. 3, при температурах 170 и 190 °С после 24 ч синтеза эмульгатора ДНС буровых растворов возрастают примерно в 1,5 раза, а СНС – в 2 раза по сравнению с их минимальными значениями.

Сравнение полученных ДНС и СНС с аналогичными параметрами бурового раствора, приготовленного с использованием эмульгатора Дон-К, показывает, что структурно-механические показатели ГЭБР на основе продуктов прямого амидирования преимущественно имеют более высокие значения. Исключением являются образцы, синтез которых проводился при повышенных температурах в течение времени, соответствующего, по мнению авторов, максимальным концентрациям смеси соединений 1 и 2 в продуктах реакции. Рассматривая эмульгатор Дон-К как «эталонные» диэтаноламиды жирных кислот, не со держащие побочных продуктов, характерных для прямого амидирования, можно сделать вывод, что вещества, образующиеся на поздних этапах синтеза, обладают структурообразующими свойствами, которые обуславливает рост напряжений сдвига бурового раствора. В качестве таких веществ могут быть не только указанные выше побочные продукты, но и, на пример, димеры и олигомеры ненасыщенных жирных

кислот и их производных, которые образуются при высоких температурах [9]. Этим, в частности, можно объяснить более резкий рост ДНС и СНС для эмульгаторов, полученных при температурах 170 и 190 °С. Следует также отметить, что условия синтеза диэтаноламида не влияют на тиксотропные свойства ГЭБР, которые у всех без исключения образцов практически отсутствуют: коэффициент тиксотропии $_{10/1} \approx 1$. Опыт бурения скважин показывает, что очень высокие структурно-механические свойства бурового раствора являются причиной следующих осложнений: увеличения давления на насосах при восстановлении циркуляции раствора; повышения вероятности гидроразрыва пласта; снижения эффективности очистки бурового раствора от шлама и др. В данной работе при выборе рецептуры модельных ГЭБР авторами не ставилась задача подбора его состава к конкретным условиям бурения. Вследствие того, что в модельных ГЭБР содержалась достаточно высокая доля водной фазы (40 %), реологические показатели оказались весьма высокими. На первый взгляд, это не является проблемой, так как реологические свойства ГЭБР в отличие от ЕС легко регулируются, например, изменением соотношения содержания воды – углеводорода, а также количеством содержания воды – углеводорода, а также количеством структурообразователя в буровом растворе. Однако на практике предпочтительно использование ГЭБР с возможно более высокой долей водной фазы, поскольку это существенно снижает стоимость бурового раствора при условии, что его предельные напряжения сдвига не превышают заданных значений. Следовательно, дополнительный рост реологических показателей, обусловленный только свойствами эмульгатора, является нежелательным, так как при восстановлении циркуляции раствора приводит к повышенной нагрузке на насосное оборудование, ухудшению прокачиваемости и другим негативным явлениям. Как показали полученные результаты, неправильно выбранные условия синтеза эмульгатора, в частности диэтаноламидов жирных кислот, могут существенно повлиять на

структурно-механические свойства готового бурового раствора, что не позволит использовать более экономичные варианты его рецептуры.

Фильтрация. Показатель фильтрации (за 30 мин) всех исследуемых ГЭБР находится на достаточно низком уровне и варьируется в узком диапазоне – от 2,2 до 3,6 мл. При этом зависимости данного показателя от условий синтеза эмульгатора авторами не установлено. Фильтрат представляет собой инвертную эмульсию, иногда с небольшим количеством свободного дизельного топлива, выделяющегося на поздних стадиях фильтрации. Водная фаза отсутствует, что свидетельствует о высокой стабилизирующей способности всех образцов эмульгаторов независимо от условий их синтеза. Толщина фильтрационной корки не превышает 2–3 мм.

Малые фильтрационные потери и тонкая корка являются одними из главных преимуществ ГЭБР по сравнению с растворами на водной основе. Указанные свойства позволяют эффективно проводить вскрытие продуктивных низкопроницаемых коллекторов, что особенно актуально в настоящее время [2, 3]. Кроме того, снижаются потери бурового раствора в процессе его циркуляции. Отсутствие водной фазы в фильтрате исследуемых растворов также является положительным фактором, поскольку исключается проникновение воды в поровое пространство коллектора, что вызывает его когельматацию и снижение проницаемости.

3.3 Влияние химической природы эмульгаторов ряда производных жирных кислот и этилентэтраминов на свойства ГЭБР

(В связи с научной новизной материал не публикуется.)

4 Социальная ответственность

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является исследования влияния химической природы эмульгатора на свойства гидрофобной-эмульсионных растворов. В данном разделе производится анализ возможных опасных и вредных факторов при синтезе эмульгаторов, при работе с растворами на углеводородной основе, а также при их последующем применении в условиях производства.

Предметом исследования выступают эмульгаторы, синтезируемые методом прямого амидирования/этерификации дистиллированного таллового масла соответственно моно-, ди- или триэтаноламином в условиях удаления реакционной воды. В качестве объектов исследования рассматриваются модельные системы растворов на углеводородной основе (РУО), состоящей из следующих компонентов: вода, дизельное топливо / реасин, эмульгатор, известь, CaCO_3 , органоглина.

Рабочим местом при выполнении исследования является лаборатория буровых растворов / химическая лаборатория (для синтеза эмульгаторов), в которой персоналом выступает лаборант. Лаборант проводит исследования согласно утвержденным методикам, подготавливает приборы, осуществляет их калибровку и обслуживание.

Основной целью раздела является рассмотрение оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

На должность лаборанта назначается лицо, имеющее среднее профессиональное образование без стажа работы или начальное профессиональное образование со стажем работы по специальности не менее 2 лет.

Лаборант должен знать:

- справочные и нормативные материалы по тематике выполняемой работы;
- Методы и средства выполнения технических расчётов, вычислительных и графических работ;
- Лабораторное оборудование, контрольно-измерительную аппаратуру и правила его эксплуатации;
- правила и нормы охраны труда, техники безопасности, основы трудового законодательства Российской Федерации, производственной санитарии и противопожарной защиты.

При приеме на работу работником обязательно должен быть пройден вводный инструктаж. Для получения допуска к самостоятельной работе работник должен освоить:

- проверку знаний инструкции по охране труда;
- первичный инструктаж на рабочем месте;
- действующую инструкцию по оказанию первой помощи пострадавшим в связи с несчастными случаями;
- инструктаж по применению средств защиты, необходимых для безопасного выполнения работ.

Лаборант должен сообщать своему непосредственному руководителю об обнаруженных неисправностях приспособлениях, инструменте и средствах защиты.

Работник подлежит обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Он также обязуется не разглашать охраняемую законом тайну (служебную, коммерческую, иную) и конфиденциальную информацию, обладателями которой являются работодатель [42]. По 86 статье ТК РФ обработка персональных данных работника может осуществляться исключительно в целях обеспечения соблюдения законов и иных нормативных правовых актов, содействия работникам в трудоустройстве, получении образования и продвижении по службе, обеспечения личной безопасности работников, контроля количества и качества выполняемой работы и обеспечения сохранности имущества [43].

Режим работы лаборанта устанавливается согласно трудовому кодексу Российской Федерации [43]: с понедельника по пятницу с 9:00 до 18:00 (обеденный перерыв с 13:00 до 14:00) – составляет 40 часов в неделю.

Согласно отраслевым нормам лаборанту (лаборанту-технику, лаборанту-коллектору, лаборанту химического анализа) бесплатно должны выдаваться следующие средства индивидуальной защиты [44]:

- халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий (1 шт.);
- фартук из полимерных материалов с нагрудником (дежурный);
- перчатки с полимерным или с точечным покрытием (12 пар; до износа);
- перчатки резиновые или из полимерных материалов (12 пар, до износа);
- очки защитные (до износа);
- средство индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующее или изолирующее (до износа).

Условия труда в лаборатории являются допустимыми (2 класс), при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, при этом уровни воздействия не превышают

уровни, установленные гигиеническими нормативами условий труда, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены) [45].

При допустимых условиях труда (2 класс) повышения оплаты труда по сравнению с нормальными условиями труда не производится, дополнительный отпуск «за вредность» не предоставляется, сокращения рабочего времени не производится [43]. Льготное пенсионное обеспечение не предоставляется [46].

4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Уровни физических и химических опасных и вредных производственных факторов, генерируемых производственным оборудованием в рабочую зону, а также воздействующих на работающего при непосредственном контакте с элементами конструкции, должны соответствовать требованиям безопасности, установленным нормативно-технической документацией, утвержденной в установленном порядке [47].

В химической лаборатории должно быть энергоснабжение, подводка холодной и горячей воды. Все электрооборудование должно быть заземлено. Разводка коммуникаций к переносным приборам и нестационарному оборудованию должна проводиться открыто при помощи гибких проводов и шлангов, укрепленных на металлических трубопроводах зажимами. Электроосвещение помещения и вытяжных шкафов должно быть выполнено во взрывобезопасном исполнении. Выключатели устанавливаются вне вытяжных шкафов.

Помещение лаборатории должно быть оборудовано системами локального удаления воздуха из вытяжных шкафов или отдельных приборов и оборудования помимо общей приточно-вытяжной вентиляции. Рабочие столы и вытяжные шкафы для работы с химически активными веществами (кислотами, щелочами и др.) должны быть покрыты материалами, стойкими к

агрессивной химической среде, и иметь бортики, предотвращающие стекание жидкости на пол. Вытяжные шкафы, в которых происходит выделением вредных и горючих паров и газов при проведении работ, должны быть оборудованы верхними и нижними отсосами воздуха. Для обеспечения тяги дверцы вытяжных шкафов следует держать закрытыми с небольшим зазором внизу во время работ.

Входящие в конструкцию производственного оборудования специальные технические и санитарно-технические средства (ограждения, экраны, вентиляторы и др.), обеспечивающие устранение или снижение уровней опасных и вредных производственных факторов до допустимых значений, не должны затруднять выполнение трудовых действий [48].

4.2 Профессиональная социальная безопасность

4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Объектом исследования выступают эмульгаторы, и свойства модельных буровых растворов, в которых они применяются. Исходя из этого, в таблице 4.2.1 приводятся опасные и вредные производственные факторы, которые сопряжены с объектом исследования.

Таблица 4.2.1 – Опасные и вредные факторы, возникающие при работе с полимерами и модельными промывочными жидкостями

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Засыпание химических реагентов в стакан с модельным ГЭБР	Вещества, взвешенные или растворенные в воздухе (либо способные перейти в газообразное или аэрозольное состояние)	Химические вещества раздражающего действия	ГОСТ 12.1.005-88 [47]; ГН 2.2.5.1313-03 [48];

При приготовлении модельной промывочной жидкости при засыпании химических реагентов в смесительную емкость, вероятно поднятие в воздух

мелкодисперсной пыли, содержащей как инертные, так и оказывающие вредное воздействие вещества.

Твердые частицы, содержащиеся в мелкодисперсной пыли, оказывают кратковременное влияние на дыхательную систему, а также могут привести к легочным и сердечнососудистым заболеваниям, например, обострение респираторных симптомов и астмы. При постоянной повышенной запыленности рабочей зоны возможно развитие профессиональных болезней.

Во избежание запыленности, рекомендуется засыпать химические реагенты с небольшой скоростью, небольшими порциями. Или, как это было предложено в работе, с применением предварительного диспергирования в жидкости, инертной по отношению к суспендируемому веществу.

Утверждены следующие значения предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, применяемых в ходе данного исследования, в воздухе рабочей зоны [47,48]:

- органобентонит: 10 мг/м³, 4 класс опасности;
- едкие щелочи (гидроксид натрия): 0,5 мг/м³, 2 класс опасности;
- хлорид кальция: 2 мг/м³, 4 класс опасности;
- хлорид натрия: 5 мг/м³, 4 класс опасности;
- углеводороды алифатические предельные (дизельное топливо): 900 мг/м³, 4 класс опасности.

При работе с каустической содой, хлоридом кальция и натрия, возможно их попадание в слизистые носа и глаз, вследствие чего вероятно возникновение раздражения. При появлении раздражения следует обильно промыть место попадания реагента чистой струей воды.

4.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

В таблице 4.2.1 приводятся вредные и опасные, возникающие при проведении исследований.

Таблица 4.2.1 – Опасные и вредные факторы, возникающие при проведении исследований

Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Отсутствие или недостаток естественного света	+	+		ГН 2.2.5.686-98 [51]; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [49]; ГОСТ 12.1.038-82 [52]; ГОСТ Р 12.1.019-2009 [53]; СанПиН 2.2.4.548–96 [50]; ПНД Ф 12.13.1-03 [54]
Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
Повышенная температура поверхности оборудования		+		
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	
Раздражающие и токсические факторы		+	+	

Несовершенное освещение оказывает воздействие на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность. Также оказывается влияние на психику человека, его эмоциональное состояние. В результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных световых сигналов происходит усталость центральной нервной системы. Люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, работая при освещении низкого уровня, что приводит к снижению работоспособности. В некоторых случаях это приводит к головным болям. Недостаток освещения может быть вызван неправильной расстановкой мебели или исследовательского оборудования, что приводит к появлению тени. Также это может быть обусловлено неправильным расположением осветительных приборов или их недостаточным количеством. В таблице 4.2.2 представлены требования к освещению в лаборатории согласно СанПиНу 2.2.1/2.1.1.1278-03 [49].

Отклонение показателей микроклимата в условиях лабораторного помещения может возникать при работе электронагревательных приборов, таких как сушильная печь, масляные и водяные бани (которые также могут провоцировать изменение относительной влажности в помещении), колбонагреватели и электрические печи. Работа этих приборов приводит к повышению температуры воздуха в помещении и снижению влажности. В результате работник может ощущать чувство сухости кожи, обезвоживание, пересыхание слизистых, что приводит к сниженной работоспособности. Также эти приборы представляют опасность для лаборантов за счет наличия неизолированных нагревательных поверхностей, контакт с которыми при несоблюдении требований безопасности может привести к ожогу.

Для обеспечения общего и локального ощущения теплового комфорта и оптимального теплового и функционального состояния работника в течении восьмичасового рабочего дня, существуют оптимальные микроклиматический условия. Эти условия призваны минимизировать напряжение механизмов терморегуляции организма человека, не вызывать каких-либо отклонений в состоянии здоровья и создавать подходящую обстановку необходимую для высокого уровня работоспособности человека на рабочем месте.

В качестве категории работ выбрана категория Ib, к которой относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140-174 В), которые сопровождаются некоторыми физическими напряжениями и производятся сидя, стоя или связанные с ходьбой. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [50], в таблице 4.2.3 и 4.2.4 представлены оптимальные и допустимые значения показателей микроклимата соответственно.

Поскольку в лаборатории подавляющая часть оборудования приводится в работу с использованием электрического тока, то необходимо уделять особое внимание при проведении исследований. Повреждение изоляции, отсутствующее или неправильное заземление, могут привести к поражению человека электрическим током.

Таблица 4.2.2 – Требования к освещению в лабораториях учебных заведений

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совместное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность		При общем освещении	Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, К _п , %, не более
		При верхнем или комб. освещении	При боковом освещении	При верхнем или комб. освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении	При комбинированном освещении			
						Всего	От общего			
Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории в техникумах и высших учебных заведениях	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	-	-	400	40	10

КЕО – коэффициент естественной освещенности, Г – горизонтальная плоскость, В – вертикальная плоскость

Таблица 4.2.3 – Оптимальные значения показателей микроклимата в лабораторных помещениях

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый		22-24	19-23	60-40	0,1

Таблица 4.2.4 – Допустимые значения показателей микроклимата в лабораторных помещениях

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Iб	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый		20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3

Электрический ток в теле человека может оказывать термическое, биологическое и электролитическое воздействие. Эти воздействия могут выражаться в раздражении тканей и нервных судорогах, в нагреве и повреждении капилляров, вен и ожогах, в разложении крови и нарушении ее состава.

Согласно классификации помещений по степени опасности поражения электрическим током [55], лаборатория по буровым растворам относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствуют условия, которые бы создавали повышенную или особую опасность: полы с керамическим нетокопроводящим покрытием, влажность воздуха не превышает 75%, напряжение в сети менее 380 В переменного и 440 В постоянного тока.

Исследования, связанные с буровыми растворами, так или иначе связаны с возможным контактом лаборанта с химическими реагентами, многие из которых могут представлять опасность для здоровья.

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества подразделяются согласно ГОСТ 12.1.007 [16] на четыре класса:

- чрезвычайно опасные (1 класс);
- высокоопасные (2 класс);
- умеренно опасные (3 класс);
- малоопасные (4 класс).

Преобладающая часть используемых при исследовании веществ относится к 4 классу опасности и лишь гидроксид натрия к 2 классу. По характеру физиологического воздействия они проявляют раздражающее действие, т.е. действуют на поверхность тканей дыхательного тракта, слизистых оболочек, кожу, глаза, что определяет СИЗ.

4.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Для достижения оптимальных значений естественного и искусственного освещений необходимо проводить инженерные расчеты по определению количества дополнительно устанавливаемых источников света. Также необходимо учитывать направление выхода световых проемов в стенах, географию региона [56]. Кроме того, если конструкция мебели создает тень на рабочей поверхности, например, из-за верхних полок, необходимо дополнительное оборудование этих рабочих зон осветительными приборами.

Работы в лаборатории буровых растворов и аналитической лаборатории имеют схожие опасные и вредные факторы, соответственно имеют схожие мероприятия по их минимизации и предотвращению [54]. Так, работу с кислотами и щелочами, легковоспламеняющимися жидкостями необходимо проводить, используя коллективные средства защиты – в вытяжном шкафу. При этом стекло должно быть опущено таким образом, чтобы в шкафу находились только руки, а наблюдение проводилось через стекло. Кроме того, лаборанты должны в обязательном порядке пользоваться индивидуальными средствами защиты [57], к которым в первую очередь относятся резиновые перчатки, халат, защитные очки и респиратор.

Для исключения поражения электрическим током в качестве коллективных средств защиты необходимо применить усиленную изоляцию токоведущих частей электрооборудования [53]. Также по всей лаборатории обязательно к применению защитное заземление всех электроустановок. Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетокковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, необходимо применять диэлектрические перчатки. Это вызвано тем, что все электрооборудование в лаборатории является настольным и касание электроустановок возможно только руками, проводов на полу в зоне перемещения лаборанта нет.

Непосредственно в лаборатории необходимо проводить контроль параметров микроклимата помещения, влажности воздуха в частности, и сверять полученные значения с нормативными, изложенными в СанПиН 2.2.4.548–96 [50]. Для эффективного поддержания рекомендуемого микроклимата в лабораторных помещениях, рекомендуется использование приточно-вытяжной системы вентиляции, радиаторы отопления и увлажнители воздуха [58].

4.3 Экологическая безопасность

4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объектами данного научного исследования являются системы полимер-глинистых, минерализованных полимер-глинистых и биополимерных буровых растворов на водной основе, содержащих модифицированные понизители фильтрации на основе полианионной целлюлозы. Согласно ГОСТ 17.1.3.06–82 [59] к перечню источников загрязнения подземных вод относятся буровые скважины и другие горные выработки.

Количество компонентов и их объемы, используемые при приготовлении промывочных жидкостей, не регламентируются и ограничены только целесообразностью применения. Кроме того, многие компоненты современных буровых растворов являются биоразлагаемыми и не требуют какой-либо обработки для утилизации.

Загрязнение окружающей среды может происходить, например, в результате нарушения обваловки и попадания бурового раствора за пределы кустовой площадки. Гораздо большую опасность представляет отработанный буровой раствор, содержащий шлам и примеси нефти. В этом случае производятся необходимые мероприятия по обезвреживанию отходов [60].

Также могут происходить загрязнения подземных вод, используемых в качестве источников водоснабжения населения. Однако, это происходит уже после крепления скважины в результате возникновения заколонных перетоков, а не в результате попадания компонентов бурового раствора.

Негативное воздействие на окружающую среду могут оказывать предлагаемые в данной работе суспензионные формы полимерных реагентов, поскольку в одном из вариантов в качестве буферной жидкости рассматривается применение дизельного топлива. Тем не менее, содержание углеводорода в такой форме полимерного реагента невелико. Разлив такого реагента сопоставим с повреждением топливного бака автомобиля и не требует особых мероприятий по устранению разлива, поскольку за счет высокой вязкости большая часть реагента может быть удалена подручными средствами.

4.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Отходы, генерируемые в процессе исследования, с одной стороны могут оказывать значительное влияние на окружающую среду и здоровье человека, поскольку лаборатории зачастую находятся в зданиях с большим скоплением людей. С другой стороны, объем генерируемых отходов в рамках данного исследования незначителен и может нанести вред только лаборанту, не использующему СИЗ.

Негативное воздействие на атмосферу может происходить в ходе попадания в нее различных испарений и пыли через систему вентиляции лаборатории. Однако, те количества порошкообразных компонентов (не более 20 г на один опыт) и их низкая опасность не представляют угрозы. Кроме того, наиболее опасный компонент – гидроксид натрия – находится в гранулированной форме и не производит пыли.

Гораздо большее влияние может производиться на гидросферу за счет утилизации отработанных образцов промывочных жидкостей. В случае использования опасных компонентов, например, кислот, производится их предварительная нейтрализация щелочами, после чего полученных отходов сохраняется в специально предназначенной для этого емкости и утилизируется специализированными организациями.

4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

При выполнении экспериментов в лаборатории, необходимо следовать инструкции и правилам техники безопасности и производственной санитарии, разработанными для лабораторного помещения.

Выделение вредных испарений в ходе проведения испытаний происходит только в вытяжном шкафу, поэтому достаточным способом борьбы с ними является рассеивание их в атмосферном воздухе с помощью системы вентиляции. Для очистки от механических примесей (например, пыли полимеров) применяются специальные фильтры-пылеуловители. Применение аппаратов мокрой очистки нецелесообразно, поскольку это вызовет набухание частиц полимера и загрязнение аппарата.

Для приемлемой защиты гидросферы следует применять специальные устройства, основанные на различных методах очистки сточных вод. Сами методы для очистки сточных вод по виду самого процесса очистки делятся на:

- механические (процеживание, отстаивание, фильтрование, очистка сточных вод в открытых или напорных гидроциклонах и центрифугах);
- физико-химические (флотация, экстракция, нейтрализация, сорбция, выпаривание, испарение, кристаллизация);
- биологическая очистка (использование способности микроорганизмов использовать растворенные и коллоидные органические и неорганические соединения в качестве источника питания в процессах своей жизнедеятельности).

Однако, использование специальной установки по очистке в помещении лаборатории нереализуемо за счет их громоздкости, поэтому лучшим решением будет привлекать для этого сторонние организации.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

В процессе приготовления или обработки промывочной жидкости возникновение ЧС маловероятно. Однако, так как одним из компонентов модельного бурового раствора является дизельное топливо, относящееся к легковоспламеняющимся жидкостям, в качестве возможного ЧС выступает пожар.

4.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

К возможным ЧС в лаборатории можно отнести пожар. Данная ситуация может возникнуть в случае короткого замыкания электропроводки либо при неисправности электроприборов. Также возникновение пожара возможно при неправильной эксплуатации вальцовой или сушильной печей. Стандарты и требования по пожарной безопасности установлены ГОСТ 12.1.004-91 [61].

Согласно НПБ 105-03 [62] исследовательскую лабораторию можно отнести к категории помещения В1-В4, т.е. к категории «пожароопасных», так как в ней находятся горючие и трудногорючие жидкости, вещества и материалы (деревянная мебель, бумага и прочее). По пожарной нагрузке лаборатория относится к 4 категории за счет того, что большое количество мебели выполнено из металла.

4.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Для предупреждения проявления вышеописанной чрезвычайной ситуации необходимо проведение организационных, технических, эксплуатационных и режимных мероприятий по пожарной профилактике.

К организационным мероприятиям относится проведение противопожарного инструктажа раз в год. Необходимо знать план эвакуации на случай ЧС.

Ежедневно рабочие места должны очищаться от горючих отходов исследований. Работы, связанные с выделением токсичных веществ, должны производиться только в исправных вытяжных шкафах. Сотрудники лаборатории должны знать места расположения средств пожаротушения и уметь их применить при возникновении пожара. В лаборатории запрещается:

- загромождать проход, а также проход к средствам пожаротушения;
- мыть полы с использованием горючих жидкостей;
- оставлять в рабочей зоне бумагу и ветошь;
- хранить в помещении лаборатории любые вещества с неизвестными пожароопасными свойствами;
- пользоваться электронагревательными приборами с открытой спиралью;
- убирать пролитые горючие жидкости при включенных электронагревательных приборах.

Обязательно наличие пожарной сигнализации, способная эффективно осуществить оповещение находящихся в лаборатории людей о необходимой эвакуации. В лаборатории, в обязательном порядке должны присутствовать углекислотные огнетушители ОУ-2 предназначенные для тушения возгораний различных химических веществ (кроме тех, горение которых происходит без доступа к ним воздуха). Также в лаборатории должен находиться огнетушитель порошковый ОП-10 предназначенный для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В и огнетушитель ОВП-8, предназначенный для тушения нефтепродуктов и масел.

Порядок действия работников лаборатории в случае происшествия чрезвычайной ситуации:

- остановить работу электрооборудования и отключить вентиляцию, при необходимости отключить электроэнергию;
- в срочном порядке сообщить о происшествии по телефону в пожарную охрану по номерам – 0,1 101, 112, следует назвать адрес происшествия, место возникновения и свое имя и фамилию);

- сообщить заведующему лабораторией и охране корпуса в котором находится лаборатория;
- при возможности принять меры по ликвидации и предотвращению очага возгорания первичными средствами пожаротушения;
- при возможности удалить с места возгорания горючие материалы и средства.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Расчет продолжительности проведения исследования

5.1.1 Структура исследовательской работы

Для определения комплекса работ по исследованию влияния химической природы эмульгатора на свойства гидрофобно-эмульсионных буровых растворов необходимо:

- определить этапы исследования и составляющие их работы;
- определить ответственных за каждую работу в рамках этапов;
- определить затраты времени на каждую работу в рамках этапов;
- построить график проведения исследования.

Структура реализации научно-исследовательской работы представлена в таблице 5.1.1.1. В качестве исполнителей работы определены два человека: научный руководитель и студент-магистр.

Таблица 5.1.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы работ	№ раб.	Наименование работ	Исполнитель
Разработка задания на выполнение ВКР	1	Постановка цели и задач ВКР; формулирование темы работы и составление технического задания	Научный руководитель
Подготовительный этап	2	Анализ предполагаемой области исследования	Научный руководитель, магистр
	3	Определение основных этапов и количества участников	Научный руководитель, магистр
	4	Планирование сроков выполнения работ	Научный руководитель, магистр
	5	Подбор литературы, формирование литературного обзора	Студент-магистрант
Этап экспериментальных исследований	6	Исследование влияние химической природы эмульгаторов ряда производных жирных кислот и этаноламинов на свойства ГЭБР	Студент-магистрант
	7	Исследование методики приготовления ГЭБР с использованием жирных кислот в качестве первичного эмульгатора	Студент-магистрант
	8	Исследование влияние pH водной фазы на свойства ГЭБР	Студент-магистрант

Продолжение таблицы 5.1.1.1

Этапы работ	№ раб.	Наименование работ	Исполнитель
Аналитический этап	9	Анализ полученных результатов, формирование выводов	Научный руководитель, Студент-магистрант
Заключительный этап	10	Написание пояснительной записки ВКР	Студент-магистрант
	11	Защита ВКР	Студент-магистрант

5.1.2 Трудоемкость выполнения исследовательской работы

Поскольку затраты на оплату труда в сфере проведения исследований представляют одну из наибольших статей расхода, необходимо проводить тщательный подсчет и анализ трудозатрат каждого исполнителя.

Оценка трудоемкости выполнения работ производится с учетом ее вероятностной природы в связи с зависимостью от множества факторов, которые не представляется возможным полностью учесть. Единицей измерения трудоемкости являются человеко-дни и для их определения используется формула (5.1.2.1):

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (5.1.2.1)$$

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

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

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

Следующим шагом определяется продолжительность каждой работы, измеряемой в рабочих днях. При этом расчет производится с учетом выполнения одного вида работ несколькими исполнителями по формуле (5.1.2.2):

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}, \quad (5.1.2.2)$$

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

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

5.1.3 График выполнения исследовательской работы

Для более наглядного представления последовательности работ в исследовании используется диаграмма Ганта. Эта диаграмма представляет собой горизонтальный ленточный график. Где работы, входящие в исследование, изображаются в виде отрезков, начало которого приходится на дату начала работы, а конец, соответственно, на дату завершения.

Поскольку временная шкала на диаграмме состоит из календарных дней, то продолжительной каждой работы необходимо перевести из рабочих дней в календарные по формуле (5.1.3.1):

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}, \quad (5.1.3.1)$$

T_{ki} – продолжительность выполнения соответствующей работы, кал. дн.;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности представляет собой пересчетный коэффициент, позволяющий оценить сколько календарных дней приходится на один рабочий день, определяется по формуле (5.1.3.2):

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых}}, \quad (5.1.3.2)$$

Где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году, дн.;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году, дн.;

Коэффициент календарности в 2019 году составляет $k_{кал} = 1,48$ (118 выходных дней).

Количество календарных дней, необходимых для выполнения каждой работы, представлено в таблице 5.1.3.1.

Построенный график представлен на рисунке 5.1.3.1.

Таблица 5.1.3.1 – Временные показатели на проведение исследования

Наименование работы	Трудоемкость работ, чел.-дн.			Кол-во исп., чел.	Длительн. T_{pi} , раб. дн.	Длительн. T_{ki} , кал. дн.
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$			
Постановка цели и задач; формулирование темы работы и составление технического задания	3	5	3,8	1	3,8	6
Анализ предполагаемой области исследования	7	21	12,6	2	6,3	9
Определение основных этапов и количества участников	3	7	4,6	2	2,3	3
Планирование сроков выполнения работ	3	7	4,6	2	2,3	3
Подбор литературы, формирование литературного обзора	14	21	16,8	1	16,8	25
Исследование влияние химической природы эмульгаторов ряда производных жирных кислот и этаноламинов на свойства ГЭБР	31	45	36,6	1	36,6	54
Исследование методики приготовления ГЭБР с использованием жирных кислот в качестве первичного эмульгатора	31	45	36,6	1	36,6	54
Исследование влияние pH водной фазы на свойства ГЭБР	21	28	23,8	1	23,8	35
Анализ полученных результатов, формирование выводов	14	21	16,8	2	8,4	12
Написание пояснительной записки ВКР	7	14	9,8	1	9,8	15
Защита ВКР	5	7	5,8	1	5,8	9
Итого:						226

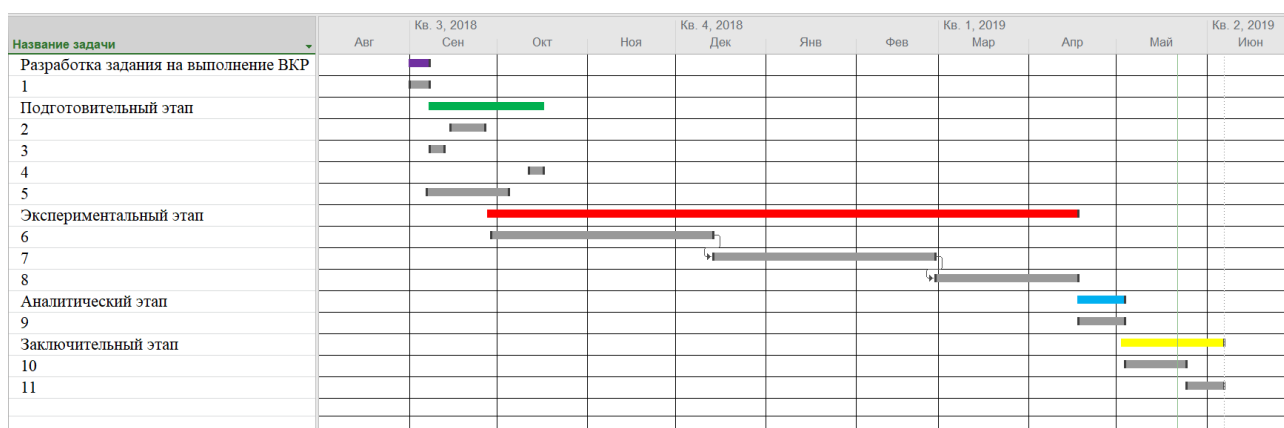


Рисунок 5.1.3.1. Календарный план-график работ

5.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

5.2.1 Материальные затраты на проведение НТИ

Выполнение исследования и модификации полимерных реагентов сопряжено с использованием химических реагентов. Величина необходимых затрат рассчитывается по следующей формуле (5.2.1.1):

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i * N_{расх\ i}, \quad (5.2.1.1)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, применяемых в процессе выполнения научного исследования;

$N_{расх\ i}$ – кол-во материальных ресурсов i -го вида, требуемых для выполнения научного исследования (шт.);

C_i – стоимость единицы i -го потребляемого материального ресурса (руб./шт.).

Все необходимые материальные ресурсы, для приготовления одного модельного бурового раствора для проведения одного эксперимента представлены в таблице 5.2.1.1.

Таблица 5.2.1.1 – Рассчитанные материальные затраты

Наименование материала	Ед. изм.	Цена за руб/кг. (л.)	Необходимое количество / эксперимент	Затраты на материал, руб.
Вода	л	0,04	0,2	0,008
Дизельное топливо	л	54	0,205	11,1
Эмульгатор	л	156	0,0127	2
Органическая глина	кг	150	0,007	1,1
CaCO ₃	кг	40	0,08	3,2
Ca(OH) ₂ (гаш. известь)	кг	20	0,008	2
CaCl ₂	кг	100	0,065	6,5
Итого				25,9

Таким образом, стоимость приобретения материалов для проведения одного опыта исследования составляет 25,9 руб.

Общие затраты на исследования представлены в таблице 5.2.1.2.

Таблица 5.2.1.2 – Общие затраты на проведение исследований

Наименование исследования	Количество необходимых экспериментов	Общая стоимость проведения исследования, руб
Влияние химической природы эмульгаторов ряда производных жирных кислот и этаноламинов на свойства ГЭБР	54	1398,6
Влияние условий синтеза эмульгатора DcD на свойства ГЭБР	42	1087,8
Влияние химической природы эмульгаторов ряда производных жирных кислот и этилентэтраминов на свойства ГЭБР	30	777
Исследование влияние pH-среды на свойства ГЭБР	24	621,6
Итого:		3885 рублей

5.2.2 Затраты на специальное оборудование для проведения исследования

Затраты на специальное оборудование не требуются, поскольку данное исследование проводится в испытательной научно-инновационной лаборатории «Буровые промывочные и тампонажные растворы» Томского политехнического университета и все необходимое оборудование имеется в наличии.

5.2.3 Затраты по основной заработной плате

Время, отведенное на проведение научно-технического исследования, представлено в таблице 5.2.3.1. Руководитель оказывает информационную поддержку при проведении научных исследований каждый свой рабочий день, что следует учитывать при расчете заработной платы.

Таблица 5.2.3.1 – Продолжительность работ каждого исполнителя при проведении исследований

Показатели рабочего времени		Научный руководитель	Студент-магистрант
Календарное количество дней	С 01.09.2018 по 06.06.2019	226	
Количество нерабочих дней – выходные + праздничные дни + потери рабочего времени		96	
Продолжительность работ Т _р , выполняемых в период с 01.09.2018 по 06.06.2019 г., раб. дн.		29	130

Перед тем, как рассчитать основную заработную плату работников, задействованных в научно-техническом исследовании, требуется подсчитать их месячный должностной оклад. В данном проекте такими работниками являются научный руководитель и студент-магистрант.

Расчет месячного должностного оклада Z_m исполнителя производится по формуле (5.2.3.1):

$$Z_m = Z_{tc} * k_p, \quad (5.2.3.1)$$

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

k_p – районный коэффициент к заработной плате, для Томска составляет 1,3.

Рассчитанные месячные должностные оклады представлены в таблице 5.2.3.2.

Таблица 5.2.3.2 – Рассчитанные должностные месячные оклады

Исполнитель	Z_{tc} , руб.	Z_m , руб.
Научный руководитель	26300	34190
Студент-магистрант	0	0

Среднедневная заработная плата определяется согласно статье 139 трудового кодекса РФ по следующей формуле [43] (5.2.3.2):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (5.2.3.2)$$

Где M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 24 дн. $M = 11,2$ мес.; при отпуске в 48 дн. $M = 10,4$ мес.);

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей (для научного руководителя и специалиста при отпуске в 48 дн. $F_d = 199$ раб. дн.) раб. дн.

Среднедневная заработная плата каждого исполнителя приведена в таблица 5.2.3.3.

Таблица 5.2.3.3 – Среднедневная заработная плата исполнителей

Исполнитель	Научный руководитель	Студент-магистрант
Среднедневная ЗП $Z_{дн}$, руб.	1787	0

Расчет основной заработной платы выполняется по формуле (5.2.3.4):

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} * Т_{\text{р}}, \quad (5.2.3.4)$$

С учетом рассчитанной продолжительности работ для каждого исполнителя основная заработная плата приведена в таблице 5.2.3.3.

Таблица 5.2.3.4 – Основная заработная плата исполнителей в период с 01.09.2018 по 06.06.2019

Исполнитель	Научный руководитель	Студент-магистрант
Основная ЗП $З_{\text{осн}}$, руб.	51823	0
Итого		51 823

5.2.4 Отчисления в государственные внебюджетные фонды

Данная статья расходов отражает обязательные отчисления по установленным законодательством РФ нормам в Фонд социального страхования (ФСС), Пенсионный фонд России (ПФР) и Федеральный фонд обязательного медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений $З_{\text{внеб}}$ во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы (5.2.4.1):

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5.2.4.1)$$

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

На основании пункта 1.1. ст. 284 Налогового кодекса РФ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность по хозяйственному договору, ставка составляет 30% для страховых взносов и 2% для фонда социального страхования [43]. Результаты расчетов приведены в таблице 5.2.4.1.

Таблица 5.2.4.1 – Размер обязательных отчислений во внебюджетные фонды

Вид затрат	Руководитель	Специалист
Основная ЗП, руб.	51823	0
Размер отчислений во внебюджетные фонды	16583	0
Итого отчислений		16583

5.2.5 Амортизационные отчисления

Расчет амортизационных отчислений производится для лабораторного оборудования согласно [Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 N 1]. Данное оборудование относится к третьей группе основных средств со сроком полезного использования от 3 до 5 лет включительно. Примем срок эксплуатации $\Pi = 4$ года и линейный метод начисления, тогда норма амортизации по формуле (5.2.5.1) составит:

$$H = \frac{1}{\Pi} * 100\% = \frac{1}{4} * 100\% = 25\%, \quad (5.2.5.1)$$

К основным средствам, необходимым для проведения исследования, относятся: вискозиметр OFITE 800, вискозиметр Brookfield DV3T, фильтр-пресс низкого давления, перемешивающее устройство, вальцовая печь и персональный компьютер. Балансовая стоимость не подлежит оглашению. С учетом времени полезного использования непосредственно в исследовании сумма амортизационных отчислений для перечисленного оборудования с 01.09.2018 по 06.06.2019 составит 13 840 руб.

5.2.6 Накладные расходы

Величина накладных затрат обуславливается расходами, не попавшими в предыдущие статьи расходов, такие как ксерокопирование и печать материалов исследований, оплата электроэнергии на освещение и т.д.

Она рассчитывается согласно формуле (5.2.6.1):

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{пр}} * З_{\text{пр}}, \quad (5.2.6.1)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы;

$З_{\text{пр}}$ – величина прямых расходов, включающая стоимость спецоборудования, материалов и комплектующих, затраты на оплату труда, начисления на оплату труда и амортизационные отчисления.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 10%. Тогда с учетом прямых расходов, равных 86 131 руб., накладные расходы составляют 8 613,1 руб.

5.2.7 Прочие расходы

К прочим расходам в целом относятся затраты на оплату транспортных услуг, услуг связи и на коммунальные услуги. Учитывались только коммунальные, в связи отсутствием остальных составляющих. Тарифы на оплату коммунальных услуг, связанных с подачей и отведением воды, берутся согласно расценкам ООО «Томскводоканал». Оплата теплоснабжения берется из расчета, что площадь лаборатории составляет 90 м², при этом расход энергии на обогрев составляет 0,03 Гкал/м² при стоимости 2506,16 руб./Гкал. Произведенные расчеты коммунальных платежей приведены в таблице 5.2.7.1.

Таблица 5.2.7.1 – Затраты на коммунальные платежи

Вид затрат	Тариф, руб./мес.	Время использования в рамках данной работы, мес.	Сумма затрат
Электроэнергия	129,5	7,53	975
Теплоснабжение	6766,2		50 747
Канализация	9,74		73
Водоснабжение	13,7		103,6
Итого			51899

5.2.8 Формирование бюджета исследования

Величина бюджета на научно-исследовательский проект является нижним пределом по уровню затрат, который защищается научной организацией при формировании договора с заказчиком.

Бюджет, приведенный в таблице 5.2.8.1, включает в себя учет всех ранее рассчитанных необходимых затрат для проведения научных исследований и получения, в конечном итоге, продукта, который и является целью работы.

Таблица 5.2.8.1 – Смета расходов на реализацию исследования

Статьи затрат	Сумма затрат, руб.
Спецоборудование	0
Материалы и комплектующие	3885
Оплата труда	51823
Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды	16583
Амортизация основных средств	8 631
Накладные расходы	48 859
Прочие расходы, в т.ч. коммунальные услуги	51 899
Итого собственных затрат	181 670

5.3 Обоснование эффективности проекта

5.3.1 Сравнение стоимости промышленных и синтезируемых эмульгаторов

Исследование влияния химической природы эмульгаторов ряда производных жирных кислот и этаноламинов на свойства ГЭБР позволит создать новые системы эмульгаторов на основе реакций дешевого таллового масла и этаноламидов. Данные системы эмульгаторов позволят снизить стоимость РУО, широко применяемых в бурении при вскрытии продуктивных горизонтов с целью снижения негативного влияния на пластовый флюид и естественные фильтрационно-емкостные свойства коллектора. Расчёт производится при условии выбора одинакового модельного бурового раствора. Средняя стоимость современных промышленных эмульгаторов, применяемых в бурении достигает 125 тыс. руб. за тонну готовой продукции. Стоимость исследуемых эмульгаторов, с учётом компонентов для их приготовления существенно ниже и составляет 78 тыс. руб. Сравнивая стоимость кубического метра бурового раствора на углеводородной основе приготовленного с использованием промышленного и синтезируемого эмульгатора, приходим к выводу, что экономия составляет порядка 12,1% на куб раствора (Рецептура сравниваемого раствора не приводится в целях сохранения коммерческой тайны сервиса буровых растворов).

5.3.2 Анализ конкурентоспособности разработок

Для того, чтобы научное исследование проводилось без отрыва от текущей ситуации на рынке, необходимо проводить детальный анализ существующих аналогов. Это необходимо для своевременного внесения корректировок в исследования и достижения лучшего результата. Важно непредвзято рассмотреть имеющиеся у конкурентов преимущества и недостатки.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

– технические характеристики разработки;

- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Такой анализ удобно проводить с помощью оценочной карты. Для ее построения необходимо рассмотреть не менее трех конкурирующих разработок.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработок и конкурента оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме составляют 1.

Анализ конкурентных полимерных реагентов определяется по формуле (5.3.2):

$$K = \sum B_i * B_i, \quad (5.3.2)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта для разрабатываемых методов увеличения эффективности растворения полимерных реагентов приведена в таблице 5.3.2.

Для сравнения также приводится среднестатистический полимерный реагент, не подверженный обработке.

Основная проблема существующих эмульгаторов: неопределенность в плане химического состава. С целью достижения лучших структурно-механических свойств, стабильности, фильтрационных характеристик бурового раствора – научно-исследовательские лаборатории улучшают действующие эмульгаторы, добавляя некоторые добавки и примеси или наоборот, очищают продукт реакционной смеси до чистого вещества.

Данная магистерская диссертация позволяет проникнуть в природу эмульгаторов и понять основные реакции, протекающие при синтезе эмульгаторов и компоненты, влияющие на те или иные свойства ГЭБР.

Исследуемые в данной работе эмульгаторы – чистые синтезируемые амиды, получаемые на основе известных, описанных многими работами реакций. Синтезируемые эмульгаторы не лишены недостатков, хотя и показывают отличные показатели стабильность и дают отличные структурно-механические свойства модельных буровым растворам.

Согласно полученной оценочной карте (табл. 5.3.2.1), наиболее конкурентоспособной разработкой выступает эмульгатор DcD. Он показывает даёт ГЭБР отличную фазовую устойчивость при отличных реологических параметрах. Низкая термостабильность ограничивает его широкое применение в современных системах ГЭБР по сравнению с промышленным эмульгатором, но низкая цена способна вытеснить промышленный эмульгатор в нетребовательных системах РУО. Внедрение новых синтезируемых в работе эмульгаторов может быть экономически оправдано и привести к значительному сокращению стоимости затрат на буровой раствор в смете строительства скважины.

Таблица 5.3.2.1 – Оценочная карта для разрабатываемых способов модифицирования

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			
		Промышленный эмульгатор	DcD	DcT	ДЭТА
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Электростабильность РУО	0,2	3	5	4	3
2. Структурно-механические свойства	0,2	5	4	4	3
3. Фильтрационные свойства	0,2	5	5	5	4
4. Термостабильность бурового раствора	0,05	5	3	3	2
5. Возможность управления свойствами ГЭБР	0,05	4	4	4	3
6. Негативное влияние на здоровье и окружающую среду	0,05	5	5	5	5
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Наличие аналогов на рынке	0,05	3	3	4	5
2. Цена	0,2	2	4	4	3
3. Доставка эквивалентного количества на буровую	0,05	3	3	3	3
Конкурентоспособность		4	4,5	4,35	3,5

Заключение

В ходе выполнения магистерской диссертации проведен литературный обзор, в котором были рассмотрены основные системы РУО, представленные на рынке сервиса буровых растворов. Приведены общие понятия гидрофобно-эмульсионных буровых растворов, проанализированы и описаны основные классы эмульгаторов, используемых для стабилизации обратных эмульсий.

С помощью модельного бурового раствора, согласно описанных в ходе работы методик были получены графических и табличные зависимости свойств электростабильности, реологических параметров, фильтрационных параметров от концентрации исследуемых эмульгаторов, времени и температуры синтеза эмульгатора DcD, щелочности среды эмульсии.

Гидрофобно-эмульсионные буровые растворы, стабилизированные исследуемыми эмульгаторами, имеют максимум электростабильности, причём этот пик электростабильности сильно зависит проведения реакции амидирования. Для большинства образцов, включая промышленный эмульгатор, присутствие в своём составе извести приводит ухудшению реологических свойств, ослаблению агрегативной устойчивости эмульсии.

Проведение исследований приводят к выводу, что при знании лучших условий синтеза эмульгатора можно получать те же свойства гидрофобно-эмульсионного бурового раствора при различных соотношениях фаз. Это приводит к сокращению затрат на приготовление куба раствора и к большей рентабельности использования РУО в качестве промывочной жидкости в бурении.

Список использованной литературы

1. Уляшева, Н.М. Технология буровых жидкостей: учебное пособие для вузов / Н.М. Уляшева. – Ухта.: УГТУ, 2008. - 164 с.
2. Уляшева, Н.М. Техника и технология отрасли. Методические указания / Н.М. Уляшева, М.А. Михеев. – Ухта: УИИ, 1997. – 49 с.
3. Грей, Дж. Р. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей): пер. с англ. / Дж. Р. Грей, Г.С.Г. Дарли. – М.: Недра, 1985. - 509 с.
4. Мухин, Л.К. Промывочные растворы на нефтяной основе / Л.К. Мухин // Труды Украинской научно-технической конференции по термо - и солеустойчивым жидкостям и тампонажным растворам.- Киев.: АН УССР, 1970.
5. Ишбаев, Г.Г. ООО НПП «Буринтех»: влияние испарения на свойства инвертно-эмульсионного бурового раствора / Г.Г. Ишбаев, М.Р. Дильмиев // Инженерная практика. – 2013. - № 6-7. – С. 34-39.
6. Буровые растворы на углеводородной основе. Демонстрационный материал компании «M-I SWACO».
7. Буровые растворы на углеводородной основе. Демонстрационный материал компании «Halliburton».
8. Мельников И.И., Разработка инвертных эмульсий с различной активностью водной фазы для бурения в неустойчивых глинистых породах и вскрытия продуктивных пластов на месторождениях Северного Сахалина: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / И.И. Мельников. – Москва, 1984. – 156с.
9. Кравчук М.В., Близнюков В.Ю., Уляшева Н.М., Логачев Ю.Л. Опыт моделирования рецептуры утяжеленного бурового раствора на углеводородной основе с заданными технологическими параметрами // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2016. – № 2. – С. 19-23.

10. Арсланбеков А.Р., Лутфуллин А.А., Меденцев А.В., Мосин В.А., Королев А.В. Вскрытие гидрофобных коллекторов с использованием буровых растворов на углеводородной основе // Бурение и нефть. – 2014. – № 9. – С. 29-32.
11. Волков А.А., К вопросу разрушения стабильных водонефтяных эмульсий / А.А. Волков, В.Д. Балашова, О.Ю. Коновальчук // Нефтепромысловое дело. – 2012. – №5. – с.40-42.
12. Тирон Д.В, Совершенствование технологии эмульсионных растворов для бурения скважин в условиях повышенных забойных температур: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (25.00.15) / Тирон Денис Вячеславович; УГТУ. – Ухта, 2017. – 114с.
13. Кравчук М.В., Обоснование и разработка технологических параметров бурового раствора на углеводородной основе для бурения наклонно-направленных скважин гидромониторными долотами: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (25.00.15) / Кравчук Михаил Владимирович; УГТУ. – Ухта, 2017. – 122с.
14. Шамсутдинов, Р.Д. Применение волокнистых наполнителей в инвертно-эмульсионных растворах для повышения качества капитального ремонта скважин: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Р.Д. Шамсутдинов. – Уфа, 2002.
15. Токунов, В.И. Гидрофобно-эмульсионные буровые растворы / В.И. Токунов, И.Б. Хейфец. – М.: Недра, 1982. - 268 с.
16. Токунов, В.И. Технологические жидкости и составы для повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин / В.И. Токунов, А.З. Саушин. - М.: Недра-Бизнесцентр, 2004. - 711 с.
17. Абрамзон, М.Г. Справочник по механическим и абразивным свойствам горных пород нефтяных и газовых месторождений / М.Г. Абрамзон, Б.В. Байдюк Б.В. - М.: Недра, 1984. - 207 с.
18. Воюцкий, С.С. Курс коллоидной химии / С.С. Воюцкий. - М.: Химия, 1964. - 574 с.

19. Кремнев, Л.Я. Об устойчивости эмульсий / Л.Я. Кремнев, Л.А. Никитечкина, А.А. Равдель // ДАН СССР. – 1963. - т. 152. - С. 372-377.
20. Кремнев, Л.Я. Основные принципы образования высокоустойчивых концентрированных эмульсий / Л.Я. Кремнев // Коллоидный журнал. – 1948. - т. 18. - № 1. - С. 18-24.
21. Ребиндер, П.А. Современные проблемы коллоидной химии / П.А. Ребиндер // Коллоидный журнал. – 1958. - т. 20. - № 5. - С. 527-539.
22. Шетнев Н.М., Гурвич Л.М., Булина И.Г. и др. Применение композиций ПАВ при эксплуатации скважин/.- М.: Недра, 1988. – 184 с.: ил.
23. Сюняев З. И., Р. З. Сюняев Р. З., Сафиева З. И. Нефтяные дисперсные системы.- М : Химия, 1990.- 226 с.
24. Кремнев Л.Я. Об устойчивости эмульсий. // ДАН СССР, 1963, т. 52, № 2. -120- 160 с.
25. Алмерс В. / Стабильность эмульсии воды в нефти. // J. Colloid. Sei., 1959, v. 14. -510 p.
26. Воюцкий С.С. / О причинах агрегативной устойчивости эмульсий. // Успехи химии, 1961, т. 30, № 3, -1100-1200 с.
27. Глущенко В.Н., Орлов Г.А., Мусабиров М.Х. Исследование фильтратов обратных эмульсий, стабилизированных ЭС-2// Нефть и газ. пром-с, 1987.- № 2. -40-42 с.
28. Глущенко В.Н., Кендис М.Ш., Вакулко Т.Е., Орлов Г.А. Влияние вязкости углеводородной среды и объемного соотношения на свойства обратных эмульсий.- Нефтяное хоз-во.- 1985.- № 7.- 45-48 с.
29. Глущенко В.Н., Кендис М.Ш., Орлов Г.А. Влияние объемного содержания фаз на свойства обратных эмульсий// Нефт. и газ. пром-сть.- 191 № 2. -35-38 с
30. Мухин, Л.К. К вопросу оценки агрегативной устойчивости гидрофобных эмульсий / Л.К. Мухин, А.Г. Розенгафт // Нефтяное хозяйство, 1974. - №3. – С. 15-17.
31. Chenevert M.E. Oil base mud ballanced activity of water face for the drilling of caving schale. – J. of Petrol Techn. 1970, №10, p. 1309-1316.

32. ANSI/API 13I/ISO 10416 Recommended Practice for Laboratory Testing of Drilling Fluids // American petroleum institute, 2004. – 137 p.
33. Instruction manual «Electrical Stability Meter» #131-50, updated 12/10/2015, ver. 3.0. OFI Testing Equipment, Inc.
34. Instruction manual «Model 800 Viscometer» #130-76-C, updated 8/10/2015, ver. 8.0. OFI Testing Equipment, Inc.
35. Григорьев М.С., Сидоров Д.Н., Власов Е.Н., Королев А.В., Рябцев П.Л. Разработка рецептуры РУО UNIDRIL для бурения скважин с АВПД в Ямало-Ненецком автономном округе // Бурение и нефть. – 2017. – № 3. – С. 46-48.
36. Минаева Е.В., Неделько Е.С., Скотнов С.Н., Яровенко О.И., Вафин Р.Ф., Малахова Р.Д. Разработка и внедрение утяжеленных растворов на углеводородной основе. РУО с «плоским» реологическим профилем для первичного вскрытия продуктивных горизонтов с АВПД // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 9 (188). – С. 30-33.
37. Ильясов С.Е., Попов С.Г., Оक्रमелидзе О.В., Нацепинская А.М., Гребнева Ф.Н. Эмульсионные буровые растворы – тенденции развития технологии // Территория Нефтегаз. – 2011. – № 11. – С. 14-17.
38. Яновский В.А., Чуркин Р.А., Андропов М.О., Косова Н.И. Синтез и исследование свойств эмульгаторов обратных эмульсий на основе производных кислот дистиллята таллового масла и этаноламинов // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2013. – № 370. – С. 194–199.
39. Yanovsky V.A., Andropov M.O., Fakhrislamova R.S., Churkin R.A., Minaev K.M., Ulyanova O.S. Rheological properties of inverse emulsions stabilized by ethanolamides of tall oil fatty acids // MATEC Web Conf. –2016. – Vol. 85. – P. 1-7.
40. Minaev K., Epikhin A., Novoseltsev D., Andropov M., Yanovsky V., Ulyanova O. Research of inverted emulsions properties on the base of new emulsifiers // IOP Conf. Ser. Earth Environ. – 2014. – Vol. 21. – P. 1-6.
41. Maag H. Fatty Acid Derivatives: Important Surfactants for Household, Cosmetic and Industrial Purposes // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1984. – V. 61. – № 2. – P. 259–267.

42. Должностная инструкция лаборанта (электронный ресурс). Режим доступа: свободный. URL: <https://hr-portal.info/job-description/dolzhnostnaja-instrukcija-laboranta> (дата обращения: 02.05.2019).
43. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
44. Приказ Минтруда России от 09.12.2014 № 997н "Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением".
45. Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 426-ФЗ.
46. Постановление Кабинета Министров СССР от 26.01.1991 N 10 (ред. от 02.10.1991) "Об утверждении Списков производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на льготное пенсионное обеспечение".
47. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
48. Инструкция № 13-107 по охране труда для работающих с химическими веществами. Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы».
49. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
50. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
51. ГН 2.2.5.686-98 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
52. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений

прикосновения и токов;

53. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

54. ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).

55. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание.

56. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

57. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

58. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

59. ГОСТ 17.1.3.06–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

60. РД 51-1-96 Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на суше на месторождениях углеводородов поликомпонентного состава, в том числе сероводородсодержащих.

61. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением №1).

62. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

63. Kenny P. Ester-based muds show promise for replacing some oil-base muds // Oil & Gas Journal, 1993, - Nov. 8, - pp. 89-91.

64. 103. Oil-based muds and Synthetic-based muds: Formulation, Engineering, Field habits and Recommendations. Official manual of Halliburton Company, 2011.

65. 104. Omland, T.H. Detection Techniques Determining Weighting Material Sag in Drilling Fluid and Relationship to Rheology / T.H. Omland, A. Saasen, P.A. Amundsen // Annual transactions of the Nordic rheology society, vol. 15, 2007.

66. 105. Petroleum Geology of the Cusiana Field, Llanos Basin Foothills, Colombia; AAPG Bulletin, v. 79, no. 10, 1995, p. 1444-1463.

67. 106. Schlumberger Company [Электронный ресурс]. - G., 2013.- Режим доступа: <http://slb.com>.
68. 107. White W., McLean F. Better practices and synthetic fluid improve drilling rates // Oil & Gas Journal, 1995, - Feb. 20, - pp. 43-46.
69. 108. Zamora, M. Taming of the Shoe / M. Zamora // American association of drilling engineers, 2011, p. 1-7.
70. Becker T. Correlations for Drill-Cuttings Transport in Directional-Well Drilling. PhD thesis, University of Tulsa, 1987.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Influence of the chemical nature of emulsifiers of a number of fatty acid derivatives and ethylene tetramine on the properties of oil-based mud

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Фензель Андрей Дмитриевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Минаев Константин Мадестович	к.х.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Лысунец Татьяна Борисовна			

(В связи с научной новизной материал не публикуется.)