

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 21.04.01. Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) Нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка систем буровых растворов с кольматантами на основе кедрового ореха

УДК622.24.063.2:582.475.8:581.47

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ82	Ардышев Александр Михайлович		15.06.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Минаев К. М.	К. Х. Н.		18.06.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романюк В.Б.	К.Э.Н.		17.06.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.			17.06.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Минаев К. М.	К Х. Н.		19.06.2020

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики), самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>принципы изобретательства, правовые основы-в области интеллектуальной собственности</i> .
P3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.
P4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i> .
P5	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов.
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность</i> .
P7	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве <i>члена и руководителя команды</i> , умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы</i> .
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности; активно <i>владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности.
P9	Разрабатывать и внедрять инновационные решения при строительстве скважин.
P10	Обеспечивать технологический контроль и управление процессом бурения скважин.
P11	Разрабатывать проектную документацию на строительство скважин в осложненных горно-геологических условиях.

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 21.04.01. Нефтегазовое дело

Отделение школы (НОЦ) 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
2БМ82	Ардышеву Александру Михайловичу

Тема работы:

Разработка систем буровых растворов с кольматантами на основе кедрового ореха
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19.02.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: кольматанты на основе кедрового ореха. Предмет исследования: влияние реагентов на основе кедрового ореха на свойства буровых растворов на водной основе. Область применения: бурение скважин. Методы и средства исследования: аналитические и экспериментальные.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор 1.1 Виды буровых растворов и их функции 1.2 Функции буровых растворов 1.3 Виды фильтрации буровых растворов и промывочных жидкостей 1.4 Последствия фильтрационных потерь буровых растворов 1.5 Реагенты для буровых растворов

<p><i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1.6 Органические добавки для буровых растворов . 2 Методика проведения исследования 2.1 Оборудование для проведения исследований 2.2 Методика приготовления биополимерного бурового раствора 2.3 Методика приготовления бентонитового бурового раствора 2.4 Методика определения фильтрации бурового раствора 2.5 Методика определения реологических свойств бурового раствора 2.6 Методология проведения исследования 3. Результаты экспериментальных исследований 3.1 Исследование влияние натурального материала на биополимерные буровые растворы на водной основе 3.2 Исследование влияние натурального материала на бентонитовые буровые растворы на водной основе</p>
---	---

Перечень графического материала
(с точным указанием обязательных чертежей)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Романюк В.Б., к.э.н., доцент ОНД ИШПР
Социальная ответственность	Черемискина М.С., ассистент (ООД, УОД)
Иностранный язык	Гутарева Н. Ю., к.п.н., доцент (ОИЯ, УОД)

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

Раздел на английском языке: Literature review

Разделы на русском языке: реферат, введение, главы 1–6, заключение

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.02.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Минаев К. М.	к. х. н.		11.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ82	Ардышев Александр Михайлович		11.02.2020

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ82	Ардышеву Александру Михайловичу

Школа	ИШПР	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оценка затрат материальных, финансовых и человеческих ресурсов на разработку систем буровых растворов с кольматантами на основе измельченной древесины</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормативы расхода материалов на технологический процесс</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 20%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.02.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романюк В.Б.	к.э.н, доцент		11.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ82	Ардышев Александр Михайлович		11.02.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ82	Ардышев Александр Михайлович

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Разработка систем буровых растворов с кольматантами на основе кедрового ореха	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: кольматанты на основе кедрового ореха.</p> <p>Предмет исследования: влияние реагентов на основе кедрового ореха на свойства буровых растворов на водной основе.</p> <p>Область применения: бурение скважин.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>"Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ "ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Руководство по социальной ответственности"</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отклонение показателей микроклимата в помещении; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - применение химических веществ в процессе исследования <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - движущиеся машины и механизмы, - пожарная опасность
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Атмосфера: аварийные выбросы газа в атмосферу</p> <p>Гидросфера: загрязнение почвенных вод буровыми растворами</p>

	Литосфера: загрязнение почвы химическими реагентами буровых растворов
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: пожар, взрыв, аварии с выбросом химически опасных веществ Наиболее типичные ЧС: пожар, взрыв.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.02.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.	-		11.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ82	Ардышев Александр Михайлович		11.02.2020

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 2019 /2020 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	19.06.2020
---	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
11 февраля 2020	Проведение литературного обзора	20
25 февраля 2020	Определение методики проведения исследований	5
20 марта 2020	Разработка модельных систем биополимерных и бентонитовых буровых растворов	20
10 апреля 2020	Проведение экспериментов по определению влияния измельченного кедрового ореха на свойства буровых растворов на водной основе	30
15 мая 2020	Анализ полученных экспериментальных данных, промежуточная аттестация	20
15 июня 2020	Предварительная защита диссертации	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Минаев К. М.	к.х.н.		18.06.2020

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Минаев К.М.	к.х.н.		19.06.2020

Реферат

Магистерская выпускная квалификационная работа содержит 95 страниц, 24 рисунка, 13 таблицу, 77 литературных источников.

Ключевые слова: кольматант, буровой раствор, раствор на водной основе, биополимер, бентонит, кедровый орех, ксантановая камедь, фильтрация.

Объектом исследования являются системы буровых растворов с кольматантами на основе кедрового ореха.

Целью данной работы является исследование влияния измельченного кедрового ореха на фильтрационные и реологических характеристики буровых растворов на водной основе.

В процессе исследования были рассмотрены основные виды буровых растворов и их функции, виды фильтрации буровых растворов и последствия фильтрационных потерь. Были изучены натуральные компоненты, использующиеся в буровых растворах, проанализирована их эффективность. Были проведены испытания по влиянию измельченного кедрового ореха на фильтрационные и реологические свойства буровых растворов. Была описана методика проведения экспериментов, обработаны полученные результаты.

В результате исследования сделан вывод о возможности использования кедрового ореха в качестве кольматанта в буровых растворах на водной основе.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

В данной работе применены следующие сокращения соответствующими определениями:

ПАЦ – полианионная целлюлоза;

КМК – карбоксиметилкрахмал;

КМЦ – карбоксиметилцеллюлоза;

ПВ – пластическая вязкость;

ДНС – динамическое напряжение сдвига;

СНС – 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.

Оглавление

Введение	13
1. Литературный обзор.....	14
1.1 Виды буровых растворов и их функции	14
1.2 Функции буровых растворов	15
1.3 Виды фильтрации буровых растворов и промывочных жидкостей	17
1.4 Последствия фильтрационных потерь буровых растворов	20
1.5 Реагенты для буровых растворов	21
1.6 Органические добавки для буровых растворов.....	23
2 Методика проведения исследования.....	27
2.1 Оборудование для проведения исследований	28
2.2 Методика приготовления биополимерного бурового раствора	34
2.3 Методика приготовления бентонитового бурового раствора.....	34
2.4 Методика определения фильтрации бурового раствора.....	35
2.5 Методика определения реологических свойств бурового раствора.....	35
2.6 Методология проведения исследования	36
3. Результаты экспериментальных исследований	37
3.1 Исследование влияние исследуемого материала на биополимерные буровые растворы на водной основе.....	39
3.2 Исследование влияние исследуемого материала на бентонитовые буровые растворы на водной основе.....	45
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	38
4.1 Структура исследовательской работы	38
4.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	39
4.2.1 Материальные затраты на проведение НТИ	39

4.2.2	Затраты по основной заработной плате	40
4.2.3	Отчисления в государственные внебюджетные фонды.....	41
4.2.4	Прочие расходы	41
4.2.5	Формирование бюджета исследования.....	42
4.3	Обоснование эффективности проекта.....	42
5.	Социальная ответственность	44
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	44
5.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	44
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	46
5.2	Профессиональная социальная безопасность.....	47
5.3	Экологическая безопасность.	54
5.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду ..	54
5.3.2	Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	54
5.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	55
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	56
	Заключение	58
	Список использованных источников	59
	Приложение А	64

Введение

В процессе бурения любых скважин возможны различные аварии и осложнения, на ликвидацию которых может затрачиваться до 30% календарного времени строительства скважины. Одним из наиболее распространенных осложнений является поглощение бурового раствора, в результате которого промывочная жидкость частично или полностью уходит в горную породу. Наиболее интенсивно это проявляется в пористых пластах с повышенной проницаемостью. Основной способ борьбы с поглощениями – правильно подобранная рецептура бурового раствора с учетом всех особенностей геологического разреза.

Для того, чтобы буровой раствор выполнял все возложенные на него функции, в его состав добавляют различные компоненты. Чем дороже стоимость включаемых в состав растворов добавок, тем больше стоимость общих затрат на бурение скважины, и тем сильнее увеличивается риск нерентабельности освоения скважины.

Одним из наиболее важных компонентов бурового раствора для борьбы с поглощениями является кольматант. Основная задача этого материала — это сохранение бурового раствора в скважине за счет закупоривания порового пространства горных пород около стенок скважины.

В данной работе проводится исследование влияния измельченного кедрового ореха в качестве кольматанта на буровые растворы на водной основе с целью определения возможности использования данного материала в процессе бурения скважин, тем самым снизив общие затраты на приготовление бурового раствора.

1. Литературный обзор

1.1 Виды буровых растворов и их функции

Буровые растворы состоят из разнообразных сочетаний жидкости, газа и твердых веществ. Буровые растворы подразделяются по составу дисперсной среды на три основные категории [1]:

- Буровые растворы на водной основе
- Буровые растворы на углеводородной основе
- Газообразные агенты

Буровые растворы на водной основе

Дисперсной средой в данных растворах является вода. Эти растворы являются наиболее используемыми при бурении любых горных пород. Эти растворы подразделяются на растворы на основе чистой воды и растворы на основе соленой воды. Твердые вещества, различные газы и жидкости могут составлять дисперсную фазу растворов на водной основе. Преимуществами данного типа растворов являются: низкая стоимость обслуживания, легкость получения и способность решать многие задачи в процессе бурения [1].

Буровые растворы на углеводородной основе

Дисперсной средой в растворах этого типа является нефть. Обычно в качестве дисперсной фазы в данных растворах используется вода. Эти растворы используются при бурении интервалов чувствительных к воде глин, для увеличения стабильности ствола скважины, также они применимы при бурении скважин с большим углом наклона, т.к. имеют значительную смазывающую способность и способны предотвращать гидратацию глин. Основная проблема использования растворов на УВ основе по сравнению с растворами на водной основе, это их высокая закупочная стоимость, однако их можно использовать неоднократно, что в целом снижает цену их эксплуатации [1].

Газообразные агенты

Если дисперсной средой в буровом растворе является газ или воздух, то он называется газообразным агентом. Газ смешивают с водой в различных

пропорциях, формируя различные формы газообразных агентов: при низком количестве воды образуется газ, похожий на дым, при большом количестве воды образуются пены. Полученные агенты выносят выбуренную породу на поверхность. Обычно газообразные агенты применяются для скважин, имеющих низкое давление, на уже почти истощенных месторождениях или в зонах повышенного поглощения. Этот тип растворов рекомендуется использовать для скважин глубиной не более 3 км из-за крупных габаритов наземного оборудования.

1.2 Функции буровых растворов

Функции буровых растворов подразделяются на основные и вспомогательные. К наиболее важным функциям относятся:

- Контроль забойного давления
- Удаление и вынос на поверхность разрушенной горной породы
- Обеспечение устойчивости стенок скважины

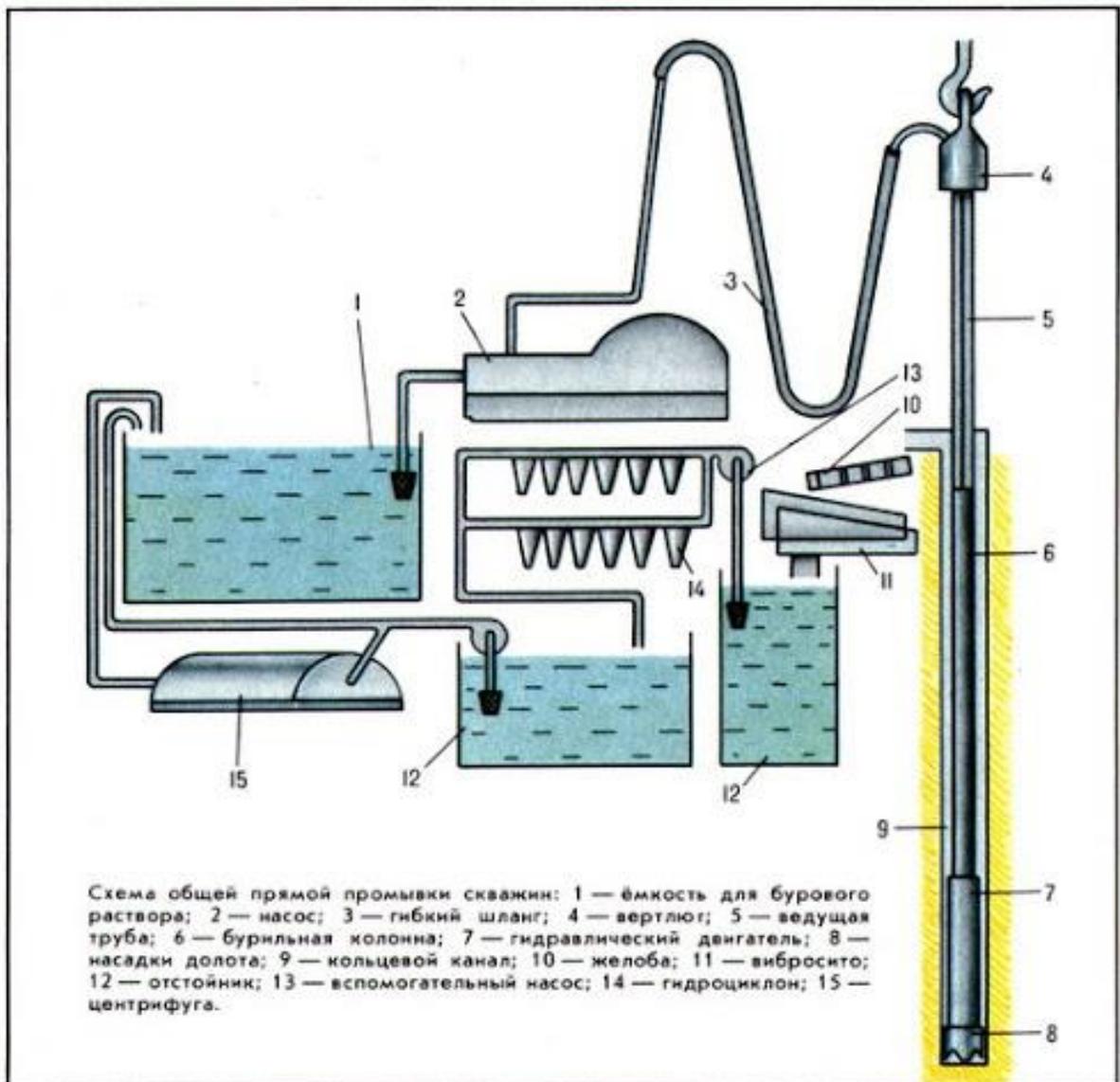


Рисунок 1.1 – Типичная схема циркуляции бурового раствора

В процессе бурения по мере увеличения глубины скважины увеличивается и забойное давление, а гидростатическое давление, создаваемое буровым раствором, находящимся в скважине, оказывает необходимое сопротивление пластовому давлению, что значительно уменьшает возможность попадания пластового флюида в скважину. Кроме того, гидростатическое давление бурового раствора оказывает противодействие на стенки скважины, что способствует стабилизации ствола скважины. Еще одной из важнейших функций, необходимых для бурения любой скважины, является возможность выноса пробуренной породы на поверхность. Это осуществляется благодаря высокой скорости потока бурового раствора, проходящего через насадки долота,

в совокупности с верно подобранным составом раствора, обеспечивающим необходимые реологические параметры. На качество выноса пробуренной породы влияет много факторов, в том числе: плотность бурового раствора, его вязкость, скорость восходящего потока, величина зенитного угла скважины, вращение бурильной колонны в скважине и др. В целом, буровые растворы должны обладать способностью как выносить выбуренную породу на поверхность, так и поддерживать её в подвешенном состоянии при различных операциях при отсутствии циркуляции в скважине. Плохо подобранная рецептура бурового раствора может привести к различным осложнениям и авариям в том числе к осыпям, обвалам стенок скважины, образованию сальников, каверн, газонефтеводопроявлениям, прихватам бурильной колонны. Типичная схема циркуляционной системы буровой установки приведена на рисунке 1.1. [1] [2]

Указанные выше функции являются основополагающими для каждого бурового раствора. Помимо них есть вспомогательные функции, качество выполнения которых зависит от условий конкретной скважины и не всегда ставится в приоритет при выборе состава бурового раствора. К вспомогательным функциям относятся:

- Смазка и охлаждение долота и буровой компоновки
- Передача гидравлической энергии на инструмент и долото
- Обеспечение необходимой среды для проведения каротажа
- Повышение коррозионной устойчивости
- Снижение негативного влияния на окружающую среду
- Минимизация воздействия на коллекторские свойства продуктивного

пласта

1.3 Виды фильтрации буровых растворов и промывочных жидкостей

При бурении нефтяных и газовых скважин обычно выделяют 2 вида фильтрации: статическая и динамическая. Также иногда говорят о фильтрации ниже долота, как об отдельном типе динамической фильтрации.

Статическая фильтрация проявляется при отсутствии циркуляции буровой жидкости, когда буровой раствор не мешает росту фильтрационной корки.

Динамическая фильтрация проявляется в условиях, когда буровой раствор циркулирует и рост фильтрационной корки ограничен из-за эрозионного воздействия потока бурового раствора. Скорость динамической фильтрации значительно выше статической и на долю динамической фильтрации приходится около 80% всех фильтрационных потерь буровых растворов.

На забое скважины за счет действия высокоэрозионных струй бурового раствора, а также вследствие обнажения свежей поверхности породы при каждом ударе зуба долота образуется очень тонкая фильтрационная корка. Раньше считалось, что проникновение фильтрата наибольшее именно ниже долота, однако ряд последующих исследований показал, что фильтрацию в породу под долотом существенно ограничивает образующаяся внутренняя глинистая корка [4] [5].

Проникновение фильтрата бурового раствора в горные породы начинается сразу же после начала самого процесса фильтрации. Известно, что при фильтрации бурового раствора при условиях постоянных температуры и давления объем фильтрата пропорционален корню из времени фильтрации, если пренебречь небольшой ошибкой при значениях, близких к нулю. Эту ошибку обычно называют мгновенной фильтрацией бурового раствора. Она вызывается главным образом способностью мельчайших частиц бурового раствора проходить через фильтровальную бумагу, прежде чем произойдет закупоривание её пор. После этого через бумагу проникает только фильтрат и зависимость становится прямолинейной. Для большинства буровых растворов показатель мгновенной фильтрации довольно мал, и ею часто пренебрегают, однако эта ошибка может быть значительной при протекании фильтрации в пористых породах. Фильтрация даже может быть неограниченной в таких породах, если буровой раствор не содержит частиц подходящего размера и формы, чтобы закупорить каналы горной породы. Также мгновенная фильтрация может быть значительной и не в пористых породах, в том случае, если

формирование фильтрационной корки происходит внутри пор горной породы. Только частицы, подходящие по размеру порам горной породы, имеют возможность образовывать фильтрационную корку. Частицы большего размера не могут проникнуть в поры и выносятся потоком бурового раствора, а частицы меньшего размера проникают слишком глубоко в пласт. Как только образуется начальная корка, частицы меньшего размера уже не будут иметь возможность проникнуть через образованный слой, и в пласт будет проникать только фильтрат бурового раствора [4] [6].

На рисунке 1.2 представлены три зоны частиц бурового раствора, образующихся у стенки скважины:

- Наружная фильтрационная корка на стенке скважины.
- Внутренняя фильтрационная корка, толщиной в несколько диаметров средних частиц проникающего бурового раствора, образующих корку (переходная зона).
- Зона проникновения частиц малого размера во время мгновенной фильтрации, достигающая до 3 см вглубь породы

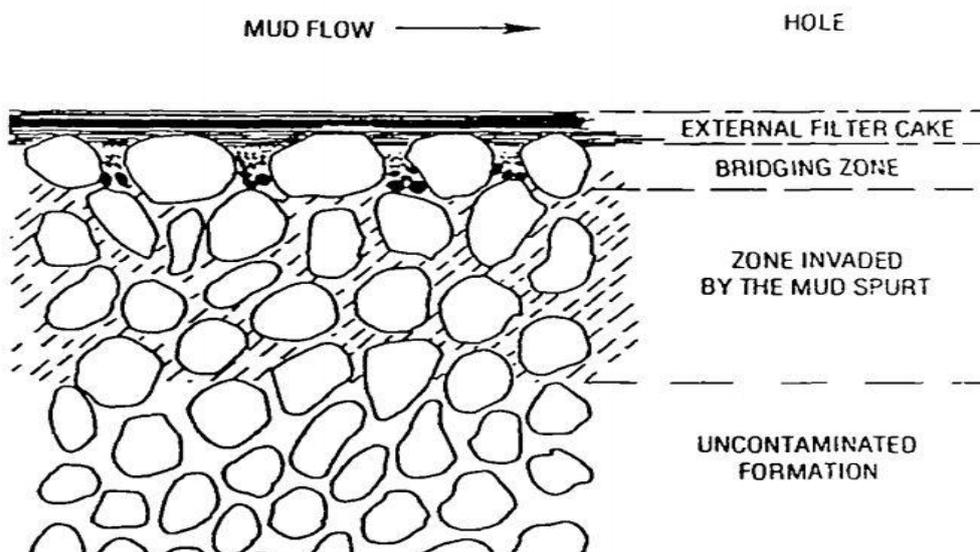


Рисунок 1.2 – Зоны проникновения бурового раствора в горные породы [4]

1.4 Последствия фильтрационных потерь буровых растворов

Выделяют следующие проблемы, возникающие в результате фильтрационных потерь буровых растворов:

- Дифференциальный прихват
- Неустойчивость стенок скважины
- Загрязнение продуктивного пласта

Необходимость буровых растворов иметь низкий показатель фильтрации очень сильно определяется характером пробуриваемых пород. Устойчивые породы, имеющие низкую проницаемость, такие, как песчаники, сланцы, плотные карбонатные породы, можно пробуривать практически без регулирования фильтрации. Однако, некоторые виды сланца очень чувствительны к воде из-за чего возможно образование каверн и как следствие увеличение диаметра скважины. В целом фильтрационная корка помогает предотвращать обрушение стенок за счет герметизации трещин горной породы, но большую роль в этом играет непосредственно тип используемого бурового раствора и химический состав его фильтрата [4] [6].

Слишком толстая фильтрационная корка может вызывать такое явление, как дифференциальный прихват. Он происходит в результате воздействия перепада давления, вызванного увеличением веса столба бурового раствора, на бурильную колонну, прилегающую к проницаемому пласту с отложенной на нем фильтрационной коркой. Во многих случаях наличие прихвата инструмента объясняется воздействием перепада давления. Прихват вследствие перепада давления обычно возникает в то время, когда колонна неподвижна, например, при наращивании или во время проведения внутрискважинных исследований. В этом случае на наличие прихвата указывают такие признаки, как возможность проведения полного цикла циркуляции при том, что движение бурильной колонны ограничивается только растяжением и закручиванием.

Прихват инструмента вследствие перепада давления происходит при наличии следующих условий:

- Гидростатическое давление бурового раствора превышает пластовое давление в прилегающем пласте.

- Обычно оказывается, что в месте возникновения прихвата находится проницаемый (в большинстве случаев песчаный) пласт. Сочетание двух этих факторов — перепада давления и наличия проницаемой породы — приводит к возникновению фильтрации в пласт и отложению глинистой корки.

Рост глинистой корки способствует увеличению зоны контакта между стенкой скважины и бурильной трубой. Толщина фильтрационной корки и коэффициент трения увеличиваются за счет избыточного объема выбуренной породы и высокой водоотдачи, еще более усложняя процесс освобождения прихваченного инструмента.

Загрязнение продуктивного пласта проявляется в снижении проницаемости ПЗП, что в результате приводит к несовершенству вскрытия скважины. Последствиями могут быть:

- Низкая производительность/дебит, а также высокие затраты на освоение и интенсификацию притока
- Низкая приемистость нагнетательных скважин
- Ошибочные или неполные данные о коллекторе для разведочных скважин, что может привести к необоснованному отказу от разработки месторождения.

1.5 Реагенты для буровых растворов

Ряд химических веществ могут быть добавлены к буровым растворам, чтобы они соответствовали необходимым требованиям и выполнял все возложенные функции. К наиболее распространенным относятся:

- Регуляторы рН (предназначены для регулирования необходимого значения водородного показателя бурового раствора)
- Ингибиторы коррозии (предназначены для предотвращения коррозии подземного оборудования путём создания защитной пленки, химически связанной с поверхностью оборудования, которая защищает от воздействия коррозионных сред, таких как соленая вода, кислые газы и т.д.);

- Пенoгасители (предназначены для контроля пенообразования во всех ситуациях от бурения и завершения скважин до применения в промывочных растворах и цементировании);
- Понизители фильтрации (предназначены для снижения величины фильтрации бурового раствора в горную породу);
- Эмульгаторы (предназначены для образования систем на основе обратных эмульсий, характеризующиеся превосходной эмульсионной устойчивостью, избирательным смачиванием твердых частиц непрерывной нефтяной фазой, контролем фильтрации и температурной стабильностью);
- Ингибиторы глин (предназначены для подавления процесса гидратации и набухания глин и глинистых сланцев, предотвращения дальнейшего диспергирования выбуренного глинистого шлама, помогает снизить сальникообразование на элементах КНБК и зашламование долота);
- Бактерициды (предназначены для контроля аэробных и анаэробных бактерий в буровых растворах для нефтяных и газовых скважин.);
- Смазывающие вещества (предназначены для снижения трения бурильной колонны о стенки скважины, предотвращения прихватов и затяжек во время СПО);
- ПАВ (предназначены для снижения поверхностного натяжения на жидкой или твердой поверхности раздела сред);
- Понизители вязкости (предназначены для снижения вязкости путём адсорбции на поверхности глинистых частиц, в результате чего снижается количество связанной воды и повышается электрокинетический потенциал);
- Утяжелители (предназначены для увеличения плотности бурового раствора с целью регулирования гидростатического давления в скважине в зависимости от давления вскрываемых нефтегазовых и водоносных пластов и порового давления глинистых пород);
- Загустители (предназначены для увеличения вязкости буровых растворов для регулирования реологических свойств).

1.6 Органические добавки для буровых растворов

С каждым годом растут требования к экологичности используемых материалов в нефтегазовой отрасли. Это также и относится к реагентам, используемым в буровых растворах. В последнее время наблюдается рост увеличения числа материалов органического происхождения, применяемых при бурении. Это связано со многими преимуществами использования данного вида материалов: дешевизна, отсутствие экологического вреда для окружающей среды и работников, простота получения.

За последние несколько лет было проведено немалое количество исследований безвредных, «зеленых» материалов органического происхождения, которые можно найти в повседневной жизни. Эти материалы используются не только как обычные добавки для улучшения характеристик бурового раствора, но даже и как заменители повсеместно используемым химическим реагентам.

Ряд исследователей изучили влияние древесины алеппской сосны на реологические и фильтрационные свойства бентонитовых буровых растворов [23]. В результате своей работы Соумиа Хейдер и др. определили, что измельченная древесина алеппской сосны с диаметром частиц от 0,1 мм до 1 мм может быть использована в качестве замены ПАЦ, КМЦ и ксантановой камеди. В опубликованной статье они показали результаты опытов, которые говорят об улучшении реологических и фильтрационных свойств буровых растворов на водной основе с применением измельченной сосны по сравнению с растворами с включением полимеров. Еще одним из преимуществ является дешевизна приготавливаемого бурового раствора – по их подсчетам буровой раствор с биоразлагаемым компонентом стоит меньше 10\$ за 1 м³ готового раствора по сравнению с 50\$ раствора с применением полимеров.

М. Инамул Хуссейн и др. провели исследования по применению измельченной травы в качестве реагента для регулирования фильтрации и улучшения реологических характеристик [24]. В своей публикации они сравнили результаты тестов на фильтрацию и реологические характеристики модельного

бентонитового раствора и растворов с применением измельченной травы различных концентраций и получили следующие результаты:

- для частиц размером 300 мкм: объем фильтрата уменьшился до 25%, увеличение вязкости, СНС, ДНС достигало 20%, оптимальная концентрация – 0,75 % по массе;
- для частиц размером 90 мкм: объем фильтрата уменьшился до 23%, увеличение вязкости, СНС, ДНС достигало 17%, оптимальная концентрация – 1 % по массе;
- для частиц размером 35 мкм: объем фильтрата уменьшился до 19%, увеличение вязкости, СНС, ДНС достигало 14%, оптимальная концентрация – 0,75 % по массе.

Давуди Шадфар и др. провели исследования по влиянию измельченной скорлупы фисташкового ореха [25]. В своей работе они проверяли возможность замены ПАЦ-НВ на более дешевый и биоразлагаемый материал – измельченную скорлупу фисташек. Ими были получены следующие результаты: по сравнению с модельным буровым раствором, разработанный раствор с включением измельченной скорлупы фисташек в объеме 9 гр. на 350 мл. раствора имел показатель фильтрации ниже на 44 % в условиях низкой температуры и низкого давления и на 39% в условиях высокой температуры и высокого давления. Толщина фильтрационной корки при этом не выросла и оставалась в допустимом диапазоне. Реологические характеристики были сравнимы с соответствующими бурового раствора с применением ПАЦ-НВ. По подсчетам авторов стоимость разработанного ими раствора дешевле чем используемого в промышленности раствора с использованием ПАЦ-НВ на 14 %.

М. Д. Аманулла и др. провели исследования по использованию измельченных семян плодов финиковой пальмы и отрубей подорожника [26]. После измельчения исследуемые материалы добавлялись поочередно в соленую воду и пресную воду. Измерялся объем фильтрата полученных растворов и сравнивался с фильтратом таких же растворов, но с применением ксантановой камеди. В результате объем фильтрата снизился более чем на 90 % для раствора

с применением как плодов финика, так и отрубей подорожника в условиях низкого давления и низкой температуры по методике API (со 176 до 12 см³). В условиях высокого давления и высокой температуры исследователи добились снижения объема фильтрата до 70 % (с 76,4 до 21 см³). Толщина фильтрационной корки незначительно выросла, оставаясь при этом в допустимом диапазоне по методике API (с 0,4 мм до 0,79 мм); для условий НР-НТ толщина фильтрационной корки не изменилась и осталась на уровне 1,984 мм.

Фрэнсис Д. Удо и др. изучили влияние измельченной рисовой шелухи на фильтрационные характеристики буровых растворов на водной основе в условиях низкого давления и низкой температуры [27]. Основным преимуществом использования такого материала авторы назвали широкую распространенность рисовой шелухи и дешевизну её получения для использования в качестве реагента для буровых растворов. Авторы подготовили 12 образцов бентонитового бурового раствора: 4 с применением рисовой шелухи в различной концентрации, 4 с применением ПАЦ и 4 с применением КМЦ. В результатах опубликованной работы было указано, что применение биоразлагаемого компонента в концентрации 20 гр. на 350 мл. раствора снижает объем фильтрата на 61 % (с 42,5 мл до 16,5 мл, что сравнимо с фильтрацией раствором с применением ПАЦ и КМЦ (с 40,5 мл до 19 мл и с 38,5 мл до 17,2 мл соответственно). Был сделан вывод о применимости измельченной рисовой шелухи в качестве понизителя фильтрации для бентонитовых буровых растворов на водной основе.

Аллан Катенде и др. провели исследования по применению измельченной кожуры дуриана в качестве понизителя фильтрации буровых растворов на водной основе. Исследователи высушили и измельчили кожуру дуриана и разделили по размеру частиц на 4 группы: 44-74 мкм, 74-250 мкм, 250-2000 мкм и выше 2000 мкм. В своей работе они следовали следующей методике приготовления раствора:

- 1) В цилиндрический стакан наливается 350 мл воды;

- 2) 0,25 гр. Na_2CO_3 растворяется в воде и перемешивается в течение 2 минут;
- 3) Добавляется 15 гр. бентонитового порошка и перемешивается в течение 5 минут;
- 4) Добавляется 1 гр. крахмала и перемешивается в течение 5 минут;
- 5) Добавляется 0,25 гр. NaOH и перемешивается еще в течение 5 минут;
- 6) После добавления всех реагентов раствор перемешивается еще в течение 30 минут до проведения измерений.

Для приготовления раствора с изучаемым понизителем фильтрации была использована следующая методика после шагов 1-4:

- 1) Необходимая концентрация измельченной кожуры дуриана добавляется и раствор перемешивается в течение 15 минут;
- 2) Добавляется 0,25 гр. NaOH и перемешивается в течение 5 минут;
- 3) После добавления всех реагентов раствор перемешивается еще в течение 30 минут до проведения измерений.

В результате проведенных опытов исследователи получили следующие результаты: объем фильтрата бурового раствора уменьшался до 57 % (с 16 мл до 7 мл) при добавлении натурального компонента с размером частиц до 74 мкм при концентрации 30 % по массе раствора. Реологические характеристики модельного раствора также были улучшены посредством добавления кожуры дуриана. СНС изменялся в диапазоне от 5 до 15 фунт/100 фут², ДНС в диапазоне от 5 до 50 фунт/100 фут² при максимальной концентрации в 30 % по массе. Также была исследована реологическая модель полученной системы бурового раствора. По полученным данным исследователи определили, что буровой раствор следует реологической модели Бингама вязкопластической жидкости. Модель Бингама описывает реологические свойства жидкости, в которой требуется конечная сила для инициации потока (ДНС) и которая затем имеет постоянную вязкость при увеличивающейся скорости сдвига (пластическая вязкость).

2 Методика проведения исследования

В процессе исследования проводились измерения как реологических параметров, так и фильтрационных характеристик исследуемых буровых растворов для того, чтобы определить возможность применения измельченной древесины в качестве реагента для буровых растворов. Методология проведения исследования

Одной из важнейших характеристик бурового раствора являются его фильтрационные свойства и его способности формировать на стенке скважины тонкую, но при этом почти непроницаемую глиняную корку.

Фильтрация - параметр, определяемый объемом жидкой фазы, отфильтровавшейся из бурового раствора под действием перепада давления при определенной температуре за 7,5/30 минут.

Поглощение бурового раствора объемом 10-20 мл. за 30 минут в большинстве случаев считается допустимым. Настольный фильтр-пресс способствует изучению фильтрационных характеристик буровых растворов. Изучение толщины, химического состава и консистенции корки, образовавшейся за определенный период фильтрационного анализа бурового раствора, всегда было первоочередной задачей исследователей буровых растворов. Вышеперечисленные факторы, напрямую зависят от типа и количества твердых примесей и их физических и химических взаимодействий, на которые, в свою очередь, оказывают влияние перепады давления и температуры. Американский Институт Нефти (API) рекомендует стандартное давление в ячейке $100 \pm 1,0$ psi ($690 \pm 6,9$ кПа) в пределах времени выполнения испытания от 30 секунд до 30 минут.

Для сравнения и оценки реологических характеристик растворов 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-900»

2.1 Оборудование для проведения исследований

Для проведения исследований потребовалось следующее оборудование:

- 1) Цилиндрический металлический стакан (рисунок 2.1);



Рисунок 2.1 – Цилиндрический металлический стакан

- 2) Электронная верхнеприводная высокоскоростная мешалка (рисунок 2.2);



Рисунок 2.2 - Электронная верхнеприводная высокоскоростная мешалка

Данное устройство используется для перемешивания вязких жидкостей, для смешения жидкостей и твердых тел, для смешения жидкостей и порошков. Применяется для приготовления эмульсий и дисперсий в лабораториях.

Подходит для перемешивания:

Водные растворы - 1 мПа*с

Очень жидкие клеи и краски - 70-500 мПа*с

Большинство красок и эмалей - 500-3000 мПа*с

Густые краски - 3000-30000 мПа*с

Густые клеи (для паркета или линолеума) - 30000-50000 мПа*с

Герметики и мастики - до 100 000 мПа*с

Характеристики:

- Верхнеприводная мешалка снабжена встроенным электронным бесступенчатым регулятором скорости, что позволяет самостоятельно установить число оборотов в минуту;

- Отличительная особенность заключается в поддержании заданной скорости вращения мешалки при изменении вязкости перемешиваемой среды;

- В комплект поставки входит только привод ES-8400 и пропеллерная мешалка IM4.

3) Ротационный вискозиметр OFITE 900 (рисунок 2.3);



Рисунок 2.3 – Ротационный вискозиметр OFITE 900

Вискозиметр представляет собой портативный и полностью автоматизированный прибор, предназначенный для определения реологических свойств буровых и тампонажных растворов, а также жидкостей ГРП.

На панели управления расположен дисплей и кнопки управления, позволяющие задать 12 фиксированных скоростей, а также изменяемый диапазон скоростей 0,006-1000 об/мин. На дисплее в цифровом виде отображаются значения: скорость сдвига, напряжение сдвига, вязкость, температура.

В автономном режиме работы прибор имеет возможность автоматически выполнять стандартные тесты для испытания буровых или тампонажных

растворов, согласно рекомендациям API. Калибровка прибора осуществляется в автоматическом режиме по стандартной жидкости с известной вязкостью.

Вискозиметр имеет возможность подключения к ПК (RS-232). Управление и сбор данных осуществляются посредством ПО «ORCADА». ПО позволяет проводить испытания буровых растворов и жидкостей ГРП в соответствии с API RP 10B, RP 13D, RP 39, а также составлять произвольные программы тестирования и загружать их в вискозиметр.

Конфигурация измерительной системы – коаксиальный цилиндр Куэтта (B1R1F1). Магнитная конструкция подсоединения внутреннего цилиндра (боба) KlikLock

Шаговый электродвигатель.

Точность поддержания скорости: 0,001 об/мин

Диапазон скорости сдвига: 0,01-1700 сек-1

Диапазон напряжений сдвига (дин/см²): 0-1500 (R1B1 и F1)

Диапазон измеряемой вязкости (сП) для конфигурации R1B1:

- Минимальная вязкость при 600 об/мин: 0,5 сП

- Максимальная вязкость при 0,01 об/мин: 10000000 Сп

Прибор оборудован обогреваемым стаканом из нержавеющей стали с максимальной температурой 88°C, 150Вт.

Регистрация температуры образца: Термопара тип «J».

Электропитание: 97-250 В, 50/60 Гц

Прибор комплектуется кейсом для транспортировки, ПО «ORCADА» и калибровочной жидкостью.

Вискозиметр внесен в Гос. реестр СИ РФ и поставляется со Свидетельством о поверке.

Габариты: 44 x 38 x 28 см

Вес: 8,6 кг

4) Режущая мельница (рисунок 2.4);



Рисунок 2.4 – Режущая мельница

Экономичные режущие мельницы Вилитек VLM — это универсальные приборы, предназначенные для измельчения различных продуктов в условиях небольших производств, модели малой мощности могут применяться в домашних условиях. Измельчение происходит в чаше, в которую порциями загружается измельчаемый продукт. Крупность получаемой фракции зависит от времени помола, как правило, время помола составляет от пяти секунд до одной минуты, большинство материалов измельчаются за несколько секунд.

- 5) Лабораторные сита с ячейками 90 мкм, 200 мкм, 400 мкм;
- 6) pH-метр;
- 7) Установка с фильтр-прессом (рисунок 2.5);



Рисунок 2.5 – Установка с фильтр-прессом

8) Весы лабораторные (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Весы лабораторные электронные

Всё необходимое оборудование было в наличии и расположено в Испытательной научно-инновационной лаборатории "Буровые промывочные и тампонажные растворы".

2.2 Методика приготовления биополимерного бурового раствора

В процессе исследования использовалась следующая методика приготовления биополимерного бурового раствора:

1. В железный цилиндрический стакан наливается вода объемом 350 мл³ и 0,175 грамм NaOH для создания щелочной среды.
2. В стакан медленно равномерно засыпается необходимое количество ксантановой камеди и при помощи высокоскоростной мешалки при 1200 об/мин перемешивается в течение 15 минут.
3. К полученному раствору равномерно добавляется 5,25 грамм (1,5 % по массе) карбоксиметилкрахмала и перемешивается при 1400 об/мин еще в течение 15 минут.
4. Добавляется необходимое количество измельченной древесины лиственницы сибирской и перемешивается при 1500 об/мин в течение 10 минут.
5. В полученный раствор в небольшом количестве добавляется пеногаситель, после чего раствор перемешивают еще в течение 5 минут.

2.3 Методика приготовления бентонитового бурового раствора

В процессе исследования использовалась следующая методика приготовления бентонитового бурового раствора:

1. В железный цилиндрический стакан наливается вода объемом 350 мл³ и 0,175 грамм NaOH для создания щелочной среды.
2. В стакан медленно равномерно засыпается 21 грамм порошка бентонитового и при помощи высокоскоростной мешалки при 1400 об/мин перемешивается в течение 20 минут.
3. К полученному раствору равномерно добавляется соль (NaCl, KCl, CaCl₂) и перемешивается при 1600 об/мин в течение 20 минут
4. Добавляется необходимое количество измельченной древесины лиственницы сибирской и перемешивается при 1700 об/мин в течение 10 минут.
5. В полученный раствор в небольшом количестве добавляется пеногаситель, после чего раствор перемешивают еще в течение 5 минут.

2.4 Методика определения фильтрации бурового раствора

Методика проведения испытания такова:

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 определения реологических свойств бурового раствора

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

- 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) Нажать кнопку «MUD» на панели прибора и дождаться окончания замера;
- 4) По окончании измерения СНС в течение 10 минут провести измерения напряжения сдвига и вязкости при скоростях сдвига равных 600, 300, 100, 60, 30 и 3 об/мин.
- 5) Рассчитать пластическую вязкость и динамическое напряжение сдвига, используя формулы [1] и [2]:

$$PV = \text{Показания при } 600 \frac{\text{об}}{\text{мин}} - \text{показания при } 300 \frac{\text{об}}{\text{мин}}, \text{ [сП]} \quad [1]$$

$$YP = \text{показания при } 300 \frac{\text{об}}{\text{мин}} - PV, \left[\frac{\text{фунт}}{100\text{фут}^2} \right] \quad [2]$$

2.6 Методология проведения исследования

На основе анализа научных статей смежной тематики были сформированы основные моменты используемой в данной работе методологии проведения научного исследования:

- 1) Все замеры проводятся при комнатной температуре ($25\pm 2^\circ\text{C}$);
- 2) При исследованиях влияния древесины на биополимерные буровые растворы для более точного определения зависимости свойств раствора от концентрации какого-либо компонента исследуемый компонент берется в количестве равномерно увеличивающимся с каждым проводимым опытом
- 3) Анализом работы является сравнительный анализ заключительных замеров каждого из параметров, где заключительный замер какого-либо параметра представляет собой среднее арифметическое трёх различных независимых измерений, округленных до одного знака после запятой, трёх отдельно приготовленных буровых растворов по единой рецептуре и методике приготовления;

С точки зрения теории научного исследования выбранная методология является наилучшей, так как уменьшает возможные неточности измерений, связанные с малейшими отклонениями от методик приготовления и измерений, а также с различными человеческими факторами.

3. Результаты экспериментальных исследований

В связи с научной новизной полученных результатов исследований текст данной главы отсутствует.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Структура исследовательской работы

Для определения комплекса работ по разработке систем буровых растворов с кольматантами на основе кедрового ореха 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.

Структура реализации научно-исследовательской работы представлена в таблице 4.1. В качестве исполнителей работы определены два человека: научный руководитель и студент-магистрант.

Таблица 4.1– Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы работ	№	Наименование работ	Исполнитель	Планируемое число рабочих дней
Разработка задания на выполнение ВКР	1	Постановка цели и задач ВКР; формулирование темы работы и составление технического задания	Научный руководитель	3
Подготовительный этап	2	Анализ предполагаемой области исследования	Научный руководитель, студент-магистрант	20
	3	Определение основных этапов и планирование сроков их выполнения	Научный руководитель, студент-магистрант	2
	4	Изучение литературы, формирование литературного обзора	Студент-магистрант	92
Этап экспериментальных исследований	5	Проведение исследований реологических и фильтрационных параметров базовых биополимерных буровых растворов на водной основе	Студент-магистрант	15

	6	Подбор верной рецептуры бурового раствора с включением в состав кедрового ореха	Студент-магистрант	60
	7	Исследование влияния измельченного кедрового ореха на фильтрационные и реологические характеристики бурового раствора	Студент-магистрант	21
Аналитический этап	8	Анализ полученных результатов, формирование выводов	Научный руководитель, студент-магистрант	7
Заключительный этап	9	Защита ВКР	Студент-магистрант	1

Время, отведенное на проведение научно-технического исследования, представлено в таблице 4.2. Руководитель оказывает информационную поддержку при проведении научных исследований каждый свой рабочий день, что следует учитывать при расчете заработной платы.

Таблица 4.2 – Продолжительность работ каждого исполнителя при проведении исследований

Показатели рабочего времени		Научный руководитель	Студент-магистрант
Календарное количество дней	С 01.09.2019 по 01.06.2020	274	
Количество рабочих дней		221	
Продолжительность работ, выполняемых в период с 01.09.2019 по 06.06 2020 г., раб. дн.		32	218

4.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.2.1 Материальные затраты на проведение НТИ

Выполнение исследования сопряжено с использованием различных химических реагентов. Величина необходимых затрат рассчитывается как сумма затрат на каждый отдельно взятый реагент.

Все необходимые материальные ресурсы, для приготовления одного модельного бурового раствора для проведения одного эксперимента

представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Рассчитанные материальные затраты

Наименование материала	Ед. изм.	Цена руб/кг. (л.)	Среднее необходимое количество на 1 эксперимент, кг (л)	Затраты на материал, руб.
Вода	л	0,046	0,35	0,016
Ксантановая камедь	кг	196	0,0014	0,274
Карбоксиметилцеллюлоза	кг	419	0,0052	2,179
Бентонит	кг	32	0,0105	0,336
NaOH	кг	190	0,000175	0,033
NaCl	кг	66	0,005	0,33
CaCl ₂	кг	25	0,005	0,125
Итого				3,304

Таким образом, стоимость приобретения материалов для проведения одного опыта составляет 3,304 руб.

Общие материальные затраты на ресурсы для проведения исследования представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Общие материальные затраты на ресурсы для проведения исследования

Наименование исследования	Количество необходимых экспериментов	Общая стоимость проведения исследования, руб
Разработка подходящей рецептуры бурового раствора на водной основе	30	99,12
Влияние кедрового ореха на фильтрационные и реологические параметры биополимерного бурового раствора на водной основе	40	132,16
Влияние кедрового ореха на фильтрационные и реологические параметры бентонитового бурового раствора на водной основе	42	138,77
Итого:	112	370,05 руб.

4.2.2 Затраты по основной заработной плате

В выполнении ВКР принимают непосредственное участие студент-магистрант и научный руководитель. т.к. студент не является оплачиваемым работником, то расчет заработной платы сводится к определению затрат на заработную плату только научному руководителю.

Известен должностной оклад научного руководителя – 35000 рублей в месяц. Рассчитываем среднедневную заработную плату по формуле [4]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}} \quad [4]$$

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей (для научного руководителя и специалиста при отпуске в 48 дн. $F_{\text{д}} = 199$ раб. дн.) раб. дн.

$$Z_{\text{дн}} = \frac{35000 * 10,4}{199} = 1829 \text{ руб.}$$

Исходя из таблицы 4.2 можно рассчитать затраты на основную заработную плату научного руководителя:

$$ЗП_{\text{н.р.}} = 1829 * 32 = 58528 \text{ руб.}$$

4.2.3 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.

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. Результаты расчетов приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Размер обязательных отчислений во внебюджетные фонды

Вид затрат	Научный руководитель
Основная ЗП, руб.	58528
Размер отчислений во внебюджетные фонды	18729
Итого отчислений	18729 рублей

4.2.4 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 4.6.

Таблица 4.6 – Затраты на коммунальные платежи

Вид затрат	Тариф, руб./мес.	Время использования в рамках данной работы, мес.	Сумма затрат, руб
Электроэнергия	129,5	3,15	407,6
Теплоснабжение	6766,2		21313,5
Канализация	9,74		30,7
Водоснабжение	13,7		43,2
Итого			21795

4.2.5 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 4.7, 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 4.7 – Смета расходов на реализацию исследования

Статьи затрат	Сумма затрат, руб.
Материалы и комплектующие	370
Оплата труда	58528
Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды	18729
Прочие расходы, в т.ч. коммунальные услуги	21795
Итого собственных затрат	99422

4.3 Обоснование эффективности проекта

Исследование свойств измельченного кедрового ореха на буровые растворы на водной основе показало, что его можно применять в качестве кольматанта и стоимость данного вида кольматанта ниже, чем применяемых на

сегодняшний день. Минимальная стоимость промышленного кольматанта составляет от 20000 рублей за тонну готовой продукции. Стоимость исследуемого натурального компонента составляет 7000 за тонну продукции. Соответственно и стоимость приготавливаемого бурового раствора с включением в состав кольматантов будет значительно ниже.

5. Социальная ответственность

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является исследование влияния кольматантов на основе кедрового ореха на фильтрационные и реологические параметры буровых растворов на водной основе и разработка оптимальной рецептуры такого раствора. В данном разделе производится анализ возможных опасных и вредных факторов при проведении исследования, при работе с оборудованием в условиях лаборатории.

Предметом исследования выступает измельченный до порошка кедровый орех. В качестве объектов исследования рассматриваются модельные системы растворов на водной основе, состоящей из следующих компонентов: вода, бентонит/ксантановая камедь, полианионная целлюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, регулятор щелочности NaOH, соли NaCl, CaCl₂, KCl.

Рабочим местом при выполнении исследования является Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы», 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.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные 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 сообщать своему непосредственному руководителю об обнаруженных неисправных 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. 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 [32].

Режим работы лаборанта устанавливается согласно трудовому кодексу Российской Федерации [32]: 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 [33]:

- 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) [34].

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 [32].

5.1.2 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 [50].

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 [51].

5.2 Профессиональная социальная безопасность

В таблице 5.1 представлены вредные и опасные факторы, возникающие при проведении исследований.

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы, возникающие при проведении исследований.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [41]	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.007-76 [33] ГН 2.2.5.1313-03 [42] ГОСТ 12.1.005-88 [43] ГОСТ 12.4.011-89 [44] СанПиН 2.2.4.548-96 [52] ПНД Ф 12.13.1-03 [53]
Раздражающие и токсичные факторы		+	+	
Отсутствие или недостаток естественного света	+	+		
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

5.2.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Отклонение показателей микроклимата

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 изолированных 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 Iб, к которой относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140-174 В), которые сопровождаются некоторыми физическими напряжениями и производятся сидя, стоя или связанные с ходьбой. В таблице 5.2 и 5.3 представлены оптимальные и допустимые значения показателей микроклимата соответственно [52].

Таблица 5.2 – 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 5.3 – 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	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не

						более	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

Раздражающие и токсичные факторы

В процессе приготовления разрабатываемой промывочной жидкости при засыпании химических реагентов в смесительные ёмкости вероятно поднятие в воздух мелкодисперсной пыли, содержащей как инертные, так и оказывающие вредное воздействие вещества.

Твердые частицы, содержащиеся в мелкодисперсной пыли, могут оказывать влияние на дыхательную систему и привести к легочным и сердечнососудистым заболеваниям, например, обострению 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.

Утверждены следующие значения предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, применяемых в ходе данного исследования, в воздухе рабочей зоны [42]:

- хлорид кальция: 2 мг/м³, 4 класс опасности;
- хлорид натрия: 5 мг/м³, 4 класс опасности;
- порошок бентонитовый: 10 мг/м³, 4 класс опасности;
- едкие щелочи (гидроксид натрия): 0,5 мг/м³, 2 класс опасности;

При выполнении данной работы концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны не превышало ПДК. Однако, 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. Также следует использовать специальные средства индивидуальной защиты: перчатки, халат, очки.

Отсутствие или недостаток естественного света

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 5.3 представлены требования к освещению в лаборатории [54].

Таблица 5.3 – 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 еп, %		КЕО еп, %		Освещенность			Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
		При верхнем или комб. освещении	При боковом освещении	При верхнем или комб. освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении		При общем 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										

Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

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.

Лаборатория буровых растворов 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 на четыре класса [55]:

- 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.

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

Для достижения оптимальных значений естественного и искусственного освещения необходимо проводить инженерные расчеты по определению

количества дополнительно устанавливаемых источников света. Также необходимо учитывать направление выхода световых проемов в стенах, географию региона. 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 [53]. 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, 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 [45]. Также по всей лаборатории обязательно к применению защитное заземление всех электроустановок. Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим 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, и сверять полученные значения с нормативными. Для эффективного поддержания рекомендуемого микроклимата в лабораторных помещениях, рекомендуется

использование приточно-вытяжной системы вентиляции, радиаторы отопления и увлажнители воздуха.

5.3 Экологическая безопасность.

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объектами данного научного исследования являются системы буровых растворов на водной основе, включающие в свой состав полимеры, бентонит, измельченную древесину лиственницы сибирской. Согласно ГОСТ 17.1.3.06–82 [56] 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, в особенности применяемая в данной работе древесина.

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 [57].

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.

5.3.2 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, количества порошкообразных компонентов, используемых в опыте 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.

5.3.3 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, однако

использование специальной установки по очистке в помещении лаборатории нереализуемо за счет их громоздкости, поэтому оптимальным вариантом является привлечение сторонних организаций.. Сами методы для очистки сточных вод по виду самого процесса очистки делятся на механические, физико-механические и биологические.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.

В процессе приготовления разрабатываемого бурового раствора возникновение ЧС маловероятно, т.к. ни один из компонентов не является самовоспламеняющимся либо легковоспламеняющимся. Все растворы, приготовленные в процессе выполнения данной работы, сделаны на водной основе и не могут привести ни к одному из возможных ЧС.

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

Пожары, взрывы

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 [46].

Согласно НПБ 105-03 [58] 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.

5.4.3 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 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.

Заключение

В данном разделе магистерской диссертации были рассмотрены основные вредные и опасные производственные факторы, возникающие при работе в научно-исследовательской лаборатории, приведены меры и рекомендации по минимизации влияния данных факторов при выполнении работ. Описаны вероятные и наиболее возможные чрезвычайные ситуации и меры по предотвращению и борьбе с ними.

Список использованных источников

- 1) Грей Дж. Р., Дарли Г. С. Г. Состав и свойства буровых агентов. М.: Недра, 1985. – 509 с.
- 2) Рязанов Я.А. Энциклопедия по буровым растворам. - Оренбург.: Летопись, 2005. - 664с.
- 3) Никитин В. М., Оболенская А. В., Щеголев В. П. Химия древесины и целлюлозы. М.: Лесная промышленность, 1978. – 367 с.
- 4) Кистер Э. Г., Химическая обработка буровых растворов, М., 1972.
- 5) Amanullah, M., M.K. AlArfaj, and Z.A. Al-abdullatif, (2011) “Preliminary test results of nano-based drilling fluids for oil and gas field application”, in SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers (SPE).
- 6) Banaei, M.H., (2015), “Graphene Effect on the Rheological Behaviour of Drilling Fluid”, Sharif University of Technology, Msc Thesis.
- 7) Beart, R., (1845), “Apparatus for Boring in the Earth and in Stone”, England, Patent No. 10,258.
- 8) Brantly, J.E., (1961), “History of Petroleum Engineering”, Cater, D.V., ed. Boyed Printing Co. Dallas, 1961. Pp: 277, 278.
- 9) Brantly, J.E., (1971), “History of Oil Well Drilling”, Gulf Publishing Co., Houston, Pp: .3, 38, 39.
- 10) Bourgoyne, A.T., et al., Applied drilling engineering. 1986.
- 11) Caenn, R., H.C. Darley, and G.R. Gray, (2011), “Composition and properties of drilling and completion fluids”, Gulf professional publishing.
- 12) Caraway, W.H., (1953), “Domestic Subtitutes for Quebracho in Oilwell Drilling Fluids”, Petrol Engineering.
- 13) Fauvelle, M., (1846), “A new Method of Boring for Artesian Springs”, J. Franklin Inst., Vol. 12, 3 series. Pp: 369-371.
- 14) Ferguson, C. and J. Klotz, (1954), “*Filtration from mud during drilling*”, Journal of Petroleum Technology, vol. 6. Pp. 30-43.

- 15) Hayes, C.W., and Kennedy, W., (1903), "Oil fields of the Texas-Louisiana Gulf Coast Plain", U.S. Geol. Survey Bulletin, 212. Pp: 167.
- 16) Knapp, I.N., (1916), "The use of Mud-Laden Water in Drilling Wells". Trans. AIME, vol. 51. Pp. 571-586.
- 17) Krueger, R.F., (1998), "An overview of formation damage and well productivity in oilfield operations: An update", in SPE California Regional Meeting", Society of Petroleum Engineers.
- 18) Lawton, H.C., Ambrose, H.A., Loomis, A.G., (1932), "Chemical Treatment of Rotary Drilling Fluids", Physics Journal.
- 19) Miller, G., (1942), "New Oil Base Drilling Fluid Facilitates Well Completion", Petrol Eng. Pp: 104-106.
- 20) Parsons, C.P., (1932), "Sealing Effect of Rotary Mud on Productive Sands in the Mid-Continent District", API. Prod. Bull. 209.
- 21) Peng, S.J., (1990), "*Filtration properties of water based drilling fluids*", Heriot-Watt University, PhD thesis.
- 22) Pennington, J.W., (1949), "The History of Drilling Technology and Its Prospects", Proc. API, Sect. IV, Prod. Bull. 235. Pp: 481
- 23) Porter, K.E., (2014), "An Overview of Formation Damage (includes associated paper 20014)", Journal of Petroleum technology, vol. 41. Pp. 780-786.
- 24) Schilithus, R.J., (1938), "Connate Water in Oil and Gas Sands", Trans. AIME, vol. 127. Pp: 199-212.
- 25) Stroud, B.K., (1925), "Use of Barytes as Mud Laden Fluid", Oil Weekly, Pp: 29-30. Zoveidavianpoor, M. and Samsuri, A., (2016), "The use of nano-sized Tapioca starch as a natural water-soluble polymer for filtration control in water-based drilling muds", Journal of Natural Gas Science and Engineering, Vol. 34. Pp. 832-840.
- 26) Soumia Hader, Mohamed-Zine Messaoud-Bouregghda, Hamid Aknouche, Ali akkouche, Larbi Hammadi, Brahim Safi, An ecological water-based drilling mud (WBM) with low cost: substitution of polymers by wood wastes. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 2018.

27) M. Enamul Hossain, Mohammed Wajheuddin, The use of grass as an environmentally friendly additive in water-based drilling fluids. Journal of Petroleum Science, 292-303, 2016.

28) Davoodi, S., SA, A.R., Jamshidi, S. and Jahromi, A.F., A novel field applicable mud formula with enhanced fluid loss properties in High Pressure-High Temperature well condition containing pistachio shell powder. Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 162.378-385., 2018.

29) Md Amanullah, Jothibasu Ramasamy, Mohammed K. Al-Arfaj, Saudi Aramco, Application of an indigenous eco-friendly raw material as fluid loss additive. Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 139, 191-197, 2016.

30) Anietie N. Okon, Francis D. Udoh, Perpetua G. Basse, Evaluation of Rice Husk as Fluid Loss Control Additive In Water-Based Drilling Mud. Society of Petroleum Engineers, 2014.

31) "ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Руководство по социальной ответственности" (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 29.11.2012 N 1611-ст).

32) "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019).

33) 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".

34) Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 426-ФЗ.

35) Федеральный закон "О пожарной безопасности" от 21.12.1994 N 69-ФЗ.

36) Федеральный закон "О пожарной безопасности" от 21.12.1994 N 69-ФЗ.

37) Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных

производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ.

38) Федеральный закон "О радиационной безопасности населения" от 09.01.1996 N 3-ФЗ.

39) Федеральный закон "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30.03.1999 N 52-ФЗ.

40) Федеральный закон "Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей" от 22.08.1995 N 151-ФЗ.

41) ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

42) ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.

43) ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

44) ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

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

46) ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1)

47) ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание (с Изменением N 1).

48) Закон РФ "О недрах" от 21.02.1992 N 2395-1.

49) Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ.

50) ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

51) Инструкция № 13-107 по охране труда для работающих с

химическими веществами. Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы».

52) СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

53) ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях.

54) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

55) ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

56) ГОСТ 17.1.3.06-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

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

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

Приложение А

(Обязательное)

Development of the drilling fluid systems with colmatants based on pine

nut

Literature review

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ82	Ардышев Александр Михайлович		

Руководитель ВКР

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

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Гутарева Надежда Юрьевна	К.П.Н.		

Literature review

The essence of proper design of drilling fluid function in upstream drilling can be alike to blood in human vessels. Success in the drilling operation of a well is significantly related to drilling mud efficiency and performance which pump down through the drill string, and up to the surface through the annulus between the drill string and the formation or drilling casing. The global market for drilling mud is ascending growing, and it is increased yearly by 10.3% and it is presumed to have touched 12.31% billion by 2019. Although only 10 percent of the total cost of drilling operations is the cost of drilling mud, can play a remarkable function in the overall expenditure as unappropriated drilling fluid system can result in some serious problem in drilling process (Zoveidavianpoor et al., 2016; Davoodi et al., 2018).

Drilling fluid

Drilling fluids are formed of a various mixture of liquid, gases and solids. Drilling fluids are divided according to the construction of continues phase of fluid which consists of three principle categories which are explained below [1].

- Water-based drilling fluids
- Oil-based drilling fluids
- Gas based drilling fluids

Water-based drilling fluids

The continuous phase of fluid is water. These fluids are the most common drilling mud which is used to drill many different formations in the world. These fluids are classified to the fresh water fluid and salt water fluid. Solids, gases, and liquids can be as the non-continuous phase of water-based fluids. Some advantages of water-based drilling fluid are the low cost of maintaining, easy to build and can be formulated to conquest to many problems of drilling [1].

Oil-based drilling fluid

The continuous phase of oil-based drilling fluid is oil. The common liquid which will be as a non-continuous phase of this fluid is water. These fluids are used to drill

sensitive shale and improve the stability of the well also they are applicable to drill the hole with a high inclination angle since they have a significant lubricity and able to prevent clay hydration. The major concern of an oil-based mud is their cost in compared with a water based drilling fluid, however, the cost per barrel of an oil-based drilling mud is higher than water-based mud but they can use in the multi-well program because of their ability to recondition and reusing [1].

Gas-based drilling fluid

When the continuous phase of the drilling fluids is gas, they can be named gas-based drilling fluid which the gas phase may be air or natural gas. The continuous phase or the gas phase of these fluids can be associated with different levels of the water to form a mist in the low level of the water or foam at the high level of the water with a foaming agent. These foam or mist transports the drilling cutting from the bottom hole to the surface. Generally, gas-based fluids often are applicable for the well which has low pressure or depleted zone and for high loss circulation zone. They are recommended for the well with smaller than 10000 feet true vertical depth because of the volume limitation of the surface equipment [1].

Functions of drilling fluids

A drilling fluid is designed to perform some functions during drilling of a well which generally, the functions of drilling fluids are divided into two groups which are the major or principle functions and the minor functions. Three most usual functions of drilling fluids are presented below which the drilling fluids are formulated to carry out these functions [1] [2].

- Controlling formation subsurface pressure
- Removing and transporting the drilled cuttings
- Stabilizing the wellbore

While drilling as the depth of a well is increased the subsurface pressure will increase, while the drilling fluid is in the hole the hydrostatic pressure of the fluid head performs a desirable pressure against formation pressure which its oppositional action

of drilling fluid against the formation fluid pressure can prevent that fluid formation flow into the well. In addition, the drilling fluid hydrostatic pressure performs a confining force on the wellbore which can stabilize the wellbore. The other major function of drilling fluid which is needed for drilling each well is to be able to transport formation cutting to the surface while the jetting action of drilling fluid flow through the bit nozzle can remove and transmit these cutting to the surface. Several parameters of the drilling fluid rheology and a physical condition of the well can influence cutting transport which is drilling fluid viscosity, drilling fluid density, the velocity of drilling fluid in the annulus, the hole angle of the well and the rotation of a drill string pipe in the hole. Generally, the drilling fluid must be able to suspend the drilling cutting and weight material during different operations of drilling a well and transport the cutting to the surface. Failure to design and formulate a proper drilling fluid can lead to several problems such as kicks and blowout, fill on the bottom after a trip, hole pack-off, lost returns, differentially stuck pipe, and inability to reach the bottom with the logging tools. The basic land rig drilling fluid circulating system scheme is shown in Figure [1] [2].

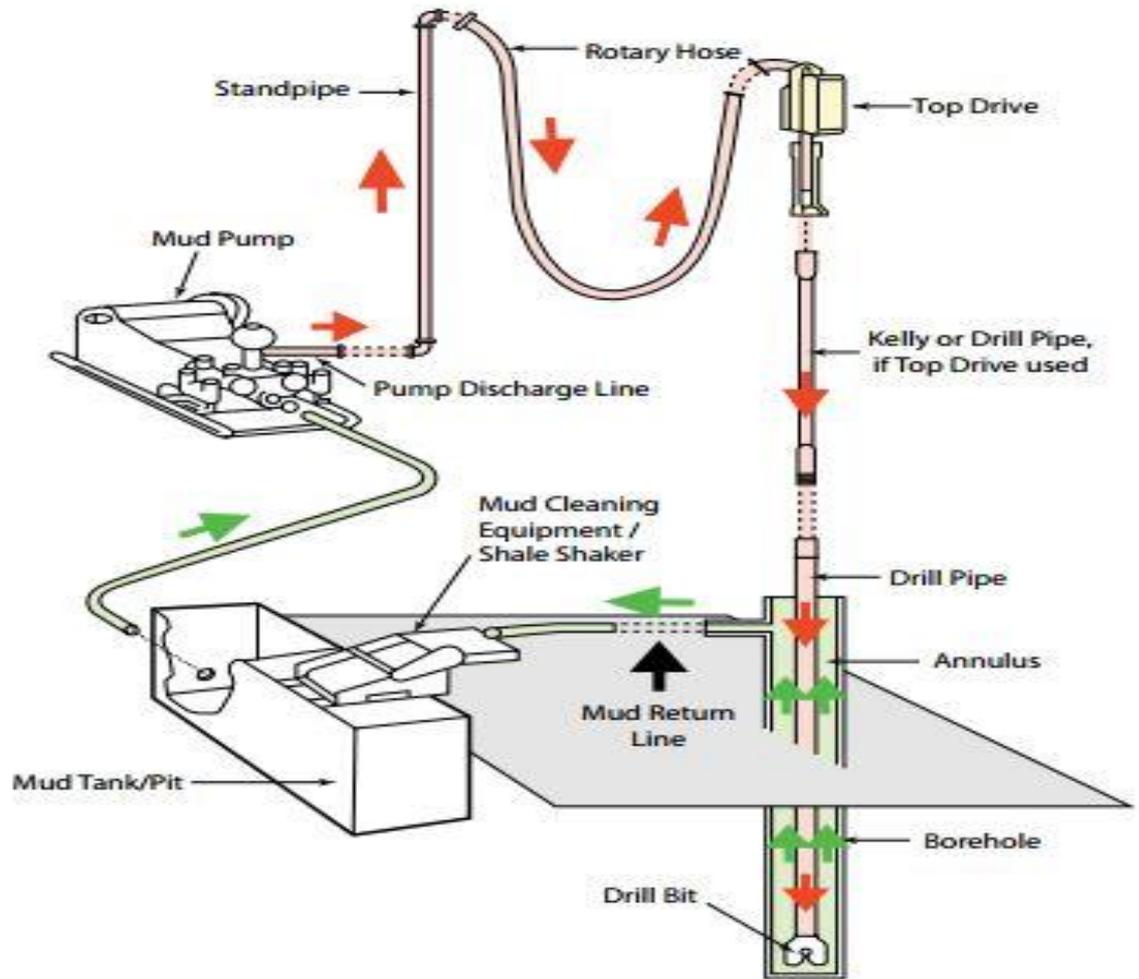


Figure 1 – The basic land rig drilling fluid circulating system [2].

The functions expressed are the principle functions of drilling fluid that each drilling fluid must perform them during drilling operation. There are some other minor functions which may not be essential although the order of importance is specified by the well conditions and mud engineers. The minor functions are listed below [2]:

- Support Weight of Tubular
- Cool and Lubricate the Bit and Drill String
- Transmit Hydraulic Horsepower to Bit
- Provide Medium for Wireline Logging
- Assist in the Gathering of Subsurface Geological Data and Formation Evaluation
- Cool and Lubricate the Bit

Nano-Based Fluid

Nano-based drilling fluids or Nano fluids are defined as fluids with at least one component of the particle size in the range of 1-100 nanometers. A physical definition of the nanoparticle-sized is one billionth of a meter. One nanometer is carelessly the same as the width of 10 hydrogen atoms. The nano-sized materials contain strongly higher surface area to volume ratio in comparison with the macro and micro-sized materials. The surface area to volume ratio of the particles with diameter of 1mm, 1 μ m and 1nm are shown in Figure [3].

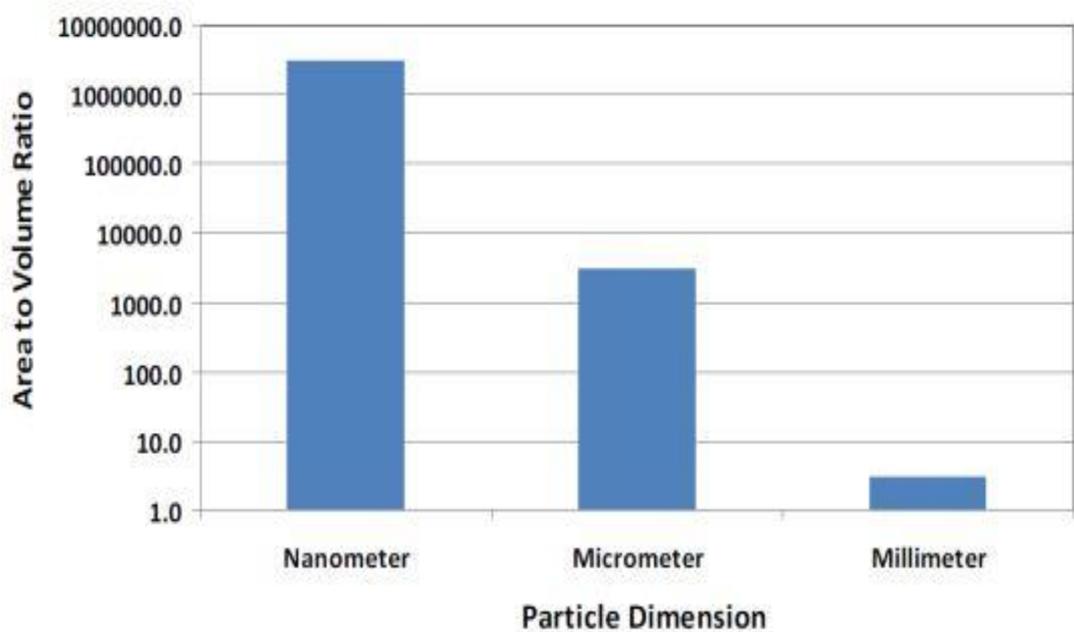


Figure 2 – The Surface area to volume ratio of the particles with diameter of 1mm, 1 μ m and 1nm [3]

From Figure , it can be discovered how much the surface area is increased over the same volume with macro, micro and nanoparticles sized and may display why the nanoparticles are so particular. With respect to the great surface area of the nanoparticle and the overcoming duty of the surface, Van der Waals and atomic forces over the physical forces, the nanoparticles will change fluid attributes with a little percent of the nanomaterial (< 1%) in the liquid with the constant conditions. Often nanoparticles give desired properties to the fluid, similar improved rheology properties, enhanced

thermal conductivity and decreased invasion with thin mud cake thickness, due to quite extremely enhanced the physio-mechanical, chemical, electrical, thermal, hydrodynamic properties compared to their master source [3].

Borehole fluid loss of Completion and drilling Fluids

There are usually three types of fluid loss (filtration) involved in completion and drilling operations [4]:

- Beneath-The-Bit Filtration
- Dynamic Filtration
- Static Filtration

Beneath-The-Bit Filtration

Prior to being actually penetrated by the bit, the formation will be invaded by being filtrated from the mud which is being discharged through the bit nozzles. The hydraulic forces supplying the transmitting force for filtration in such cases would be very large. In addition, when the formation is being drilled, the leaning to make a mud cake would be counteracted by its removal and the consequent filtration could be substantial [4].

Dynamic Filtration

After the bit has drilled out the formation, mud circulation between the drill string and borehole wall continues. More than 80 percent of the fluid loss in a well is because the flow of drilling fluid across the borehole wall cause an erosion of the depositional force for the cake build-up. By continuing drilling operation and increasing circulation time, the erosional and depositional forces will be balanced and a constant cake thickness and a balance filtration rate are reached. Dynamic filtration loss depends on the physical situations in the circulating fluid in the borehole and the properties of its components [4] [5].

Static fluid loss

Static fluid loss happens when the mud is not being circulated in the well, and the mud cake becomes larger undisturbed. In most cases, static fluid loss takes place through the mud cakes which deposited during dynamic fluid loss [4].

Invasion of Filtrate into Formation

The filtrate invasion happens once the filtration begins. It is well known that there is a mud spurt loss at the beginning of the fluid loss process which is happened before the mud cake is starting to deposit. In the drilling operation of a well, a mud spurt loss may be much wider when the fluid loss happens against the more permeable formation. Actually, they can be unlimited (i.e. circulation is lost) unless the drilling mud includes the particles of the size required to bridge and block the formation pores, and thus establish a base on which the filter cake can be formed. However, the fluid spurt loss can also be larger for the formation with low permeability if the internal mud cake is formed inside the core. Only particles of a certain size proportionated with the size of a rock pores can bridge the rock formation's pore. The particles which are larger than the pore size cannot enter into the pore, and are cleared away by the drilling fluid flow, the particles which are substantially smaller than the pore openings invade the formation, but the particles which have a certain size stick at a bottle-necks in the flow channels, and create a bridge only within the surface pores. Once a primary bridge is established, successively smaller particles, down to the fine colloids, are trapped, and then the only filtrate invades the formation. The mud spurt period is very short, a matter of a second or two at the most [4] [6].

Generally, three zones of drilling fluid particles are formed on or in a permeable formation which is presented in

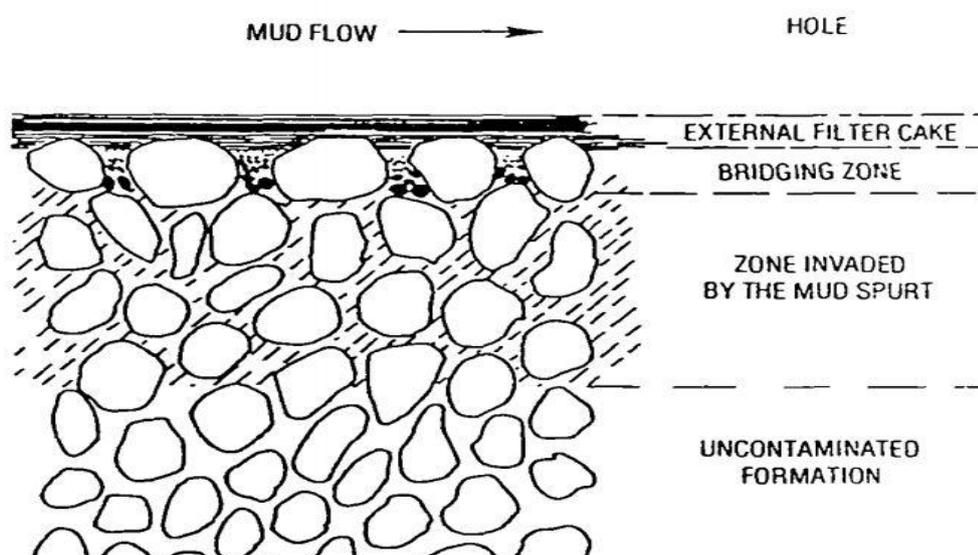


Рисунок 1.2 – Зоны проникновения бурового раствора в горные породы [4]

Figure 3 [4].

- An external filter cake on the borehole walls
- An internal filter cake, extending a couple of the grain diameters into the formation
- An invaded zone by the particles during the mud spurt loss period, which normally extends about one inch into the formation

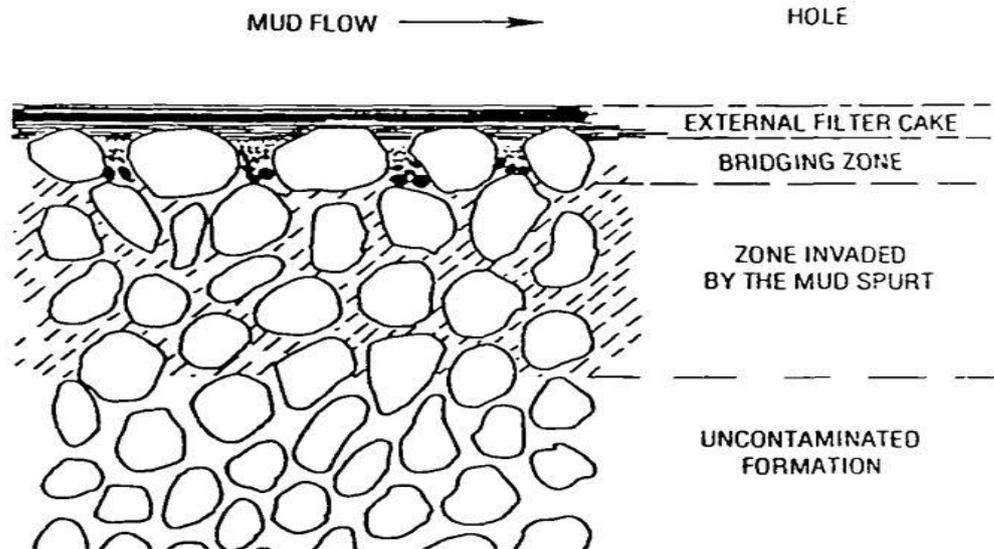


Figure 3 – Invasion of a permeable formation by mud solids [4]

The Problems Caused by fluid loss of Drilling Fluids

Generally, drilling fluid filtrate invasion into the formation can create the following problems [4]:

- Differential sticking
- Hole instability
- Formation damage

Hole Instability

The fluid loss properties required for the successful completion of a well depend largely on the nature of the formations to be drilled. The stable formations which have low permeability such as sandstones, compact carbonates, and shales can generally be drilled without any fluid loss controlling. However, several shales are water sensitive, and this shale sensitivity can create swelling pressures which cause caving and borehole enlargement. Generally, mud filter cake will help control the caving by sealing of initial fractures, but there are some more important factors which are the type of drilling mud used and the chemical composition of its filtrate [4] [18].

Differential Sticking

Thick mud cakes may cause the drill pipe to become stuck by a mechanism known as differential sticking. This phenomenon happens when part of the drill pipe or drill collar bears against the side of the hole while drilling, and erodes away part of the filter cake. When rotation of the pipe is stopped, the part of the pipe in contact with the cake is isolated from the pressure of the mud column, and is subjected only to the pore pressure of the filter cake. The differential pressure thus created may be great enough to prevent the pipe from being moved. The risk of the stuck pipe may be reduced by using a mud that lays down a thin, tough filter cake [4] [6].

Formation Damage

The formation damage is generally a decrease in reservoir permeability near the wellbore with perhaps a slight porosity reduction. Almost every drilling operation is a potential source of damage to well productivity. Diagnosis of the formation damage problems has led to the conclusion that formation damage is usually associated with either the movement or bridging of fine solids or chemical reactions and thermodynamic considerations [7]. The fine solid particles may be established from the drilling fluids or generated in situ by the interaction of invading fluids with the formation rock minerals or formation fluids [4] [8].

Early Development of Drilling Fluid Additives

Water was the first drilling fluid used by the drillers for rotary drilling operations. The Egyptians, far back in the third millennium used water to remove cuttings from the holes drilled using hand-driven rotary bits. Around 600 B.C, wells were drilled in China for brine, gas, and water where water was poured into these wells to soften the rock and to help removing the cuttings. Through a patent in 1844, Robert Beart proposed that cuttings from holes being drilled may be removed by water. To bring drill cuttings from the borehole to the surface, Fauvelle pumped water through a hollow boring rod. In 1887, it was proposed in a U.S. patent that a mixture of water and a quantity of the plastic material can be used to remove cuttings and also to form an impervious layer along the wall of the borehole [4] [17].

The addition of mud to water as a means of the hole stabilization in the weak formations commenced in Texas and Louisiana around 1901. The first mud used was called sufficient clay i.e. gumbo. However, in California, other types of the clays from the surface deposit were mixed with water using the hand shovels by the mud crew with little attention paid to the mud properties. Increased drilling activities with time enhance tremendously the demand for the mud and also the need to increase mud density for pressure control triggered the commercial sale of a heavy mud made by adding heavy minerals to surface clays. The sale of paint-grade barite for oil well used under the brand name Baroid[®] by the National Pigments and Chemical Company started in California in 1922. The George F. Mephram Corporations of St. Louis, Missouri sold iron minerals as mud weighting agent while the California Talc Company, a producer and marketer of clays sold Aquagel[®] brand of bentonite as an admixture for cement in 1928.

However, the problem of the heavy minerals setting in some muds became prevalent at that time and thus made a case of the necessity for a suspending agent (thinner). This inclusion allows preventing the heavy minerals from settling down which became inevitable. As a result, the first thinning agent for mud, Stabilite[®], was introduced by T.B. Wayne in 1938. This product, a mixture of the chestnut bark extract and Sodium Aluminate thinned mud without decreasing the density, released entrapped gas, and allowed further increase in mud weight. It is extracted in the form of tannin by hot water from the wood of the certain dense hardwood trees which grows in northern Argentina and western Paraguay. In 1947, leonardite, mined lignin, brown coal, and slack were introduced as partial substitute for quebracho extract and later on, limitations were placed on it due to the World War II [17] [19].

Oil-based drilling fluids were developed to solve some of the unwanted characteristics of water-base muds. Oil-based drilling fluids originated with the use of crude oil in well completions, but the date of first usage is unknown. Historians believed that a patent application filed by J.C. Swan in 1919 and granted in 1923 marked the beginning of the oil usage to drill the productive zone in the shallow, low-

pressure wells in many early fields. In 1935, Humble Oil & Refining Company (now ExxonMobil) used an oil mud made from a gas oil and spent clay to drill through heaving shale interval in Creek Field, Texas. During the next two years, studies were carried out on cores taken with oil mud in Texas Fields on the connate water content of reservoir sands so as to be able to improve on the formulation of oil-base muds. Commercial oil muds became available in 1942, when George L. Miller established the Oil Base Drilling Fluids Company, Los Angeles, California. This Company (now Oil Base, Inc.) supplied blown asphalt in the form of Black Magic[®], a powder which was mixed with suitable oil at the well site. The using of oil muds for drilling had its drawbacks: water was a severe contaminant; high risk of fires, low rate of penetration (ROP); very costly; and most importantly, it is not environmentally friendly. Currently, the research efforts are directed mainly towards the development of the environment friendly drilling fluids that will be a substitute to the oil-based drilling fluids. The current scenario is however different where industry uses the conventional drilling fluid in a massive way. The OBM is the best and the most widely used but very expensive and environmentally unfriendly. Yet the performance of the OBM overshadows these limitations [19].

Drilling Fluid Additives

Many substances, both reactive and inert, are added to the drilling fluids to perform the specialized functions. Table 1-1 depicts the most commonly used industrial additives for formulating a drilling fluid and the functions of these additives are explained below:

Alkalinity and pH Control

These additives are designed to control the degree of acidity or alkalinity of the drilling fluids. Most common of them are lime, caustic soda and bicarbonate of soda.

Calcium Reducers

These are used to prevent, reduce and overcome the contamination effects of calcium sulfates (anhydrite and gypsum). The most common are caustic soda, soda ash, bicarbonate of soda and certain polyphosphates.

Bactericides

Bactericides are used in order to reduce the bacteria count. Paraformaldehyde, caustic soda, lime and starch preservatives are the most common bactericides used in the industry.

Defoamers

These are used to reduce the foaming action in salt and saturated saltwater mud systems, by reducing the surface tension.

Corrosion Inhibitors

Corrosion Inhibitors are used to control the effects of oxygen and hydrogen sulfide corrosion. Hydrated lime and amine salts are often added to check this type of corrosion. However, oil-based muds have excellent corrosion inhibition properties.

Filtrate Reducers

These are used to reduce the amount of water loss to the formations. The commonly used filtration loss additives are bentonite clays, CMC (carboxy methyl cellulose) and pre-gelatinized starch.

Emulsifiers

Emulsifiers are added to a mud system to create a homogeneous mixture of two liquids (oil and water). The most commonly used emulsifiers are modified lignosulfonates, fatty acids and amine derivatives.

Lost Circulation Materials

These inert solids are used to plug large openings in the formations to prevent the loss of drilling fluid. Nut plugs (nut shells), and mica flakes are commonly used.

Flocculants

These are used to cause the colloidal particles in suspension to form into the bunches, causing solids to settle out. The most common are salt, hydrated lime, gypsum and sodium tetrates.

Lubricants

These are used to reduce torque at the bit by reducing the coefficient of friction. Certain oils and soaps are commonly used.

Shale-Control Inhibitors

These are used to control the hydration, caving and disintegration of the clay/shale formations. The commonly used shale inhibitors are gypsum, sodium silicate and calcium lignosulfonates.

Pipe-Freeing Agents

Pipe freeing agents are used as spotting fluids in areas of stuck pipe to reduce friction, increase lubricity and inhibit formation hydration. Oils, detergents, surfactants and soaps are commonly used in the industry as pipe freeing agents.

Weighting Agents

Weighting agents are an important class of additives used to provide a required density to the drilling fluid. Materials such as barite, hematite, calcium carbonate and galena are common names known for this type of additive in the industry.

Surfactants

These are used to reduce the interfacial tension between contacting surfaces (oil/water, water/solids, water/air, etc.).

Viscosifiers

Viscosifiers are added to impart viscosity to the drilling fluid. Commonly used viscosifiers are bentonite, attapulgite, carboxymethyl cellulose etc.

Table 1 – Conventional drilling fluid additives and their functions in drilling fluid

Function	Additives
Filtration Control Materials	Starch, Modified starch, Guar gum, Xanthan gum, Sodium Carboxy Methlycellulose (CMC), Hydroxy Ethylcellulose (HEC), Acrylic polymer, Alkylene Oxide polymer, Poly glycerols, Poly glycols.
Weighing Agents	Galena, Hematite, Magnetite, Iron Oxide, Ilmenite, Barite, Siderite, Celestite, Dolomite, Calcite, Zirconium Oxide, Zinc Oxide, Calcium Carbonate, Manganese Tetraoxide.
Thinners (Conditioning Material)	Tannins, Quebracho, Polyphosphates, Organic phosphates, Phosphonates, Lignite, Lignosulfonates, Modified tannins.

Thickening Materials (Viscosifiers)	Bentonite, Attapulgate, Sepiolite, Organophilic Clays, Palygorskite, Asbestos, Tamarind gum, Saccharides (sugar), Scleroglucan, Carboxy Methyl Cellulose, Poly Ethylene Glycol, Cellulose Nanofibers, Chitosan, Hydrophobically Modified Hydroxy alkyl Guars (HMHAG).
Corrosion Inhibitors	Alkanol amine solution, Mercaptoalcohols, Polysulfide, Water soluble thiones, Sulfonated alkyl phenol, Polythiether, Thiazolidines.
Lost Circulation Materials	Cellophane, Cotton seed Hulls, Vermiculite, Mica, Surfactants, Diatomaceous earth, Olive pits, Gilsonite, Bagasse, Perlite, Polyanionic Cellulose, Petroleum Coke, Oat Hulls, Encapsulated Lime, Aqueous Alkali Alumino Silicate, Resins, Pulp residue waste.
Lubricants	Carbon black, Fatty acid Esters, Olefins, Phospholipids, Fluoropolymers, Propylene glycol, Gypsum, Modified Ethoxylated Castor Oil derived from Phospho Lipids, Liquid Gilsonite, Terpene, Soybean Oil blend, Triglycerides, Hydrocarbon Emulsions.
Shale Inhibitors	Poly oxy alkylene amine (POAM), Potassium Chloride, Sodium Chloride, PHPA, Cationic Starches, Polyacrylamide, Polyamine.
Surfactants	Alkylpolyglycosides, Amphoteric Surfactants, Acetal ether, Alkanolamine, Alkyl phenol ethoxylates
Bactericides	Hydroxamic acid, Isothiazolinones, Dithiocarbamic acid, Bis sulfate, Dimethyl-tetrahydro-thiadiazine-thione

References:

- 1) Amanullah, M., M.K. AlArfaj, and Z.A. Al-abdullatif, (2011) “Preliminary test results of nano-based drilling fluids for oil and gas field application”, in SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers (SPE).
- 2) Banaei M.H., (2015), “Graphene Effect on the Rheological Behaviour of Drilling Fluid”, Sharif University of Technology, Msc Thesis.
- 3) Beart R., (1845), “Apparatus for Boring in the Earth and in Stone”, England, Patent No. 10,258.
- 4) Brantly J.E., (1961), “History of Petroleum Engineering”, Cater, D.V., ed. Boyed Printing Co. Dallas, 1961. Pp: 277, 278.
- 5) Brantly J.E., (1971), “History of Oil Well Drilling”, Gulf Publishing Co., Houston, Pp: .3, 38, 39.
- 6) Bourgoyne A.T., et al., Applied drilling engineering. 1986.
- 7) Caenn R., H.C. Darley, and G.R. Gray, (2011), “Composition and properties of drilling and completion fluids”, Gulf professional publishing.
- 8) Caraway, W.H., (1953), “Domestic Subtitutes for Quebracho in Oilwell Drilling Fluids”, Petrol Engineering.
- 9) Davoodi S., SA, A.R., Jamshidi, S. and Jahromi, A.F., 2018. A novel field applicable mud formula with enhanced fluid loss properties in High Pressure-High Temperature well condition containing pistachio shell powder. Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 162.378-385.

- 10) Fauvelle M., (1846), “A new Method of Boring for Artesian Springs”, J. Franklin Inst., Vol. 12, 3 series. Pp: 369-371.
- 11) Ferguson C. and J. Klotz, (1954), “Filtration from mud during drilling”, Journal of Petroleum Technology, vol. 6. Pp. 30-43.
- 12) Knapp I.N., (1916), “The use of Mud-Laden Water in Drilling Wells”. Trans. AIME, vol. 51. Pp. 571-586.
- 13) Lawton H.C., Ambrose, H.A., Loomis, A.G., (1932), “Chemical Treatment of Rotary Drilling Fluids”, Physics Journal.
- 14) Miller G., (1942), “New Oil Base Drilling Fluid Facilitates Well Completion”, Petrol Eng. Pp: 104-106.
- 15) Parsons C.P., (1932), “Sealing Effect of Rotary Mud on Productive Sands in the Mid-Continent District”, API. Prod. Bull. 209.
- 16) Peng S.J., (1990), “Filtration properties of water based drilling fluids”, Heriot-Watt University, PhD thesis.
- 17) Pennington J.W., (1949), “The History of Drilling Technology and Its Prospects”, Proc. API, Sect. IV, Prod. Bull. 235. Pp: 481
- 18) Porter K.E., (2014), “An Overview of Formation Damage (includes associated paper 20014)”, Journal of Petroleum technology, vol. 41. Pp. 780-786.
- 19) Stroud, B.K., (1925), “Use of Barytes as Mud Laden Fluid”, Oil Weekly, Pp: 29-30. Zoveidavianpoor, M. and Samsuri, A., (2016), “The use of nano-sized Tapioca starch as a natural water-soluble polymer for filtration control in water-based drilling muds”, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Vol. 34. Pp. 832-840.