TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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) – Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование влияния реагентов на основе полиакриламида в составе бурового раствора на его технологические свойства

УДК 622.24.06:678.745.842

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ02	Маслов Сергей Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Глотова В.Н.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения нефтегазового дела	Шарф И.В.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических дисциплин	Сечин А.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2022 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Системное и критическое мышление	УК(У)-1. Способность осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	И.УК(У)-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
		И. УК(У)-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению
		И.УК(У)-1.3. Разрабатывает стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и других современных междисциплинарных подходов; обосновывает выбор темы исследований на основе анализа явлений и процессов в конкретной области научного знания
		И.УК(У)-1.4. Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций в своей предметной области
Разработка и реализация проектов	УК(У)-2. Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	И.УК(У)-2.1. Определяет проблему и способ ее решения через реализацию проектного управления
		И.УК(У)-2.2. Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
		И.УК(У)-2.3. Осуществляет мониторинг за ходом реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта
Командная работа и лидерство	УК(У)-3. Способность организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	И. УК(У)-3.1. Планирует и корректирует свою социальную и профессиональную деятельность с учетом интересов, особенностей поведения и мнений людей, с которыми работает и взаимодействует
		И.УК(У)-3.2. Организует дискуссии по заданной теме и обсуждение результатов работы команды
		И.УК(У)-3.3. Планирует командную работу, распределяет поручения и делегирует полномочия членам команды
Коммуникация	УК(У)-4. Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	И.УК(У)-4.1. Решает конкретные задачи профессиональной деятельности на основе академического и профессионального взаимодействия с учетом анализа мнений, предложений, идей отечественных и зарубежных коллег
		И.УК(У)-4.2. Составляет, переводит и редактирует различные академические тексты (рефераты, эссе, обзоры, статьи и т.д.)
		И.УК(У)-4.3. Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
		И.УК(У)-4.4. Планирует и организовывает совещания, деловые беседы, дискуссии по заданной теме; аргументированно и конструктивно отстаивает свою точку зрения, позицию, идею в академических и профессиональных дискуссиях на государственном и иностранном языках
Межкультурное взаимодействие	УК(У)-5. Способность анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	И.УК(У)-5.1. Осуществляет профессиональную и социальную деятельность с учетом особенностей поведения и мотивации людей различного социального и культурного происхождения, в том числе особенностей деловой и общей культуры представителей других этносов и конфессий

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровье сбережение)	УК(У)-6. Способность определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	И.УК(У)-6.1. Анализирует использование рабочего времени в широком спектре деятельности: планирование, распределение, постановка целей, делегирование полномочий, анализ временных затрат, мониторинг, организация, составление списков и расстановка приоритетов
		И.УК(У)-6.2. Сочетает выполнение текущих производственных задач с повышением квалификации; корректирует планы в соответствии с имеющимися ресурсами
		И. УК(У)-6.3. Планирует профессиональную траекторию с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Применение фундаментальных знаний	ОПК(У)-1. Способность решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области	И.ОПК(У)-1.1. Демонстрирует навыки физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий И.ОПК(У)-1.2. Использует фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач нефтегазового производства И.ОПК(У)-1.3. Анализирует причины снижения качества технологических процессов и предлагает эффективные способы повышения качества производства работ при выполнении различных технологических операций
Техническое проектирование	ОПК(У)-2. Способен осуществлять проектирование объектов нефтегазового производства	И.ОПК(У)-2.1. Использует знание алгоритма организации выполнения работ в процессе проектирования объектов нефтегазовой отрасли И.ОПК(У)-2.2. Формулирует цели выполнения работ и предлагает пути их достижения И.ОПК(У)-2.3. Выбирает соответствующие программные продукты или их части для решения конкретных профессиональных задач
	ОПК(У)-3. Способность разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	И.ОПК(У)-3.1. Анализирует информацию и составляет обзоры, отчеты И.ОПК(У)-3.2. Владеет навыками аналитического обзора при подготовке рефератов, публикаций и не менее 50 источников при подготовке магистерской диссертации
Работа с информацией	ОПК(У)-4. Способность находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	И.ОПК(У)-4.1. Определяет основные направления развития инновационных технологий в нефтегазовой отрасли И.ОПК(У)-4.2. Обрабатывает результаты научно-исследовательской, практической технической деятельности, используя имеющееся оборудование, приборы и материалы
Исследование	ОПК(У)-5. Способность оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в нефтегазовой отрасли и смежных областях	И.ОПК(У)-5.1. Определяет на профессиональном уровне особенности работы различных типов оборудования и выявление недостатков в его работе И.ОПК(У)-5.3. Интерпретирует результаты лабораторных и технологических исследований применительно к конкретным условиям

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Интеграция науки и образования	ОПК(У)-6. Способность участвовать в реализации основных и дополнительных профессиональных образовательных программ, используя специальные научные и профессиональные знания	И.ОПК(У)-6.1. Демонстрирует знания основ педагогики и психологии И.ОПК(У)-6.2. Демонстрирует умение общаться с аудиторией, заинтересовать слушателей

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Область и сфера профессиональной деятельности	Задача профессиональной деятельности	Основание - профессиональный стандарт, анализ опыта, форсайт	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
19 Добыча, переработка, транспортировка нефти и газа	1. Технологический контроль и управление процессами строительства скважин.	**19.005** Профессиональный стандарт "Буровой супервайзер в нефтегазовой отрасли" (Утвержден приказом Минтруда России от 27.11.2014 № 942н) **ОТФ В** «Технологический контроль и управление процессом бурения скважин на месторождениях»	**ПК(У) -1.** Способность осуществлять контроль, техническое сопровождение и управление технологическими процессами строительства скважин **ТФ В** «Обеспечение выполнения подрядными организациями проектных решений при бурении скважин на месторождениях»	**И.ПК(У) -1.1.** Осуществляет контроль и управление безопасного ведения технологических операций в соответствии с нормативными документами и отраслевыми регламентами.
				И.ПК(У) -1.2. Осуществляет контроль выполнения подрядными организациями проектных решений при строительстве скважины.
				И.ПК(У) -1.3. Определяет возможные риски при проведении технологических операций и применяет эффективные способы их предупреждения.
	2. Контроль, управление и выполнение работ по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации бурового оборудования.	**19.005** Профессиональный стандарт "Буровой супервайзер в нефтегазовой отрасли" Утвержден приказом Минтруда России от 27.11.2014 № 942н) **ОТФ А** «Технологический контроль и управление процессом бурения скважин»	**ПК(У) -2.** Способность обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию бурового оборудования **ТФ А** «Технический контроль состояния, работоспособности бурового оборудования и условий хранения материалов на буровой площадке.	**И.ПК(У) -2.1.** Оценивает преимущества и недостатки применяемого бурового оборудования, определяет благоприятную область применения
				И.ПК(У) -2.2. Соблюдает требования инструктивно-нормативной документации по эксплуатации и обслуживанию бурового оборудования.

Область и сфера профессиональной деятельности	Задача профессиональной деятельности	Основание - профессиональный стандарт, анализ опыта, форсайт	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
19 Добыча, переработка, транспортировка нефти и газа	1.Инициирование создания, разработка и проведение экспериментальной проверки инновационных технологий в области строительства скважин.	Мнение экспертов, пожелания работодателей.	**ПК(У)-3.** Способность планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы.	**И.ПК(У)-3.1.** Осуществляет сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, выбирает методики и средства решения поставленной задачи; планирует и проводит исследования; оценивает их результаты, делает выводы.
				И.ПК(У)-3.2. Создает новые и совершенствует действующие методики проведения расчетов, необходимых при проектировании технологических процессов и технических устройств
	2.Оценка возможности использования достижений научно-технического прогресса в области строительства скважин.	Мнение экспертов, пожелания работодателей.	**ПК(У)-4.** Способность проводить анализ и обобщение научно-технической информации в области строительства скважин.	**И.ПК(У)-4.1.** Владеет навыками проведения анализа и систематизации информации по теме исследований, а также патентных исследований.
				И.ПК(У)-4.2. Оценивает возможность применения наиболее совершенных на данный момент технологий строительства скважин.
Тип задач профессиональной деятельности: педагогический				
1 «Образование и наука» (в сфере научных исследований)	1. Разработка методических материалов для обеспечения подготовки и аттестации специалистов	**01.004** Профессиональный стандарт «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования» (утвержден приказом Минтруда России от 08.09.2015 № 608н). **ОТФ G** Научно-методическое и учебно-методическое обеспечение реализации программ профессионального обучения	**ПК(У)-5.** Способность разрабатывать методическое обеспечение для первичной периодической подготовки и аттестации специалистов в области строительства скважин. (**ТФ H/04.7** «Разработка под руководством специалиста более высокой квалификации учебно-методического обеспечения реализации учебных курсов, дисциплин (модулей) или отдельных видов учебных занятий программ бакалавриата и (или) ДПП»).	**И.ПК(У)-5.1.** Участвует в разработке методических документов, необходимых для подготовки и аттестации в области промышленной безопасности на опасных производственных объектах в процессе строительства скважин

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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) – 21.04.01. Нефтегазовое дело
Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

_____ _____ _____
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ02	Маслов Сергей Александрович

Тема работы:

Исследование влияния реагентов на основе полиакриламида в составе бурового раствора на его технологические свойства	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	8.02.2022, № 39-41/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: системы буровых растворов с добавками на основе полиакриламида. Область применения: системы промывочных жидкостей, применяемые для строительства скважин в сложных горно-геологических условиях.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).*	1 Литературный обзор 1.1 Свойства буровых растворов 1.2 Функции и требования к буровым растворам 1.3 Типы буровых растворов 1.4 Основные компоненты в составе буровых растворов 1.5 Заключение по литературному обзору 2 Экспериментальная часть

	2.1 Оборудование, используемое в исследованиях 2.2 Методика приготовления модельного бурового раствора 2.3 Методика проведения измерений коллоидно-реологических свойств буровых растворов при нормальных условиях 2.4 Методика измерения фильтрационных свойств буровых растворов при нормальных условиях 2.5 Методика измерения коллоидно-реологических свойств буровых растворов в условиях высоких температур 2.6 Определение устойчивости полимеров к солевой агрессии 2.7 Обработка полученных экспериментальных данных 3. Результаты экспериментальных исследований
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	Необходимость в графических материалах отсутствует

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Профессор отделения нефтегазового дела, д.э.н. Шарф И.В.
Социальная ответственность	Доцент отделения общетехнических дисциплин, к.т.н. Сечин А.А.
Часть на иностранном языке	Профессор отделения иностранных языков, д.ф.н. Матвеенко И.А.

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языках:

Functions, requirements and types of drilling fluids

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Глотова В.Н.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ02	Маслов Сергей Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ02	Маслов Сергей Александрович

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	**Отделение школы (НОЦ)**	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	**Направление/специальность**	21.04.01 Нефтегазовое дело, ООП: Технология строительства нефтяных и газовых скважин

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оценка стоимости материально- технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов на проведение мероприятий на нефтяном месторождении Западной Сибири
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочникам Единых норм времени (ЕНВ) и др
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налоговый кодекс Российской Федерации 2. ФЗ №212 от 24.07.2009 в ред. от 26.03.2022
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Обоснование перспективности строительства скважины на месторождении Западной Сибири с применением полимерсодержащего бурового раствора с полиакриламидом
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Расчет доходов и затрат при проведении операций по строительству эксплуатационной скважины на месторождении Западной Сибири
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка экономической эффективности строительства скважины с применением бурового раствора с полимером на основе акриламида
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей):*	
1. Сметная документация по обоснованию и общей оценке стоимости перечня операций по строительству скважины в табличной форме 2. Линейный календарный график проведения работ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Шарф И.В.	д.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ02	Маслов Сергей Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2БМ02		Маслов Сергей Александрович	
Школа	**ИШПР**	**Отделение (НОЦ)**	**ОНД**
Уровень образования	магистратура	**Направление/ специальность**	21.04.01 Нефтегазовое дело

Тема ВКР:

Исследование влияния реагентов на основе полиакриламида в составе бурового раствора на его технологические свойства	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	*Объект исследования:* технологические параметры буровых растворов, содержащих полиакриламид *Область применения*: буровые промывочные жидкости, использующиеся в технологии бурения скважин *Метод и средства исследования:* аналитические и экспериментальные (лабораторные). *Рабочая зона:* лаборатория технических жидкостей *Размеры помещения:* 6*4 *Количество и наименование оборудования рабочей зоны:* весы, смесительное устройство, вискозиметр, фильтр-пресс
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности <u>при разработке проектного решения</u>: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Инструкция №13-107 по охране труда для работающих с химическими веществами. Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы». 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". Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 № 426-ФЗ. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 № 197-ФЗ. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность <u>при разработке проектного решения</u>: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	**Вредные факторы:** 1. пониженная влажность воздуха; 2. отсутствие или недостаток естественного света; 3. статические перегрузки; 4. недостаточная освещенность рабочей зоны; 5. загазованность воздуха рабочей среды; 6. повышенная температура поверхности оборудования. **Опасные факторы:** 1. химические (раздражающие и токсические); 2. электрический ток. **Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:** изоляция токоведущих частей электрооборудования, система увлажнения воздуха или кондиционирования, халат, перчатки резиновые или из полимерных материалов,

	фартук из полимерных материалов, очки защитные (до носа), респиратор. **Расчет:** расчет системы искусственного освещения
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	**Воздействие на литосферу:** химическое загрязнение почв в результате розлива химикатов **Воздействие на гидросферу:** химическое загрязнение водотоков в результате отмывания химических отходов в канализационную сеть **Воздействие на атмосферу:** попадание в атмосферу испарений и пыли от реагентов
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:	**Возможные ЧС:** землетрясение, пожар **Наиболее типичная ЧС:** возникновение пожара
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических дисциплин	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ02	Маслов Сергей Александрович		

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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) – 21.04.01. Нефтегазовое дело
Уровень образования – Магистратура
Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела
Период выполнения – осенний / весенний семестр 2021 /2022 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	

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
31 декабря 2021	1. Проведение литературного обзора	20
1 марта 2022	2. Утверждение методики проведения исследования и обработки данных	20
10 марта 2022	3. Проведение экспериментов по оценке влияния полимеров на основе акриламида на свойства бурового раствора	30
15 апреля 2022	4. Анализ полученных экспериментальных данных, промежуточная аттестация	20
5 июня 2022	5. Предварительная защита диссертации	10

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Глотова В.Н.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ООП

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

Реферат

Магистерская выпускная квалификационная работа содержит 127 страниц, 24 рисунка, 14 таблиц, 77 литературных источников, 4 приложения.

Ключевые слова: буровой раствор, полимеры, полиакриламид, реология, минерализация, высокая температура.

Объектом исследования являются системы буровых растворов с добавлением полиакриламида.

Цель работы – исследование и оценка влияния термобарических условий и минерализации на технологические характеристики буровых растворов с добавками полиакриламида.

Задачи работы:

- произвести литературный обзор источников по данной теме;
- определить методику проведения экспериментальной части работы;
- провести эксперименты с выбранными полимерами;
- проанализировать экспериментальные данные и сделать выводы.

В качестве основного оборудования в ходе работы использовали ротационные вискозиметры модели OFITE 800 и OFITE 900 для исследования реологических характеристик базового бурового раствора с добавлением полиакриламида при нормальных условиях и при высоких температурах.

В процессе исследования были рассмотрены основные свойства, функции и требования к буровым растворам; основные компоненты, входящие в состав буровых растворов; полимеры в составе буровых растворов. Описаны методики проведенных экспериментов, проведена обработка полученных данных и проанализированы влияние температурного фактора и минерализации на свойства буровых растворов с добавлением полиакриламида. В результате исследования выбран наиболее оптимальный промышленно выпускаемый полимер на основе акриламида.

Область применения: системы промывочных жидкостей, для строительства скважин в сложных горно-геологических условиях.

Обозначения, определения и сокращения

БР – буровой раствор;

ГНВП – газонефтеводопроявление;

ГРП – гидроразрыв пласта;

ЭЦП – эквивалентная циркуляционная плотность;

СНС – статическое напряжение сдвига;

ДНС – динамическое напряжение сдвига;

СПО – спускоподъемные операции;

ПРИ – породоразрушающий инструмент

ГФИ – геофизические исследования

РУО – раствор на углеводородной основе;

КМЦ – карбоксиметилцеллюлоза;

УЩР – углещелочной реагент;

КССБ – конденсированная сульфитно-спиртовая барда;

ТЩР – торфощелочной реагент;

ПАА – полиакриламид;

ФХЛС – феррохромлигносульфонат;

ЭКП – эмульгирующая кожевенная паста;

ОСГ – омыленная смесь гудронов;

ПАВ – поверхностно-активное вещество;

ПАЦ – полианионная целлюлоза;

АА – акриламид;

н.у. – нормальные условия;

УБТ – утяжеленные бурильные трубы;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ОВМ – oilbased mud.

Оглавление

Введение 17
1 Литературный обзор 18
1.1 Свойства буровых растворов 18
1.2 Функции и требования к буровым растворам 25
1.2.1 Удаление продуктов разрушения с забоя скважины и вынос их на поверхность 26
1.2.2 Создание противодавления на стенки скважины 27
1.2.3 Удержание при прекращении циркуляции бурового раствора частиц выбуренных пород и утяжелителя во взвешенном состоянии 29
1.2.4 Образование фильтрационной корки (кольматирующая способность) 29
1.2.5 Охлаждение и смазывание породоразрушающего инструмента и бурильной колонны 30
1.2.6 Передача гидравлической мощности долоту и бурильному инструменту 31
1.2.7 Облегчение процесса разрушения горных пород на забое 31
1.2.8 Сохранение коллекторских свойств продуктивных горизонтов 32
1.2.9 Предохранение бурового инструмента и оборудования от абразивного износа и коррозии 33
1.2.10 Повышение эффективности процесса цементирования и заканчивания скважин 34
1.2.11 Обеспечение геофизической информации о разрезе 34
1.2.12 Экологическая и токсикологическая безопасность 35
1.2.13 Экономическая эффективность 35
1.3 Типы буровых растворов 36
1.3.1 Полимерные буровые растворы 38
1.3.2 Факторы, влияющие на выбор бурового раствора 41
1.4 Основные компоненты в составе буровых растворов 42

1.4.1 Полимеры в составе буровых растворов 45
1.4.2 Классификация полимеров по направленности действия 49
1.4.3 Акриламид и полиакриламид..... 53
1.5 Заключение по литературному обзору..... 56
2 Экспериментальная часть 57
2.1 Оборудование, используемое в исследованиях..... 57
2.2 Методика приготовления модельного бурового раствора 57
2.3 Методика измерения реологических свойств буровых растворов при нормальных условиях 59
2.4 Методика измерения фильтрационных свойств буровых растворов при нормальных условиях 61
2.5 Методика измерения реологических свойств буровых растворов в условиях высоких температур 63
2.6 Определение устойчивости полимеров к солевой агрессии 64
2.7 Обработка полученных экспериментальных данных 64
3 Результаты экспериментальных исследований 65
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..... 73
4.1 Расчет сметной стоимости подготовительных работ 73
4.2 Расчет сметной стоимости монтажных-демонтажных работ 74
4.3 Расчет продолжительности строительства скважины 74
4.4 Расчет сметной стоимости бурения и крепления скважины..... 78
4.5 Расчет стоимости освоения скважины 80
4.6 Сводный сметный расчет..... 80
5 Социальная ответственность 84
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..... 85
5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства 85
5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя 87
5.2 Производственная безопасность..... 88
5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов..... 88

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия 91
5.3 Экологическая безопасность 93
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 93
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду 94
5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды 95
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 96
Заключение 100
Список использованных источников 101
Приложение I 109
Приложение II 110
Приложение III 122
Приложение IV 126

Введение

В связи с развитием технологии строительства скважин, увеличивается количество требований, которые предъявляют к промывочным жидкостям, в связи с этим, изменениям подвергаются и их рецептуры, химические и физико-механические свойства. Подобное явление обуславливается необходимостью решения проблем, возникающих при сооружении скважин в сложных горно-геологических условиях (солевая агрессия, неоднородность горных пород, высокие температуры и давления, и т.д.), помимо этого возникает необходимость разработки и применения простых и эффективных систем буровых растворов для масштабного бурения. Все эти факторы обуславливают потребность в разработке методов и средств физико-химического регулирования технологических свойств буровых растворов.

В качестве добавки для стабилизации и эффективного понижения фильтрации глинистых буровых растворов зачастую применяют полиакриламид, однако, в настоящее время добыча нефти и газа осуществляется в сложных горно-геологических условиях, в частности, при высоких температурах, давлениях и концентрациях солей. Применение существующих систем полиакриламида в таких условиях характеризуется нестабильностью технологических жидкостей, что приводит к снижению реологических, фильтрационных и ингибирующих свойств, а также к повышенному расходу реагентов, необходимых для создания требуемой вязкости полимерных растворов. Совокупность этих факторов приводит к снижению экономический эффективности бурения нефтяных и газовых скважин. В связи с этим, синтез и изучение новых полимерных реагентов, стабильных в условиях высоких температур, давлений и минерализации, а также исследование инкапсулирующих систем технологических жидкостей на их основе является актуальной задачей.

1 Литературный обзор

Значительную роль при строительстве скважин играет рецептура буровых растворов. Применение буровых растворов, которые соответствуют геолого-техническим условиям бурения, верный выбор химической обработки буровых растворов, являются одними из определяющих качество бурения факторами. Успешность строительства скважины, которая заключается в своевременном предупреждении различных аварийных ситуаций и возможных осложнений, в получении достоверной геологической информации, а также в сохранении проницаемости и других продуктивных характеристик коллектора, зависит от многих факторов, в числе которых выбор оптимального состава и свойств промывочной жидкости, правильность регулирования качества бурового раствора, а также от технологической грамотности персонала [1].

1.1 Свойства буровых растворов

Буровой раствор (БР) – это сложная многокомпонентная комплексная дисперсная система, объединяющая суспензионные, эмульсионные и аэрированные жидкости, применяемые для промывки скважин в процессе бурения. Приготовление бурового раствора осуществляется на поверхности, после чего он подается в буровую колонну и поступает на забой. Как упоминалось ранее, эффективность строительства скважины напрямую зависит от качества промывочной жидкости и ее свойств, среди которых можно выделить четыре определяющих свойства: плотность, водоотдача, вязкость и напряжение сдвига.

Плотность представляет собой массу единицы объема вещества. Величина плотности определяет величину гидростатического давления, которое буровой раствор оказывает на стенки скважины и забой. Выделяют кажущуюся – позволяет охарактеризовать раствор, который выходит из скважины и

содержит газовую фазу и истинную плотность – характеризует буровой раствор без газообразной фазы.

В процессе строительства скважины необходимо вести постоянный контроль плотности бурового раствора, так как от создаваемого им гидростатического давления напрямую зависит вероятность нефтегазоводопроявления (ГНВП) и гидроразрыва пород (ГРП). Величину плотности нужно поддерживать такой, чтобы гидростатическое давление на стенки скважины превышало пластовое давление, для предотвращения ГНВП. В то же время давление столба жидкости бурового раствора не должно превышать давление гидроразрыва пород, что может привести к ГРП и возникновению поглощения. Величина плотности зависит от состава бурового раствора и его основы, так для буровых растворов на основе нефти среднее значение плотности составляет 890 - 980 кг/м^3, для малоглинистых растворов – 1050 - 1070 кг/м^3, а для утяжеленных растворов более 2200 кг/м^3.

Плотность раствора может быть уменьшена путем добавления воды, а для увеличения плотности до желаемого значения можно использовать многочисленные утяжелители, например, твердые вещества с высоким удельным весом, такие как барит, гематит, галенит, карбонат кальция и ильменит. Барит является наиболее широко используемым утяжелителем [2].

Водоотдача определяет способность бурового раствора отдавать водную фазу раствора пористым породам при определенных условиях. В процессе бурения промывочная жидкость проникает в проницаемые пласты из-за возникающего перепада давления. Буровой раствор при контакте с горной породой проникает в поры и со временем закупоривает их, что приводит к образованию фильтрационной корки на стенке скважины. Фильтрационная корка препятствует проникновению в пласты частиц выбуренной породы и утяжелителя, однако глинистая корка не способна задерживать воду, отделяющуюся от глинистого раствора. От качества применяемого бурового раствора зависит и качество глинистой корки, так раствор низкого качества не способен создать качественную фильтрационную корку: создаваемая корка

получается рыхлой, неплотной и значительной толщины, через такую корку вода способна отфильтровываться в пласт. Образование толстой глинистой корки характеризуется не только высоким значением показателя водоотдачи, но и приводит к сужению ствола скважины, что может стать причиной возникновения прихвата бурильной колонны. Кроме того, проникновение водной фазы бурового раствора в породы может привести к их набуханию и обвалам, в связи с этим показатель водоотдачи стремятся сделать минимальным.

Наиболее оптимальная фильтрационная корка должна иметь низкую проницаемость, быть тонкой и скользкой. Эти свойства определяются не только значением водоотдачи, так буровые растворы с низким показателем водоотдачи не всегда создают фильтрационную корку хорошего качества. Желаемое качество фильтрационной корки достигается за счет сведения к минимуму содержания твердых (коллоидных) частиц в буровом растворе и поддержания надлежащей концентрации добавок, регулирующих фильтрацию. Для большинства буровых растворов на водной основе наилучшее качество фильтрационной корки достигается при использовании достаточного количества высококачественного бентонита.

Существует множество факторов, влияющих на контроль фильтрации, в их числе: термическая стабильность системы; концентрация, размер и тип твердых частиц; тип и концентрация используемых добавок для контроля фильтрации; и наличие каких-либо примесей в растворе [3].

Реологические свойства бурового раствора относятся к характеристикам течения и деформации под действием внешних сил. Реологические свойства бурового раствора важны для определения: эффективности очистки ствола скважины, потерь давления на трение в трубном и кольцевом пространствах, эквивалентной циркуляционной плотности (ЭЦП) в скважине, преобладающего режима течения в трубах и кольцевом пространстве, а также для гидравлической оптимизации, которая позволяет повысить эффективность бурения [4]. Реологические характеристики промывочной жидкости оказывают влияние на ряд показателей и процессов, связанных с бурением:

− величину гидродинамического давления на забой и стенки скважины;

− степень очистки забоя скважины от частиц выбуренной породы и транспортирующую способность потока;

− величину гидравлических сопротивлений циркуляционной системы;

− интенсивность обогащения бурового раствора шламом;

− степень охлаждения породоразрушающего инструмента (ПРИ) [5].

В случаях, когда реологические свойства бурового раствора не соответствуют оптимальным значениям, повышается вероятность возникновения ряда осложнений: поглощение бурового раствора, размыв стенок ствола скважины, образование пробок в стволе скважины, прихват бурильной колонны, снижение механической скорости бурения, переизмельчение шлама и другие. Реологические свойства промывочной жидкости являются наиболее оптимальными в том случае, когда вязкость раствора близка к вязкости воды в нисходящем потоке (внутри бурильной колонны, на гидравлическом забойном двигателе, на выходе из насадок долота), на забое скважины и в системе очистки бурового раствора, но при этом в восходящем потоке вязкость должна быть достаточной для осуществления транспортировки шлама на поверхность без его аккумуляции в скважине [6].

Вязкость (внутреннее трение) определяется как сопротивление, оказываемое жидкостью или газом к потоку, т.е. вязкость – свойство оказывать сопротивление перемещению одной части жидкости или газа относительно другой. Основными факторами, влияющими на вязкость бурового раствора, являются: вязкость базовой жидкости (воды); размер, форма и количество взвешенных частиц; силы, возникающие между частицами, а также между частицами и жидкостью [7].

Внутреннее сопротивление при движении глинистого бурового раствора представляет собой совокупность сил трения между молекулами физически связанной воды, между глинистыми частицами, а также между частицами глины и молекулами физически связанной воды. В связи с этим, увеличение

содержания физически связанной воды приводит к снижению вязкости раствора, а повышение концентрации – к увеличению. Химическая обработка глинистого раствора и действие растворимых в воде пород и минеральных солей, находящихся в пластовых водах, оказывают непосредственное влияние на вязкостные характеристики промывочной жидкости [8]. Для описания свойств бурового раствора выделяют несколько видов вязкости: пластическую, эффективную и условную (рис. 1.1).

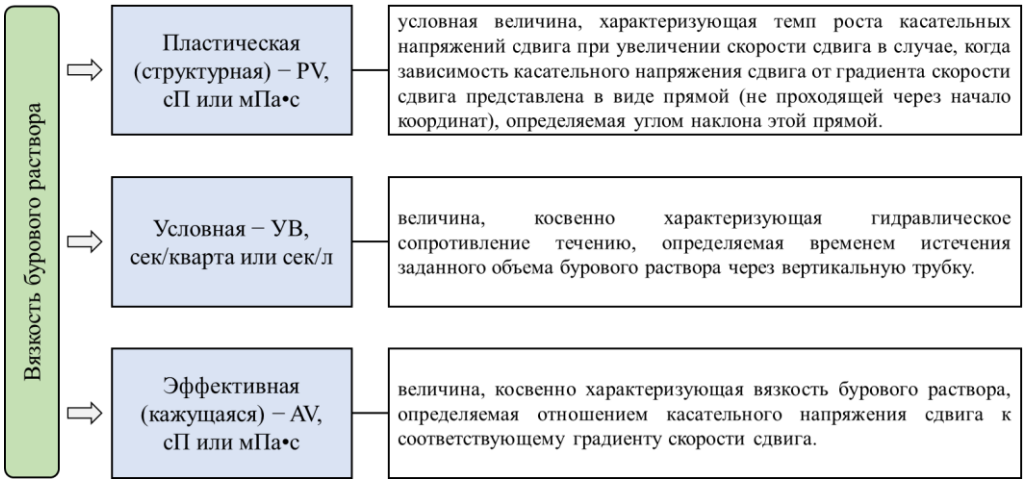

Рисунок 1.1 – Вязкость бурового раствора

Пластическая вязкость бурового раствора является частью сопротивления жидкости потоку, вызванного механическим трением внутри жидкости, т.е. мера механического трения в жидкой фазе раствора диспергированных частиц твердой фазы, эмульгированной фазы, а также макромолекул полимеров, она зависит он различных факторов (рис. 1.2).

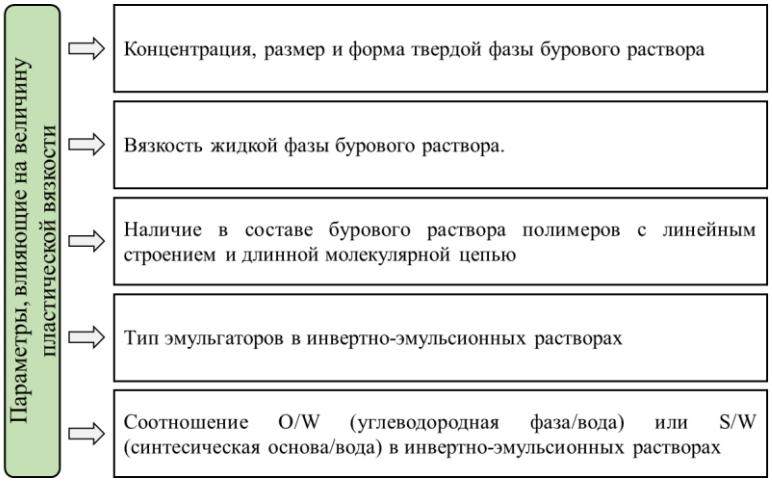

Рисунок 1.2 – Параметры, влияющие на величину пластической вязкости

Механические свойства буровых растворов (упругость, пластичность, прочность и эластичность) определяются их внутренней структурой и вследствие этого называются структурно-механическими.

Напряжение сдвига характеризует прочность структуры бурового раствора, выделяют статическое (СНС) и динамическое (ДНС) напряжение сдвига (рис. 1.3).

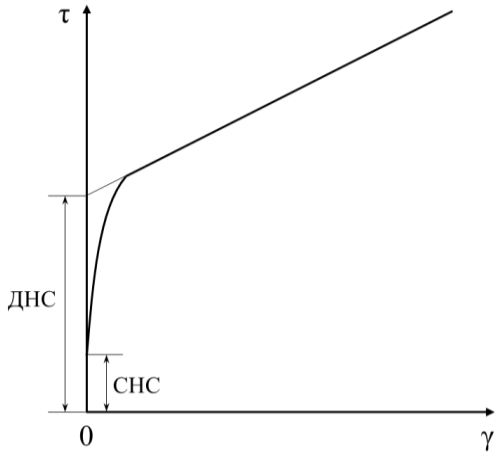

Рисунок 1.3 − Реограмма Гершеля-Балкли (1926 г.)

СНС – величина, характеризующая прочностное сопротивление бурового раствора, находящегося в покое заданное время. СНС определяется касательным напряжением сдвига, соответствующим началу разрушения структуры (рис. 1.3). Величина статического напряжения сдвига характеризует способность удержания частиц во взвешенном состоянии при отсутствии циркуляции бурового раствора. Для этого величина СНС должна быть больше, чем величина силы, создаваемой весом частиц шлама или утяжелителя. В случаях, когда величина СНС недостаточна, остановка циркуляции раствора приведет к тому, что частицы шлама будут оседать на забой скважины, данное явление может быть причиной прихвата бурового инструмента шламом. С другой стороны, увеличение величины СНС характеризуется ухудшением очистки раствора от шлама, а также приводит к увеличению импульсов давления на забой и стенки скважины при запуске насосов и при проведении спуско-подъемных операций (СПО), а это может послужить причиной возникновения ГНВП, гидроразрыва пласта и поглощений бурового раствора, а также нарушений устойчивости

стенок скважин. Таким образом, величина СНС должна быть минимальной, но достаточной для удержания частиц выбуренных пород и утяжелителя во взвешенном состоянии при отсутствии циркуляции бурового раствора.

ДНС – величина, косвенно характеризующая прочностное сопротивление бурового раствора течению. Величина ДНС определяется отрезком на оси касательного напряжения сдвига, который отсекается прямой, характеризующей зависимость касательного напряжения сдвига от градиента скорости сдвига (рис. 1.3). ДНС является мерой электрохимических сил, которые обусловлены зарядами, расположенными на поверхности или вблизи поверхности частиц, находящихся в растворе. Предел текучести является мерой этих сил при течении бурового раствора и определяется следующими параметрами:

- объёмной концентрацией твердой фазы;
- электрическими полями частиц твердой фазы (концентрация, тип ионов жидкой фазы);
- поверхностными свойствами частиц твёрдой фазы.

Предел текучести является частью сопротивления течению, которая регулируется надлежащей химической обработкой. При уменьшении сил притяжения, в результате химической обработки бурового раствора, предел текучести будет уменьшаться. При этом, уменьшение предела текучести влечет за собой уменьшение кажущейся вязкости раствора [9].

В процессе бурения свойства бурового раствора претерпевают множество изменений, в связи с тем, что он взаимодействует с разбуриваемыми горными породами и пластовыми водами, а также подвергается воздействию различных термобарических условий, механических нагрузок и прочих факторов. В промывочной жидкости в процессе бурения протекает множество внутренних процессов, связанных с ослаблением электрических зарядов на частицах и старением компонентов, входящих в состав раствора. В совокупности, все эти факторы приводят к ухудшению свойств раствора, т.е. он теряет способность выполнять необходимые функции. В связи с этим требуется поддерживать параметры бурового раствора в процессе бурения скважины [7].

Чередование пород в геологическом разрезе зачастую вызывает необходимость в изменении некоторых функций бурового раствора. В связи с этим, в процессе бурения регулируют свойства бурового раствора при проходке соответствующего интервала горных пород, это выполняется в случае, когда возможно поддержать необходимые свойства раствора без его полной замены. Таким образом, необходимость в регулировании свойств бурового раствора возникает в двух основных случаях: при приготовлении (получение бурового раствора с необходимыми характеристиками) и в процессе бурения (поддержание требуемых функций, а также регулирование параметров при изменении геологических условий).

1.2 Функции и требования к буровым растворам

Для осуществления безаварийной проводки скважин, необходимо осуществлять выбор оптимальной рецептуры и свойств бурового раствора. Технологические функции (свойства) буровых растворов характеризуют их влияние на: эффективность разбуривания горных пород; очистку ствола и забоя скважины; фильтрационные процессы; снижение сопротивлений движению бурильного инструмента при его контакте с фильтрационной коркой и стенками скважины; устойчивость стенок ствола скважины, сложенных неустойчивыми породами; раскрытие и освоение пластов-коллекторов, содержащих флюид. Буровой раствор в процессе бурения осуществляет ряд функций, которые напрямую зависят от сложности процесса бурения: глубина скважина, разбуриваемые горные породы, величина давления продуктивных горизонтов. Процесс бурения является совокупностью операций, которые определяют технологию проходки скважины, в связи с этим функции, выполняемые промывочной жидкостью, называются технологическими [10].

При вращательном способе бурения буровой раствор при должном и качественном выполнении своих обязанностей должен обеспечивать комплекс технологических функций.

1.2.1 Удаление продуктов разрушения с забоя скважины и вынос их на поверхность

Одна из важнейших функций бурового раствора это удаление частиц выбуренной и обвалившейся породы из скважины на дневную поверхность, качественное выполнение данной функции позволяет добиться максимальной скорости бурения. Недостаточное удаление частиц выбуренной породы приводит к тому, что она скапливается на забое и снижает скорость бурения, так как в этом случае энергия долота будет затрачиваться не только на разрушение горной породы, но и на дополнительное переизмельчение уже выбуренных частиц. Скопление выбуренной породы в затрубном пространстве также представляет из себя опасность, так как это приводит к уменьшению зазора между трубами и стенками скважины, что, в свою очередь, может привести к прихвату инструмента.

На качество удаления частиц породы с забоя оказывает существенное влияние способ бурения скважин. При роторном способе вращается вся колонна, а, следовательно, ее вращение передается буровому раствору, который в этом случае поднимается по спирали. Таким образом, степень выноса выбуренной горной породы при роторном способе бурения выше, чем при турбинном. Качество очистки ствола скважины от шлама напрямую зависит от скорости восходящего потока, которая зависит от производительности буровых насосов, а также от характеристик промывочной жидкости, влияющих на способность раствора удалять шлам из скважины. На эффективность удаления выбуренной горной породы из скважины оказывают влияние следующие свойства бурового раствора: плотность, динамическое напряжение сдвига и вязкость. Для эффективного удаления частиц из ствола скважины необходимо, чтобы скорость восходящего потока превышала скорость их осаждения. Для осуществления более качественной очистки скважины от шлама обычно увеличивают вязкость бурового раствора или его подачу к забою через насадки долота, при этом регулирование подачи раствора является более предпочтительным методом. В

случаях, когда мощность используемого бурового насоса не может обеспечить необходимую скорость восходящего потока, увеличивают вязкость раствора, особенно, предел текучести. Однако это приводит к ухудшению условий очистки раствора и росту гидравлических сопротивлений в циркуляционной системе. Таким образом, для обеспечения качественной очистки ствола скважины от выбуренной породы должно быть выбрано оптимальное соотношение между плотностью и реологическими характеристиками бурового раствора, а также подачей насосов.

1.2.2 Создание противодавления на стенки скважины

Осыпи и обвалы стенок скважин являются одними из основных видов осложнений, возникающих в процессе бурения скважин. Обрушений стенок скважины происходит под действием горного давления, при этом смачивание рыхлых горных пород значительно уменьшает прочность стенок скважины, а, следовательно, их устойчивость. Повышение интенсивности процесса разрушения стенок скважины может быть вызвано несколькими причинами: увеличение зоны смачивания горных пород; размывающее воздействие бурового раствора на горные породы.

Гидростатическое давление, создаваемое буровым раствором, обеспечивает сохранение устойчивости стенок скважины за счет уравновешивания горного давления, однако чрезмерное увеличение данного показателя приводит к снижению механической скорости бурения, а также к увеличению проникающей способности бурового раствора в горные породы. В такой ситуации повышается необходимость в создании качественной фильтрационной корки (изолирующая и закрепляющая способность). При бурении в условиях трещиноватых пород, а также пород, способных выдавливаться в скважину под действием горного давления (галит, карналлит и др.) необходимость в создании достаточного гидростатического давления является крайне важной задачей. В подобных условиях, обычно, создают

достаточно высокое гидростатическое давление, что позволяет сохранить устойчивость стенок скважины [11]. Для предупреждения осыпей и обвалов, помимо поддержания необходимого значения гидростатического давления, в буровой раствор зачастую вводят специальные добавки, которые придают ему крепящие свойства.

В процессе бурения скважина и вскрытый пласт образуют сообщающуюся систему скважина–пласт. В проницаемых коллекторах давление флюида преимущественно зависит от глубины таких пластов и ряда других факторов, при этом давление может быть нормальным, низким или аномально высоким (значительно выше гидростатического).

В процессе бурения необходимо обеспечивать равенство давления в системе скважина–пласт, для предупреждения возможных осложнений, возникающих при нарушении этого равенства, для этого определяют необходимую величину гидростатического давления, которая обеспечивается сохранением заданной плотности бурового раствора. Нарушения равенства давления может происходить в обе стороны.

– Давление в скважине больше пластового. В данной ситуации происходит поглощение бурового раствора, т.е. раствор проникает в пласт, что в свою очередь может привести к ряду осложнений: загрязнение пластов-коллекторов; снижение уровня жидкости в скважине (обвалы стенок скважины, ГНВП); осложнение осуществления контроля за процессом промывки; загрязнение подземных вод; потеря дорогостоящего бурового раствора.

– Давление в скважине меньше пластового. В данной ситуации возникает газонефтеводопроявление, т.е. поступление флюида в ствол скважины, что в свою очередь приводит к резкому ухудшению качества промывочной жидкости, что может вызвать обрушение стенок скважин, а также к возможному загрязнению прилегающей к скважине территории.

1.2.3 Удержание при прекращении циркуляции бурового раствора частиц выбуренных пород и утяжелителя во взвешенном состоянии

Буровой раствор часто содержит в своем составе глину, утяжелители, например, барит, и т.д., которые должны оставаться во взвешенном состоянии и не выпадать в осадок. Удержание частиц во взвешенном состоянии необходимо для предотвращения прихватов бурильного инструмента при прекращении циркуляции.

В процессе циркуляции в буровой раствор также поступают частицы шлама, которые в совокупности с частицами, входящими в состав БР, представляют собой твердую фазу бурового раствора. На частицы твердой фазы постоянно действует сила тяжести, которая вызывает их осаждение. При отсутствии циркуляции буровой раствор не движется вверх, и частицы твердой фазы стремятся двигаться вниз. Чтобы этого не произошло, буровой раствор должен удерживать эти частицы во взвешенном состоянии при отсутствии циркуляции [11]. Для выполнения этой функции буровой раствор должен обладать таким свойством, как тиксотропия, т.е. способностью переходить из состояния золя в гель с образованием структуры, определенной устойчивости. Устойчивость структуры оценивается величиной статического напряжения сдвига, которая меняется в широком диапазоне, и в большинстве случаев возможно легко получить такую структуру, при которой среднестатистическая частица остается во взвешенном состоянии.

1.2.4 Образование фильтрационной корки (кольматирующая способность)

Твердая фаза, содержащаяся в буровом растворе, отлагается в порах и трещинах горных пород, образуя за счет разницы пластового и гидростатического давления фильтрационную корку, которая является малопроницаемой для жидкой фазы. Такая корка, обладая определенной

механической прочностью, способствует консолидации слабоцементированных пород, тем самым обеспечивая их устойчивость, замедляет или полностью останавливает процесс дальнейшего распространения зоны смачивания вокруг ствола скважины, т.е. разобщает скважину и проницаемые пласты.

Образование излишне толстой фильтрационной корки приводит к увеличению вероятности дифференциального прихвата, а из-за прилипания к ней шлама происходит сужение ствола скважины, приводящее к ряду осложнений (прихваты, затяжки и др.). Высокое значение водоотдачи бурового раствора, также приводит к проблемам, т.к. большое количество фильтрата бурового раствора поступает в продуктивный горизонт, а это приводит к значительному снижению продуктивных характеристик коллектора, в первую очередь проницаемости пласта. В связи с этим, величина водоотдачи должна быть минимально возможной, что обеспечивается жестким регламентом этого показателя в проектах и программах.

1.2.5 Охлаждение и смазывание породоразрушающего инструмента и бурильной колонны

В процессе бурения, за счет совершаемой на забое механической работы и возникающих при вращении колонны сил трения, породоразрушающий инструмент подвергается нагреву. Буровой раствор, циркулируя и омывая породоразрушающий инструмент, отводит часть тепловой энергии за счет конвекционного обмена. Эффективность охлаждения инструмента промывочной жидкостью зависит от расхода бурового раствора, забойной температуры, а также от размеров и конструктивных особенностей ПРИ. Буровой раствор также способствует охлаждению бурильной колонны, которая нагревается за счет вращения и трения о стенки скважины. Буровые растворы способны охлаждать инструмент и колонну даже при малых величинах расхода, т.к. они обладают относительно высокой теплоемкостью [11].

1.2.6 Передача гидравлической мощности долоту и бурильному инструменту

Забойные механизмы, такие как турбобур, гидроударник, винтовой забойный двигатель и др., работают за счет гидравлической энергии, которая передается буровым раствором от насосов к забою скважины. Количество этой энергии зависит от технических характеристик забойных механизмов и условий бурения. Помимо этого, энергия, передаваемая раствором, расходуется также на преодоление гидравлических сопротивлений при циркуляции жидкости в скважине, которые зависят от геометрии скважины, подачи насосов и свойств бурового раствора. Реологические характеристики бурового раствора являются основным регулирующим энергетические затраты фактором, так как подача насоса зависит от геологических условий бурения и расхода жидкости. В связи с этим, необходимо уменьшать величину реологических параметров промывочной жидкости при использовании забойных механизмов, при этом учитывая и другие функции бурового раствора.

Обеспечение технологических функций в значительной мере зависит от правильного выбора рецептуры и реагентов для приготовления бурового раствора, поэтому к буровым растворам предъявляется ряд требований, которые должны выполняться, для обеспечения качественного процесса строительства скважины.

1.2.7 Облегчение процесса разрушения горных пород на забое

Одним из требований, предъявляемых к буровому раствору, является облегчение разрушения горных пород на забое за счет кинетической энергии потока на выходе из насадок долота (гидромониторный эффект). Величина кинетической энергии бурового раствора зависит от площади сечения и местоположения насадок долота, при этом в наибольшей степени гидромониторный эффект наблюдается при бурении рыхлых пород.

Облегчение разрушения горных пород на забое также осуществляется за счет понижения их твердости, это обуславливается тем, что породы неоднородны по прочности, имеют более слабые места в кристаллической решетке и микротрещины [11]. Буровой раствор способен проникать в глубину деформируемого тела − зону предразрушения и тем самым участвует в процессе механического разрушения горных пород. Усиление данного эффекта происходит путем добавления в жидкость специальных добавок – понизителей твердости, которые усиливают физико-химическое взаимодействие бурового раствора с развивающимися в процессе разрушения новыми поверхностями горной породы. Понизители твердости проникают в деформируемые слои с повышенной трещиноватостью и распределяются по микротрещинам, образовывая там адсорбционные (сольватные) пленки, которые расклинивают слои между собой. Эффективность данного явления зависит от смачивающей способности горных пород: гидрофильные породы в большей степени подвержены расклинивающему действию, а, следовательно, создаются лучшие условия для разрушения горных пород. Примерами основных понизителей твердости пород могут выступать: NaCl, $MgCl_2$, $AlCl_3$, Na_2CO_3, NaOH, $Ca(OH)_2$, CaO и различные мыла [11].

1.2.8 Сохранение коллекторских свойств продуктивных горизонтов

Сохранение проницаемости продуктивных горизонтов подразумевает то, что фильтрационная корочка, образующаяся в процессе бурения на стенке, должна легко удаляться при освоении скважины, а также что жидкая фаза бурового раствора не должна проникать глубоко в горную породу, т.е. не изменять ее фазовую проницаемость. Помимо этого, жидкая фаза бурового раствора не должна приводить к набуханию глин, содержащихся в пласте-коллекторе. Еще одним важным требованием является то, что при контакте фильтрата, приникающего в продуктивный пласт, с углеводородами, в пласте не

должно происходить образование эмульсий, т.к. в противном случае, в коллекторе возможно образование пробок, препятствующих движению флюида.

1.2.9 Предохранение бурового инструмента и оборудования от абразивного износа и коррозии

В процессе бурения коррозии может быть подвержено как поверхностное оборудование, так и внутрискважинное (бурильный инструмент). Основной причиной возникновения коррозии оборудования является воздействие солей, а также кислорода и углекислого газа. Помимо этого, одной из причин коррозийного разрушения оборудования может выступать воздействие сероводорода, который содержится в горных породах. Интенсивность коррозионного разрушения оборудования во многом зависит и от бурового раствора, а именно он его щелочности (pH).

Помимо коррозии, оборудование в процессе бурения, подвергается еще и абразивному износу, который является результатом наличия твердых частиц в буровом растворе. Твердые частицы попадают в раствор при его приготовлении, а также в процессе разрушения горных пород.

В совокупности абразивный и коррозионный износы, оказывают большее влияние на процесс разрушения металла, что приводит к преждевременному выходу из строя инструмента, поломкам и авариям. В связи с этим, необходимо вести постоянный контроль содержания твердой фазы раствора, а также оценивать его коррозионную активность и щелочность. Для снижения коррозионной активности раствора, применяют специальные добавки – ингибиторы коррозии, а для уменьшения абразивного износа необходимо регулярно удалять из раствора твердые абразивные частицы.

1.2.10 Повышение эффективности процесса цементирования и заканчивания скважин

Промывочная жидкость, при спуске обсадных колонн, должна снижать уровень пульсаций давления, для предотвращения гидроразрыва пород, помимо этого фильтрационная корочка, образованная буровым раствором, должна быть сколькой, что облегчает спуск обсадных колонн. Перед цементированием скважины, буровой раствор необходимо вытеснить буферными, продавочными жидкостями и цементом, в связи с этим, буровой раствор должен обладать свойствами, которые способствуют более легкому вытеснению (низкая вязкость, легкий переход из состояния геля в жидкость).

1.2.11 Обеспечение геофизической информации о разрезе

Процесс строительства скважины сопровождается комплексом геофизических исследований (ГФИ), которые позволяют вести контроль за траекторией скважины, уточнить геологический разрез, а также измерить ряд важных характеристик горных пород и пласта-коллектора. Эффективность проведения ГФИ во многом определяется качеством промывочной жидкости.

В некоторых случаях, свойства промывочной жидкости оказывают непосредственное влияние на результаты проведения геофизических исследований. Так, например, промывочные жидкости на водной основе могут иметь различную электропроводность (в зависимости от содержания солей: пресные, с низким содержанием, минерализованные) и при фильтрации раствора в горную породу может произойти изменение ее электрических свойств, а, следовательно, геофизические методы, использующие электрические свойства пород покажут искаженные результаты. Помимо этого, при высоких значениях реологических параметров бурового раствора, геофизические приборы могут зависать в скважине, в то время как бурильный инструмент спускается свободно.

1.2.12 Экологическая и токсикологическая безопасность

Состав бурового раствора должен проектироваться в соответствии с требованиями местного законодательства и нормативных документов. В процессе бурения скважин промывочная жидкость может контактировать с водоносными горизонтами и проникать в них, в связи с этим, раствор не должен оказывать негативное действие на окружающую среду, т.е. должен быть экологически безопасным. В связи с этим, буровой раствор готовится из нетоксичных материалов, которые не образуют ядовитые соединения при контакте с горными породами и элементами, которые в них содержатся. При этом большим преимуществом при утилизации отходов бурения будет биоразлагаемость компонентов бурового раствора.

1.2.13 Экономическая эффективность

Бурение является дорогостоящим процессом, поэтому буровой раствор должен иметь минимально возможную стоимость, при этом без ущерба качеству (выполнение всех функций и соответствие всем требованиям). Стоимость бурового раствора может изменять в широком диапазоне и зависит она от входящих в него компонентов, т.е. от его рецептуры.

При бурении верхних интервалов скважин нет необходимости в применении дорогих компонентов бурового раствора, при этом, в процессе вскрытия продуктивных горизонтов и бурении горизонтальных участков ствола скважины к буровому раствору предъявляются повышенные требования, что обуславливает применение более дорогих рецептур. В процессе разработки рецептуры бурового раствора необходимо учитывать планируемые операции освоения и интенсификации притока.

Таким образом, оптимальный процесс промывки скважин обеспечивается правильным сочетанием типа промывочной жидкости, режима промывки и организационных мер по поддержанию и регулированию свойств раствора [11].

Исходя из этого, можно сказать, что буровой раствор должен обеспечивать максимально возможное снижение стоимости 1 м бурения или себестоимости 1 т (1 $м^3$) нефти или газа.

1.3 Типы буровых растворов

Существует множество классификаций буровых растворов по различным признакам: способу приготовления; назначению; фазовому состоянию дисперсионной среды; фазовому состоянию дисперсной фазы; природе дисперсионной среды; природе дисперсной фазы; методу получения дисперсной фазы; степени дисперсности; устойчивости к воздействию температур и солевой агрессии и т.д. [12].

Буровые растворы представляют из себя дисперсную систему, т.е. состоят из дисперсионной среды, в которой распределена дисперсная фаза и различные химические реагенты. Основное назначение дисперсионной среды состоит в равномерном распределении частиц дисперсной фазы по всему объему бурового раствора и растворении химических реагентов. Дисперсная фаза отвечает за регулирование структурных параметров бурового раствора, реологических, тиксотропных и фильтрационных свойств, а химические реагенты – регулирование параметров промывочной жидкости. Буровые растворы по природе дисперсионной среды подразделяют на три группы:

- на водной основе;
- на углеводородной основе;
- газообразные.

Выбор типа бурового раствора и его компонентный состав во многом определяется геологическими условия бурения: физико-химических свойств пород и флюидов, забойной температуры, пластовых и горных давлений.

На рисунках 1.4, 1.5 приведена классификация промывочных жидкостей на основе природы и состава дисперсионной среды и дисперсной фазы.

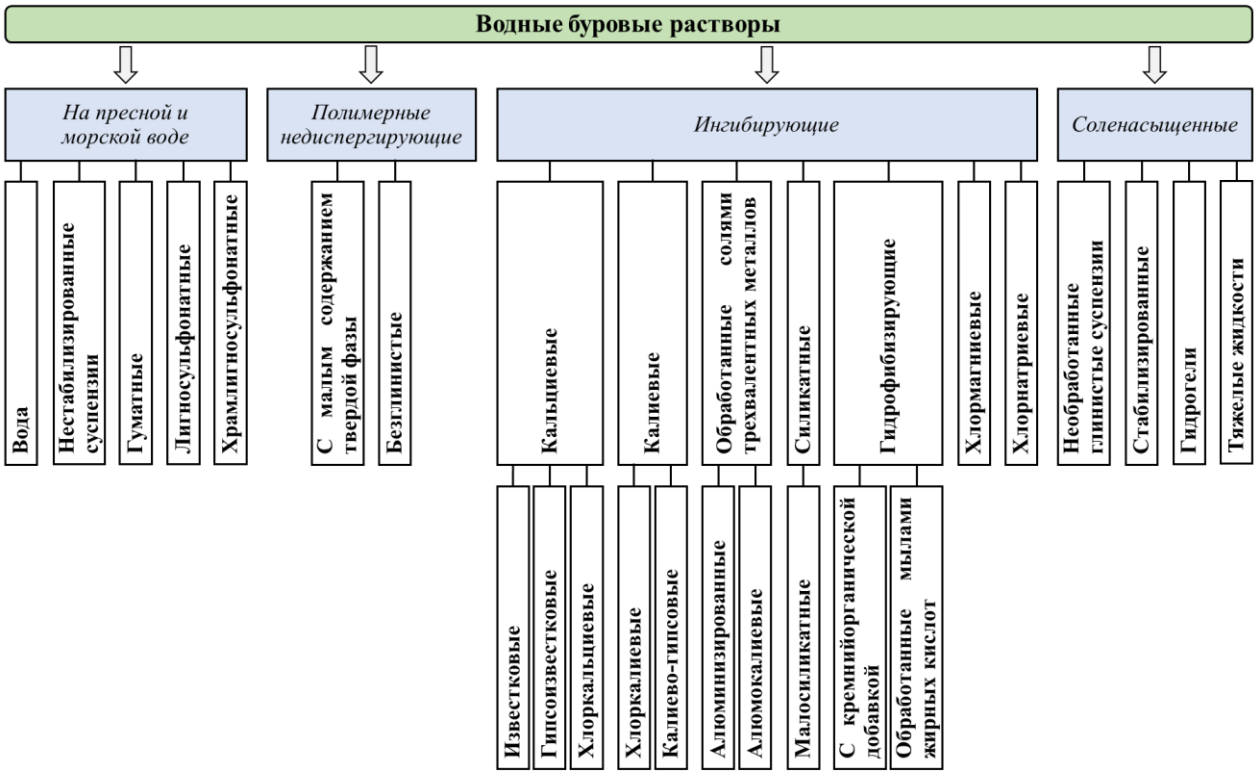

Рисунок 1.4 – Классификация буровых промывочных жидкостей на водной основе

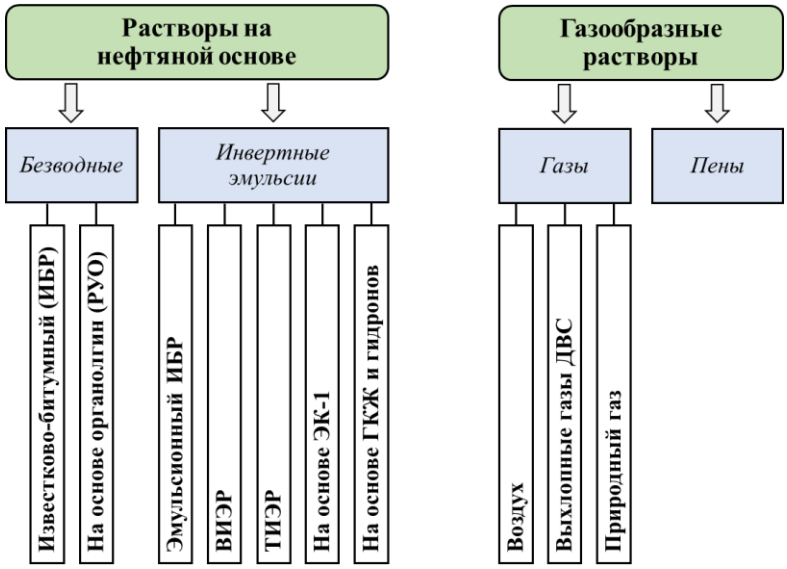

Рисунок 1.5 – Классификация буровых промывочных жидкостей на неводной основе

В районах Западной Сибири применяются несколько основных типов буровых растворов:

– бентонитовый;

- полимер – глинистый;
- полимерный (инкапсулированный);
- ингибирующий;
- KCL/полимерный (биополимерный);
- минерализованный глинистый раствор;
- раствор на углеводородной основе (РУО).

1.3.1 Полимерные буровые растворы

Полимерный буровой раствор – раствор на водной основе, содержащие в своем составе высокомолекулярные полимеры линейного строения. Буровые растворы с добавлением полимеров преимущественно применяют при строительстве скважины в условиях крепких горных пород. Данный тип промывочной жидкости обладает характерными свойствами: высокой гидрофильностью и псевдопластичностью – способностью разжижаться при высоких скоростях сдвига и загустевать при низких [13].

Первый буровой раствор с добавлением полимера был применен в США в середине 50-х годов прошлого века. Он состоял из бентонитового порошка, полимера (сополимер винилацетата и малеиновой кислоты) и кальцинированной соды. Полимер обладал флокулирующими и загущающими свойствами [14].

В России буровые растворы с добавлением полимеров получили широкое распространение в 1970-х гг., благодаря работам Б.А. Андрессона, А.И. Пенькова, Г.Д. Дедусенко, А.У. Шарипова, И.Ю. Хариева, У.А. Скальской, Я.М. Курбанова, К.Л. Минхайрова, Р.С. Ахмадеева, М.Р. Мавлютова, В.П. Овчинникова, М.К. Турапова, Р.Р. Лукманова, Э.Г. Кистера, О.К. Ангелопуло, М.И. Липкеса, Г.В. Конесова и многих других [15].

Состав буровых растворов со временем претерпевал множество изменений, изначально он был направлен на обеспечение стабильности функциональных свойств раствора, а впоследствии – на сохранение коллекторских свойств продуктивных пластов. Применение первых полимерных

буровых растворов обуславливалось желанием увеличить скорость проходки и механическую скорость бурения. В связи с тем, что геологические условия бурения осложняются со временем, полимерсодержащие буровые растворы, претерпевали ряд изменений, так они становятся: устойчивыми к воздействию пластовых условий, более экологически чистыми, а также они позволяют сохранять коллекторские свойства и устойчивость горных пород. Процесс изменения буровых растворов от простого к сложному представлен на рисунке 1.6.

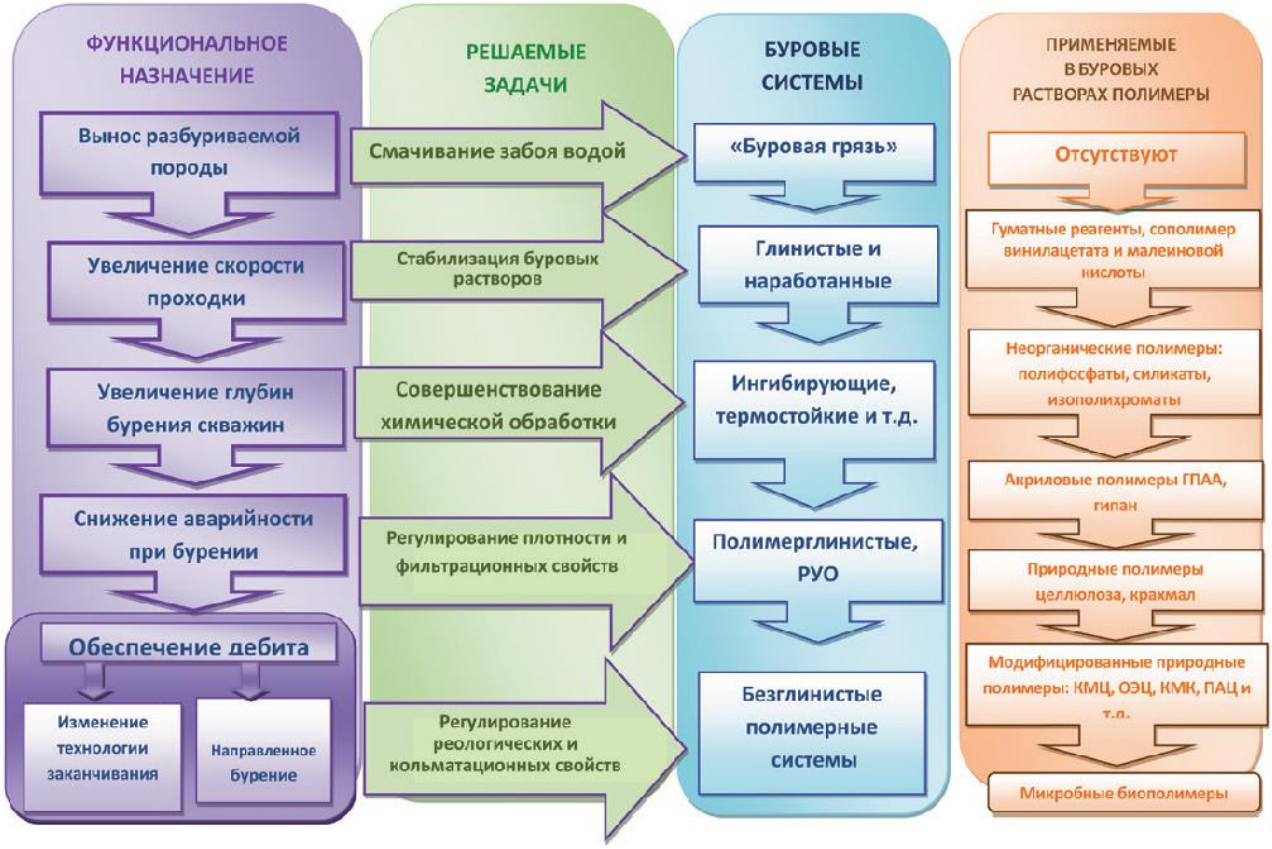

Рисунок 1.6 – Развитие полимерных буровых растворов [15]

Применение полимерсодержащих растворов положительно сказывается на состоянии стенок скважины, что в свою очередь приводит к ограничению содержания нефти в растворе и, как следствие, повышает качество цементирования скважины [16]. Стремление максимально сократить временные затраты на строительство скважин обуславливает широкое распространение полимерглинистых буровых растворов. Такие растворы содержат в своем составе акриловые полимеры, механизм действия которых основан на физико-

химических явлениях, связанных со структурой полимера, его концентрацией и характером внутреннего взаимодействия дисперсной системы.

На данном этапе развития промывочных жидкостей приоритетной задачей была высокая скорость бурения при низкой аварийности, а сохранению коллекторских свойств не уделялось должного внимания. Это привело к значительному ухудшению характеристик продуктивных пластов, и как следствие, к снижению дебита скважин. В связи с этим, на следующем этапе развития промывочных жидкостей, вектор приоритета сменился в сторону сохранения коллекторских свойств продуктивных горизонтов, что привело к переходу на применение безглинистых буровых растворов, которые содержат в своем составе биополимеры и природные модифицированные полимеры.

Биополимеры – полимеры, встречающиеся в природе в естественном виде, они входят в состав живых организмов, например, полисахариды: целлюлоза, крахмал, ксантан и др.. Природные модифицированные полимеры – это результат химической модификации биополимеров, которая заключается в изменении повторяющихся частей полимеров. Модифицированные полимеры представляют собой смесь полимергомологов общей формулы $[C_6H_7O_2(OH)_3]_{2n}$, при этом они отличаются величиной длиной цепей.

Полимерные безглинистые буровые растворы получили широкое распространение, в связи с тем, что они отвечают всем требованиям промывки скважин. Данный тип буровых растворов обладает псевдопластичностью и позволяет регулировать реологические параметры в широком диапазоне, что в свою очередь позволяет обеспечить эффективную работу ПРИ за счет резкого уменьшения величины вязкости при высоких значениях скорости сдвига и мгновенной фильтрации, а в то же время – достаточно высокую выносящую способность за счет восстановлении структуры при низких скоростях сдвига. Применение полимерных безглинистых растворов характеризуется снижением гидравлических сопротивлений в трубном пространстве с турбулентным потоком, что влечет уменьшение гидродинамического давления, а следовательно, оказывается меньшее негативное влияние на пласт. Благодаря

тому, что такие системы промывочных жидкостей, обладают вязкоупругими свойствами, они могут увеличивать фильтрационное сопротивление пористой среды, снижая вероятность ГРП [15].

1.3.2 Факторы, влияющие на выбор бурового раствора

При выборе типа промывочной жидкости необходимо учитывать, что каждый буровой раствор имеет границы применимости, в связи с этим выбор типа бурового раствора осуществляется для достижения следующих целей:

- ограничение возможности возникновения необратимых процессов при вскрытии продуктивных пластов;
- достижение такого соответствия свойств бурового раствора геолого-техническим условиям, при котором исключается или минимизируется вероятность возникновения различных осложнений [17].

При выборе промывочной жидкости для бурения скважин, особенно если скважина является высокотемпературной или с высоким значением температуры и давления, необходимо учитывать целый ряд факторов, к которым относятся следующие:

− Температура. Необходимо оценить стабильность промывочной жидкости и включаемых в нее добавок в условиях высоких температур.

− Устойчивость стенок скважины. От плотности бурового раствора напрямую зависит стабильность стенок скважины, в том числе глинистых сланцев. В связи с этим, при выборе типа промывочной жидкости необходимо определить то, как будут реагировать пласты, через которые будет проводиться скважина, на компоненты бурового раствора.

− Плотность раствора. Подбор рецептуры буровых растворов с малой плотностью осуществляется проще, чем растров с повышенной плотностью. В случаях, когда необходимо обеспечить высокие значения плотности промывочной жидкости, обычно применяют растворы на углеводородной основе, либо дисперсный раствор на водной основе. Однако растворы на

углеводородной основе не могут применять повсеместно, так, например, при разведочном бурении используют буровые растворы на водной основе, поскольку применение РУО затрудняет обнаружение флюидопроявления из-за растворимости газа [18].

− Вероятность загрязнения бурового раствора. В процессе бурения в буровой раствор могут попадать различные загрязняющие вещества, например, сероводород (H_2S), углекислый газ (CO_2), различные соли и др.. При наличии вероятности загрязнения бурового раствора, рекомендуется использовать буровые растворы на углеводородной основе, так как они в меньшей степени подвержены воздействию большинства химических загрязняющих веществ.

− Экологическая безопасность. Выбранный состав бурового раствора должен соответствовать всем местным нормативным требованиям экологической безопасности и обеспечивать надежное управление скважиной.

− Экономическая эффективность. Стоимость выбранной системы бурового раствора должна быть минимальной, без ущерба качеству. Решение о применение той или иной системы (РУО, раствор на водной основе, раствор на синтетической основе) принимается исходя из произведенного анализа базовой стоимости системы, имеющейся в наличии системы очистки бурового раствора, предполагаемой скорости проходки, вероятности наличия зон поглощения и других факторов [18].

1.4 Основные компоненты в составе буровых растворов

Основным способом регулирования технологических свойств буровых растворов (фильтрационных, реологических, структурно-механических и др.) является химическая обработка используемых промывочных жидкостей с помощью специализированных присадок – химических реагентов. Далее приведены основные реагенты, использующиеся для регулирования тех или иных свойств бурового раствора [19].

Понизители водоотдачи – снижают проницаемость фильтрационной корки за счет стабилизации дисперсной системы, помимо этого, могут оказывать влияние на реологические свойства. Примерами понизителей водоотдачи могут служить: карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ); метас и его модификация – реагент М-14; жидкий или порошкообразный углещелочной реагент (УЩР); конденсированная сульфитно-спиртовая барда (КССБ); торфощелочной реагент (ТЩР); гипан и его аналоги (К-4, К-9); лакрис-20; полиакриламид (ПАА) и др..

Понизители вязкости – способствуют созданию гидратированных оболочек на частицах твердой фазы, тем самым создавая блокировку их активных участков. Большинство реагентов, входящих в состав бурового раствора, оказывают влияние на показатель водоотдачи (снижают количество выделяющего фильтрата и положительно влияют на качество фильтрационной корки). Примерами понизителей водоотдачи могут служить: феррохромлигносульфонат (ФХЛС); оксил и др..

Ингибиторы гидратации глин и глинистых пород – предотвращают или замедляют процесс гидратации глин, помимо этого, способствуют увеличению вязкостных и прочностных характеристик бурового раствора. Примерами ингибиторов глин могут служить: силикаты: Na_2SiO_3 и K_2SiO_3 (натриевое или калиевое жидкое стекло); хлориды: NaCl, KCl и $CaCl_2$; сернокислое железо; сернокислый алюминий; минерализатор МИН-1 и др. [19].

Регуляторы жесткости – активизируют основные компоненты жидкой фазы бурового раствора. В качестве регулятора жесткости жидкой фазы в большинстве случает используют кальцинированную соду в сухом порошкообразном состоянии или в виде водного (10-15%) раствора.

Регуляторы щелочности – создают необходимую кислотно-щелочную среду, которая обеспечивает эффективность действие материалов, применяемых для приготовления буровых растворов. Примерами регуляторов щелочности могут выступать: гидроксиды натрия и калия.

Смазывающие реагенты – снижают потери энергии на трение бурового инструмента о горные породы и уменьшают крутящий момент, передаваемый на

бурильную колонну. Помимо этого, смазывающие добавки увеличивают стойкость породоразрушающего инструмента и снижают вероятность прихватов. Примерами могут выступать: реагент СМАД-1; сульфонол и др..

Эмульгаторы – способствуют образованию эмульсии с антивибрационными свойствами. Наиболее часто эмульгаторы при строительстве скважин с использованием буровых растворов на углеводородной основе. Примерами эмульгаторов могут служить: эмульгирующая кожевенная паста (ЭКП); омыленная смесь гудронов (ОСГ) и др..

Термостабилизаторы – способствуют повышению эффективности применения защитных реагентов в условиях высоких температур (более 100°С), при этом сохраняя необходимую подвижность бурового раствора. Примерами таких реагентов могут служить: хроматы и бихроматы щелочных металлов [19].

Пенообразователи – специальные поверхностно-активные вещества, которые применяются для создания аэрированных буровых растворов и пен. Применение данных типов промывочных жидкостей характеризуется снижением коэффициента трения бурового инструмента, что способствует увеличению механической скорости бурения и стойкости породоразрушающего инструмента. Примерами пенообразователей могут служить: смачиватель «Прогресс»; смачиватель ОП-10 и др..

Пеногасители – способствуют ограничению процесса пенообразования при физико-химическом взаимодействии бурового раствора с различными солями, обработке бурового раствора пенообразующими добавками и при насыщении бурового раствора газом при разбуривании продуктивных горизонтов, содержащих газ. Примерами могут служить: соапсток и ПВ- 1 [19].

Ингибиторы коррозии – предотвращают либо замедляют процесс коррозионного разрушения металла. Ингибиторы коррозии снижают интенсивность электродных процессов, за счет изменения их кинетики, помимо этого, некоторые ингибиторы коррозии способны создавать пленку на поверхности металла (оксидную и др.), предотвращая его разрушение.

Утяжелители – способствуют увеличению плотности промывочных жидкостей. Потребность регулирования плотности обуславливается необходимостью в поддержании заданного значения гидростатического давления в стволе скважины. Наиболее распространенным видом утяжелителя бурового раствора может служить баритовый концентрат.

1.4.1 Полимеры в составе буровых растворов

Полимер представляет из себя крупную молекулу (молекулярный вес до нескольких миллионов), которая состоит из идентичных друг другу повторяющихся частей – мономеров. При соединении мономеров друг с другом происходит полимеризация и образуется более крупна молекула – полимер. По структуре макромолекулы полимеры можно разделить на три группы: линейные, разветвленные и пространственные (сшитые).

Линейные полимеры (рис. 1.7) – полимеры с длинной цепью, состоящие из последовательно соединенных друг с другом звеньев. Линейные полимеры характеризуются тем, что увеличение молекулярной массы цепи осуществляется за счет использования только двух валентностей углерода, в то время как остальные валентности соединяются с функциональными группами или водородом. Цепи линейных полимеров изгибаются в различных направлениях или сворачиваются клубком. Примерами природных линейных полимеров могут служить: целлюлоза, амилоза (составная часть крахмала) натуральный каучук, а из синтетических – капрон, полиэтилен низкого давления, найлон и др. [20].

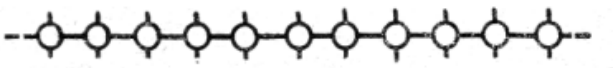

Рисунок 1.7 – Линейные полимеры

Разветвленные полимеры (рис. 1.8) – длинные цепи с короткими боковыми ответвлениями. Данный тип полимеров образуется в случаях, когда увеличение макромолекулы полимера осуществляется за счет третьей или третьей и четвертой валентности углерода. Растворимость разветвленных

полимеров зависит от количества разветвлений. В качестве добавок в буровые растворы могут применяться полимеры, число разветвлений которых позволяет растворяться в дисперсионной среде. Яркими примерами таких полимеров являются крахмал, полиэтилен высокого давления, амилопектин (компонент крахмала), ксантановая смола.

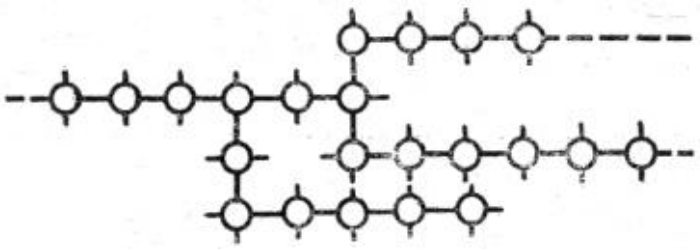

Рисунок 1.8 – Разветвленные полимеры

Пространственные (сетчатые, низкоэластичные) полимеры (рис.1.9) – длинные цепи, связанные (сшитые) поперечными связями. Такая макромолекула имеет три измерения в пространстве. Пространственные полимеры представляют собой совокупность линейных или разветвленных полимером, которые связаны между собой поперечными связями, которые обеспечивают их нерастворимость в дисперсионной среде. Свойства полимеров различного строения представлены в таблице 1.1 (приложение I).

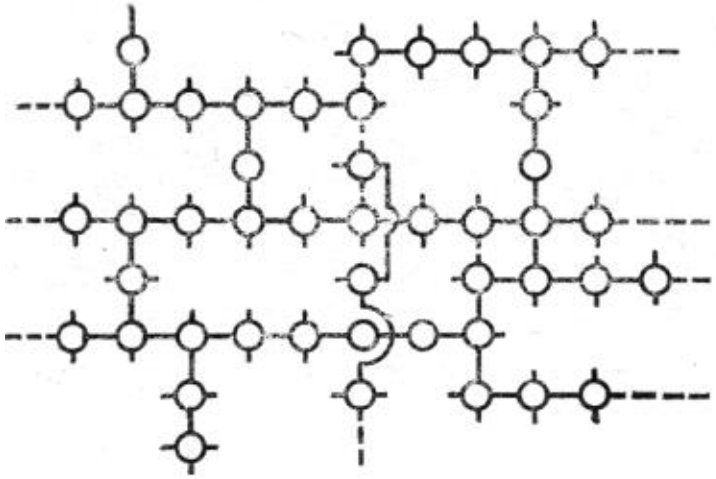

Рисунок 1.9 – Сшитые полимеры

Характеристики высокомолекулярных соединений определяются несколькими основными параметрами: вид функциональных групп; наличие

сильно отличающихся по энергии связей; гибкость цепей и др. [21]. Вращение цепей осуществляется при неизменных валентных углах молекул из атомов с одинарной связью. Данный процесс обуславливает образование различных структур, которые способны переходить из одной в другую без разрыва химических связей (рис. 1.10). Наличие двойной связи в смежных атомах оказывает положительный эффект на подвижность цепи. За счет вращения цепи макромолекула может изменять свою пространственную форму (спираль, клубок, глобула или вытянутая форма) в зависимости от параметров среды: температуры, минерализации и щелочности [9].

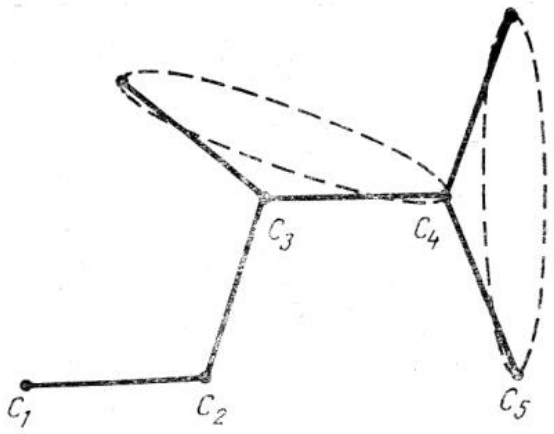

Рисунок 1.10 – Закручивание цепи полимера при неизменных валентных углах

Гибкость макромолекулы зависит от многих факторов: температура; концентрация полимера; число и вид полярных групп; длина и число боковых цепей и др.. Наиболее гибкими являются линейные полимеры за счет большого количества одинарных связей, а также за счет зигзагообразной формы макромолекул. Разветвленные полимеры, в сравнении с линейными, в меньшей степени подвержены конформации, за счет того, что боковые цепи у таких полимеров короткие и часторасположенные, что обеспечивает жесткость макромолекул (создается энергетический барьер для вращения отдельных звеньев). Разветвленные полимеры в растворах способны образовывать мицеллы (глобулярные агрегаты), которые объединяют большое количество молекул вещества, однако процесс мицеллообразования может протекать только при определенных концентрациях полимера. Разветвленные полимеры часто относят

в коллоидным поверхностно-активным веществам, так как они схожи с ПАВ по свойствам.

Как упоминалось ранее, гибкость макромолекулы зависит от температуры, так повышение температуры среды приводит к увеличению подвижности макромолекул, а понижение – к уменьшению. При низких значениях температуры линейным полимерам свойственно растягиваться и кристаллизоваться. Гибкость макромолекул зависит также и от концентрации полимеров: чем выше концентрация полимера в растворе, чем ниже гибкость. Полимеры, в макромолекуле которых содержатся полярные функциональные группы, обладают ограниченной гибкостью (менее подвижны) из-за возможных взаимодействий. Примерами таких полимеров могут служить: полиакрилаты и эфиры целлюлозы [9].

Полимеры с длинной цепью и высокой молекулярной массой, в составе бурового раствора, обычно используются для инкапсулирования частиц шлама (предотвращают их диспергирование) и ингибирования сланцев, или для повышения вязкости и снижения показателя фильтрации. Для этих целей доступно множество полимеров, такие как целлюлоза, природные камеди и акриламид. Иногда для усиления ингибирования глин добавляют соли KCl и NaCl. Обычно такие системы содержат в своей рецептуре минимальное количество глины и могут быть чувствительны к воздействию двухвалентных катионов, таких как кальций и магний. Обычно используемые полимеры имеют температурный предел использования до 167 °C, но при соблюдении определенных условий могут использоваться в более горячих скважинах. Специальный класс буровых растворов на водной основе использует частично гидролизованный полиакриламид в качестве инкапсулятора частиц шлама или как загуститель буровых растворов, содержащих глину.

Полимеры, применяемые в бурении, можно классифицировать по различным признакам (по химическому строению, по функциональному назначению, по происхождению), на рисунке 1.11 представлена классификация, предлагаемая авторами [15] работы.

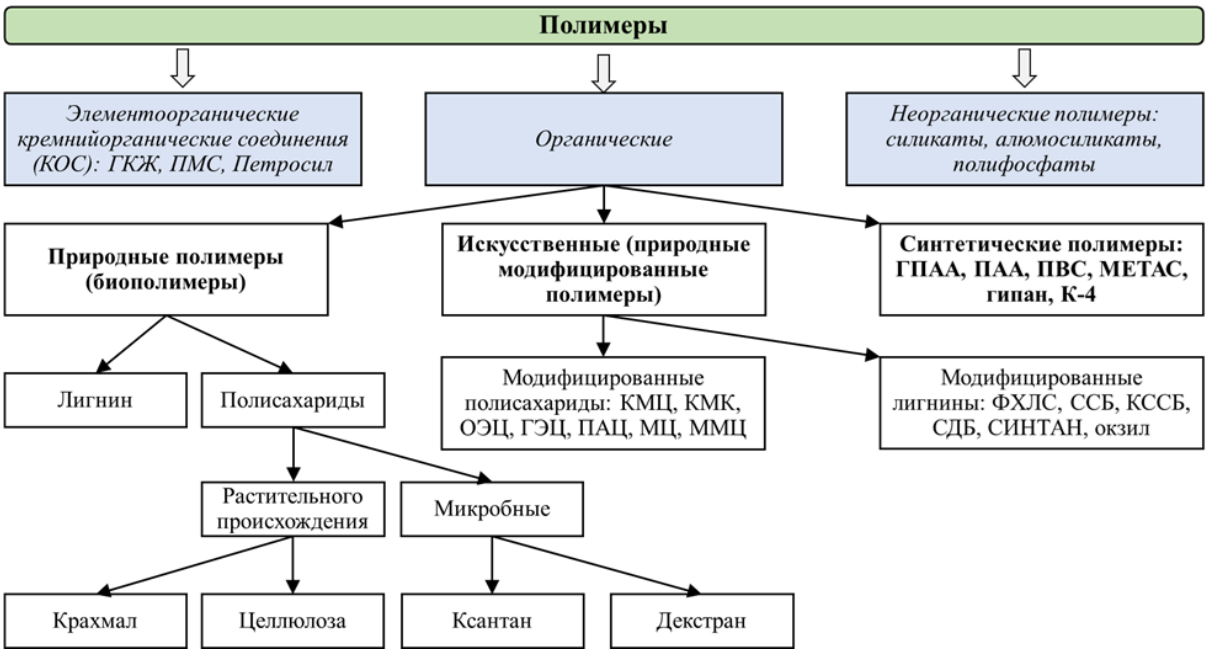

Рисунок 1.11 – Классификация полимеров, применяемых в буровых растворах

1.4.2 Классификация полимеров по направленности действия

Полимеры нашли широкое применение в бурении в качестве добавок к промывочным жидкостям. Применение полимерных добавок в промывочных жидкостях позволяет оптимизировать реологические параметры раствора – высокая псевдопластичность (увеличение вязкости раствора при низких скоростях сдвига и снижение вязкости при высоких). Буровые растворы, содержащие в своем составе полимеры, характеризуются низким значением эффективной вязкости в трубном пространстве бурильной колонны, в забойном двигателе и на насадках долота. Данная особенность полимерсодержащих буровых растворов обеспечивает снижение потерь давления, что позволяет увеличить гидродинамическую мощность на забойном двигателе и долоте, а, следовательно, приводит к увеличению скорости проходки. В затрубном (кольцевом) пространстве скважины и в системе очистки, т.е. при низких значениях скорости сдвига, вязкость бурового раствора, содержащего полимеры, значительно возрастает, а, следовательно, улучшается качество очистки ствола скважины от частиц выбуренной породы, а также удерживающая способность

раствора. По направленности действия полимеров в буровых растворах можно выделить несколько основных типов:

- флокулянты общего и селективного действия;
- загустители;
- сшивающие агенты;
- регуляторы водоотдачи;
- стабилизаторы неустойчивых пород.

Большинство полимерных реагентов в буровом растворе являются добавками многоцелевого назначения, т.е. они могут выполнять одновременно несколько функций. Преимущественно полимеры применяют для регулирования водоотдачи промывочной жидкости, а также для увеличения ее вязкости. Существуют несколько факторов, которые обуславливают выбор того или иного полимера: температурные условия в скважине (термостойкость полимеров); тип применяемой промывочной жидкости; реагенты, входящие в состав бурового раствора; устойчивость к ферментации и сдвигу; щелочность среды; реологические модификации и сохранность продуктивных свойств пласта [22].

Флокулянты общего действия.

В качестве флокулянтов общего действия полимеры применяют при бурении скважин, в разрезе которых встречаются крепкие горные породы и слабоуплотненные сланцы. Перед закачкой бурового раствора в скважину, после прохождения им системы очистки, он поступает в резервный амбар, где за счет действия флокулянтов осаждается твердая фаза. Осаждение твердой фазы не всегда происходит под действием флокуляции, в связи с этим зачастую уменьшают их гидрофильность за счет введение в систему различных солей.

Флокулянты селективного действия.

Флокулянты селективного действия – полимеры, увеличивающие выход бурового раствора, т.е. связывающие между собой глинистые частицы. Данные реагенты способствуют осаждению флокулированных частиц твердой фазы бурового раствора. Применение флокулянтов селективного действия позволяет регулировать содержание твердой фазы в растворе, а также обеспечивает

качественную очистку ствола скважины. Механизм действия данных реагентов заключается в том, что после флокуляции бентонит остается в растворе во взвешенном состоянии, а более крупные гидрофильные частицы осаждаются после флокуляции [20].

Загустители.

Полимерные добавки могут увеличивать вязкость бурового раствора по двум основным механизмам. Первый заключается в самостоятельном загущении промывочной жидкости полимером, либо в сочетании с другими реагентами, входящими в состав раствора, а второй – в повышении вязкости раствора в результате взаимодействия полимера с бентонитом.

Вода, содержащаяся в буровом растворе способна проникать в скелет водорастворимых полимеров с образованием водородных связей, что приводит к набуханию и раскручиванию полимера. В связи с этим, некоторые полимерные реагенты могут применяться для загущения чистой воды: полианионная целлюлоза (ПАЦ), ксантановые смолы. Водорастворимые полимеры, помимо самостоятельного загущения промывочной жидкости, способны соединяться с компонентами, входящими в состав раствора (утяжелитель, частицы выбуренной породы и т.д.), что также приводит к увеличению вязкостных характеристик. В связи с этим, вязкость системы определяется как совокупность влияния полимеров и компонентов раствора. Полимерные добавки способны адсорбироваться на глинистых частицах, что также оказывает влияние на вязкость раствора. Увеличение объема добавок приводит к усилению адсорбции, а полимер оказывает селективное влияние на вязкость раствора. В качестве наиболее эффективной полимерной добавки для регулирования вязкости бурового раствора выступают природные полимеры.

Второй механизм загущения бурового раствора полимерными добавками характеризуется взаимодействием полимера с бентонитом. Анионные полимеры способны взаимодействовать (присоединяться к концу поломанной связи) с глинистыми частицами при низких концентрациях. Полимер присоединяется (адсорбируется) к глинистой частице одним концом цепи, а следовательно,

другой конец полимера способен присоединяться к другим частицам. Таким образом, происходит сшивание глинистых частиц между собой, что приводит к увеличению вязкости системы. Данный механизм загущения бурового раствора полимером способствует увеличению выхода глинистого раствора, при этом содержание твердой фазы в растворе не возрастает. Добавление в промывочную жидкость полимера, который удерживает выход глинистого раствора, приводит к резкому увеличению вязкости системы за счет повышения концентрации полимера.

В неутяжеленных буровых растворах стараются поддерживать вязкость системы на пиковом значении для того, чтобы минимизировать количество бентонита. В случаях, когда в качестве утяжелителя бурового раствора выступает барит, вязкость системы повышают увеличением концентрации полимера, однако вязкость будет ниже, чем при использовании бентонита. Диапазон регулирования вязкости раствора зависит от концентрации полимера и от количество твердой фазы одного и того же типа – чем больше объем, тем шире диапазон [20].

Образование поперечных связей.

Образование поперечных связей оказывает как положительное, так и отрицательное действие. Образование сшитых полимеров (с поперечными связями) зачастую происходит в результате противодействующих реакций. Образование сшитых полимеров в буровом растворе может привести к снижению вязкости системы, водоотдачи, потери гидратации и т.п. В результате образования поперечных связей, некоторые полимерные реагенты осаждаются (КМЦ, SP-10I, крахмал и др.) при условии высокой концентрации кальция и высокой щелочности среды.

Регулирование водоотдачи.

В состав фильтрационной корки, помимо кольматанта и выбуренной породы, входят различные добавки бурового раствора, в первую очередь регулятор реологических свойств и понизитель фильтрации, к которым относятся полимерные реагенты. Эффективность регулирования водоотдачи

полимерными добавками зависит от типа, объема полимера и размера молекул, так как они оказывают непосредственное влияние на проницаемость фильтрационной корки. Понижение водоотдачи достигается за счет:

- образования глинистой пленки;
- образования шарообразных пробок из молекул к состоящих из длинных цепей, которые затем сворачиваются в клубок;
- закупоривания пор глинистой корки натрий-карбоксиметилцеллюлозой (Na-КМЦ), ПАЦ и другими полиэлектролитами в результате их адсорбции на глинистых частицах.

Повышение устойчивости стенок скважины.

Насилие в буровом растворе полимерных реагентов позволяет повысить устойчивость стенок скважин (предотвращение обвалов стенок и диспергирования глин). Полимерные добавки не могут полностью решить проблему устойчивости стенок скважин, в разрезе которых присутствуют гидрофильные породы, однако они способствуют сохранению устойчивости глинистых сланцев за счет адсорбции полимеров на глинистых частицах. Использование систем, содержащих полимеры, характеризуется снижением неустойчивости стенок скважины и диспергирования глин, в сравнении с растворами, которые не содержат в своем составе полимер. Полимер со временем загущает воду, а, следовательно, затрудняет ее проникновение в трещины глинистых пород, следовательно снижается диспергирование глин.

1.4.3 Акриламид и полиакриламид

Акриламид (АА) – амид акриловой кислоты, номенклатурное название – 2-пропенамид (CH_2=CHC(O)NH_2). Акриламид представляет собой бесцветные кристаллы без запаха. Температура плавления 84,5±0,3℃, температура кипения 215℃, молекулярная масса – 71,08 г/моль, акриламид хорошо растворяется в воде, метаноле, этаноле и ацетоне. Акриламид является мономером для синтеза полиакриламидов.

Полиакриламиды – общее название группы карбоцептных полимеров и сополимеров на основе акриламида (рис. 1.12 а) и других ненасыщенных амидов. В эту группу входят – неионогенный полимер (рис. 1.12 б), его анионные производные (рис. 1.12 в, г), например, частично гидролизованный полиакриламид (рис. 1.12 в) и катионные производные (рис. 1.12 д). Полиакриламиды — это водорастворимые синтетические линейные полимеры, получаемые из акриламида или комбинации акриламида и акриловой кислоты. Полимеры и сополимеры с разной молекулярной массой, химическим составом, молекулярно-массовым распределением и распределением звеньев исходных мономеров вдоль цепи, разветвленные, сшитые и линейные выполняют различные функции [23].

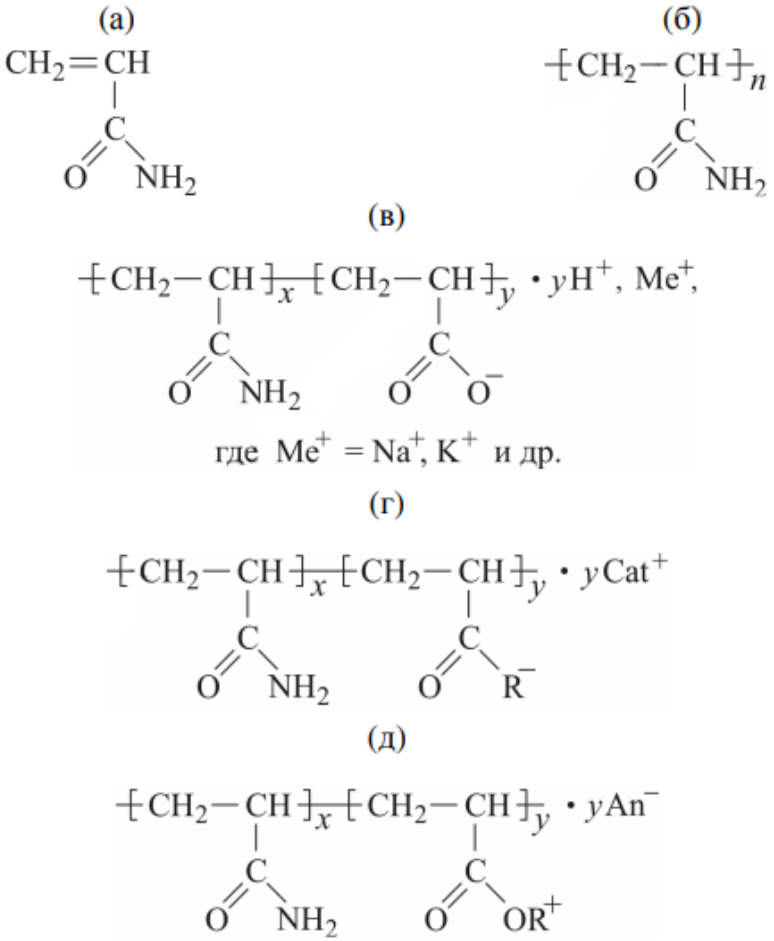

Рисунок 1.12 – Структурные формулы полиакриламида [23]

Акриламид впервые был получен в результате синтеза, который был проведен в 1893 года, однако его производство в промышленных масштабах

началось лишь в начале 50-х годов прошлого века, такая временная пауза обуславливается плохой сырьевой базой. Широкое распространение высокомолекулярных веществ на основе акриламида обуславливается его способностью к полимеризации при участии радикальных инициаторов, а также тем, что такие полимеры могут применяться для различных целей. Изначально полимеры на основе акриламида применялись при обработке урановых руд в качестве флокулянта для осаждения шлама фосфоритов. После этого полиакриламид стал применяться в различных областях промышленности, медицине и сельском хозяйстве. Преимущественно полиакриламид применяется в качестве загустителя, смазочной добавки, структурообразователя, адгезива и пленкообразователя. Полиакриламид применяется в бурении в качестве добавки в буровой раствор. Полиакриламид подвергается термическому разложению при температуре от 175 до 300°С, что позволяет применять его в буровых растворах для бурения в сложных горно-геологических условиях.

В нефтяной области широкое распространение получили системы полиакриламида. Полимеры и сополимеры акриламида в бурении являются добавками многоцелевого назначения, т.к. они выступать в качестве эффективных флокулянтов, шлихтующих добавков, флотореагентов, диспергаторов, загустителей (способствуют повышению реологических свойств), агентов уменьшения гидродинамического сопротивления жидкостей, структурообразователей для почв (повышается устойчивость стенок скважин) и др.. Полимеры на основе акриламида применяются и в нефтехимии, преимущественно в качестве понизителя фильтрации. Полиакриламид является эффективным понизителем фильтрации только в глинистых буровых растворах и является малоэффективным в буровых растворах, которые не содержат твердой фазы. Однако в качестве добавки, повышающей вязкость водной фазы, является эффективным и в безглинистых системах, в том числе, в минерализованных водных растворах.

1.5 Заключение по литературному обзору

В процессе изучения и анализа литературных источников, связанных прямо и/или косвенно с темой исследования «Исследование влияния добавок на основе полиакриламида в составе бурового раствора на его технологические характеристики» были получены следующие результаты.

– Рассмотрены основные свойства буровых растворов.

– Отмечены функции, выполняемые буровым растворов, а также требования, которые к ним предъявляются.

– Рассмотрены существующие типы буровых растворов, при этом было уделено особое внимание полимерсодержащим буровым растворам.

– Обозначены основные факторы, определяющие выбор бурового раствора.

– Рассмотрены основные компоненты, входящие в состав бурового раствора, а также их назначение.

– Отмечены полимеры, применяющиеся в качестве добавок для бурового раствора, их структура, а также приведена их классификация по направленности действия.

– Рассмотрены полимерные добавки на основе акриламида для буровых растворов.

На основании проведенного литературного обзора поставлены задачи исследовать и проанализировать технологические свойства бурового раствора, содержащего в своем составе добавки полимеров на основе акриламида.

2 Экспериментальная часть

2.1 Оборудование, используемое в исследованиях

В данной исследовательской работе использовалось следующее оборудование: лабораторные весы марки AND EK-300i, верхнеприводная мешалка ES-8300 D, фильтр-пресс настольный с модулем давления CO_2 (OFITE), ротационный вискозиметр OFITE 800 и ротационный вискозиметр OFITE 900.

2.2 Методика приготовления модельного бурового раствора

Приготавливается базовый буровой раствор согласно рецептуре, представленной в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Рецептура приготовления базового бурового раствора

Компоненты бурового раствора	Количество, г (мл)
Вода	336
Бикарбонат натрия	1
Глинопорошок «ПБМБ»	14
Карбонат кальция МК-400	40
Полимер	0,8

В данной рецептуре изменяются только полимеры, в то время как все остальные вещества остаются постоянными и в тех же концентрациях. Используются несколько видов полимеров на основе акриламида, как отечественных производителей, так и зарубежных.

Масса веществ, необходимых для проведения исследований, измеряется на лабораторных весах AND EK-300i (рисунок 2.1), данные весы обладают следующими техническими характеристиками:

- класс точности
- Высокий – II (ГОСТ 53228-08);
- предел взвешивания 300 гр;
- 9 единиц измерения (грамм, карат, фунт, унция и т.д.);

– дискретность 0,01 гр;

Рисунок 2.1 – Весы лабораторные AND EK-300i

В начале приготовления растворов дистиллированная вода, в необходимом объеме, ставится на постоянное перемешивание под перемешивающееся устройство ES-8300 D (рисунок 2.2), при этом скорость перемешивания составляет 300-600 об/мин. Все необходимые вещества вводятся в воду небольшими порциями для наилучшего растворения, добавление веществ осуществляется в следующей последовательности:

1. Бикарбонат натрия – перемешивается не менее 5 минут.
2. Глинопорошок – перемешивается не менее 30 минут, с периодической очисткой лопастей мешалки от налипшей глины (каждые 5 мин).
3. Карбонат кальция – перемешивается не менее 10 минут.

После того, как все реагенты добавлены в раствор, он выдерживается при комнатной температуре в герметически закрытом контейнере не менее 16 часов.

Рисунок 2.2 – Перемешивающее устройство ES-8300 D

После выдержки базового бурового раствора он перемешивается в течение 15 минут, а затем в него медленно добавляется полимер при постоянном перемешивании. Перемешивание раствора с полимером осуществляется не менее 30 минут с периодической очисткой лопастей мешалки от налипшего полимера (каждые 5 мин). После приготовления бурового раствора с полимером, он выдерживается не менее 16 часов.

2.3 Методика измерения реологических свойств буровых растворов при нормальных условиях

Чтобы установить характер зависимости между касательными напряжениями и скоростями сдвига и определить значения показателей реологических свойств бурового раствора использовался ротационный вискозиметр OFITE-800 (рис. 2.3).

Рисунок 2.3 – Ротационный вискозиметр OFITE 800

1 – платформа вискозиметра; 2 – риска на муфте ротора; 3 –ручка выбора скорости; 4 – смотровое окно (для регистрации показаний на шкале лимба)

Принцип действия основан на измерении угла кручения пружины. Основным элементом прибора является пара вертикальных соосных цилиндров, в зазор между которыми заливается исследуемый буровой раствор. Внешний цилиндр может вращаться с различными частотами, при вращении гильзы между концентрическими слоями бурового раствора, находящегося в кольцевом зазоре

вискозиметра, возникают касательные напряжения сдвига и обусловленный ими крутящий момент, который передается внутреннему цилиндру. В результате чего, внутренний цилиндр поворачивается вокруг своей оси до тех пор, пока момент, развиваемый касательными напряжениями сдвига, не станет равным моменту закручивания пружины. Угол поворота внутреннего цилиндра, пропорциональный величине касательных напряжений сдвига, фиксируется по шкале прибора.

Скорость сдвига для ротационного вискозиметра:

$$\gamma = 1{,}703 \cdot w \qquad (2.1)$$

где w – частота вращения ротора вискозиметра, об/мин.

Порядок проведения измерения реологических параметров и напряжения сдвига при разных скоростях вращения ротора.

1. Произвести сборку прибора: накрутить боб и внешний цилиндр.
2. Наполните стакан необходимым объемом бурового раствора (до риски) и поставьте его на платформу вискозиметра.
3. Поднять платформу вверх до тех пор, пока уровень жидкости в стакане не сравняется с риской на муфте ротора.
4. Повернуть ручку выбора скорости в положение STIR и перемешать раствор в течении нескольких секунд.
5. Установить ручку выбора скорости в положение 600 об/мин, дождаться стабилизации шкалы лимба и записать показания.
6. Повернуть ручку выбора скорости в положение 300 об/мин, дождаться стабилизации шкалы лимба и записать показания.
7. Проделать ту же операцию для скорости вращения ротора 200, 100, 60, 30, 6, 3 об/мин.
8. По результатам проведенных исследований произвести расчет реологических параметров:

Пластическая вязкость (PV), сП

$$PV\ (сП) = R_{600} - R_{300}, \qquad (2.2)$$

где R_{600} – показания вискозиметра при 600 об/мин

R_{300} – показания вискозиметра при 300 об/мин.

Кажущаяся вязкость (AV), сП

$$AV\ (сП) = R_{600}/2 \quad (2.3)$$

Динамическое напряжение сдвига (YP), Па (фунт/100 фут^2)

$$YP\ (фунт/100фут^2) = R300\text{-}PV \quad (2.4)$$

Для перевода в дПа умножить значение, полученное в единицах фунт/100 фут^2 на коэффициент 4,78.

Порядок проведения измерения статического напряжения сдвига.

1. Повернуть ручку выбора скорости в положение STIR и перемешать образец в течении нескольких секунд.

2. Повернуть ручку выбора скорости в положение GEL и сразу отключить питание прибора.

3. После того, как муфта прекратит вращение, засечь время (10 сек) и снова включить питание прибора, при этом необходимо следить за показаниями шкалы. Зафиксировать и записать максимальное отклонение шкалы относительно стрелки, предшествующей разрушению геля, т.е. предельное десятисекундное СНС.

4. Аналогичным образом производится измерения десятиминутного предельного СНС, только в этом случае необходимо выждать время, равное десяти минутам.

2.4 Методика измерения фильтрационных свойств буровых растворов при нормальных условиях

Для определения фильтрационных свойств бурового раствора использовался настольный фильтр-пресс OFITE с модулем давления CO_2 (рисунок 2.4).

Конструкция фильтр-пресса низкого давления OFITE включает в себя корпус ячейки для бурового раствора, узла создания давления и основания с ситом и фильтровальной бумагой.

Рисунок 2.4 – Настольный фильтр-пресс с модулем давления CO_2

Порядок проведения измерения фильтрационных свойств.

1. Установить мерный цилиндр на подставку (объем цилиндра должен быть больше предполагаемого выхода фильтрата).

2. Наполнить стакан прибора буровым раствором, закрыть стакан крышкой с модулем давления и закрепить на подставке.

3. Поместить баллон сжатого газа в специальный отсек модуля давления CO_2, предварительно закрыв клапан.

4. Повернуть кран подачи газа в систему и ориентируясь на показания манометра повысить его до необходимого значения, при этом засечь время на секундомере.

5. По истечению 30 минут закрыть кран на модуле давления CO_2 и стравить газ, открыв клапан, разобрать прибор, слить буровой раствор и извлечь фильтровальную бумагу.

6. Произвести визуальную оценку объема выделившегося фильтрата по мерному цилиндру, промыть фильтровальную бумагу с фильтрационной коркой под слабой струей проточной воды и произвести замер ее толщины с помощью штангенциркуля.

2.5 Методика измерения реологических свойств буровых растворов в условиях высоких температур

Для определения реологических и структурно-механических характеристик бурового раствора в условиях высоких температур, применялся ротационный вискозиметр OFITE 900 (рисунок 2.5).

Рисунок 2.5 – Ротационный вискозиметр OFITE 900

Принцип работы вискозиметра OFITE 900 аналогичен с принципом работы вискозиметра OFITE 800, рассмотренным в пункте 2.3. Основное отличие данных моделей вискозиметров заключается в том, что 900 модель вискозиметра проводит исследования и фиксирует показания прибора в автоматическом режиме, а также позволяет проводить исследования при высоких значениях температуры, близких к пластовым условиям.

Порядок проведения измерения реологических параметров и напряжения сдвига при разных скоростях вращения ротора.

1. Произвести сборку прибора (накрутить боб и внешний цилиндр), подключить прибор к источнику питания произвести его калибровку (нажать кнопку «ENTER», при этом муфта с бобом и термопара не погружаются в жидкость).

2. Наполнить стакан до метки буровым раствором и поставьте его в рубашку, а затем на платформу вискозиметра.

3. Поднять платформу вверх до тех пор, пока уровень жидкости в стакане не достигнет риски на муфте ротора, плотно затянуть стопорную гайку на платформе.

4. Задать необходимое значение температуры для проведения исследования (зайти в меню «SET UP», ввести требуемое значение, затем нажать кнопку «ENTER») поместить термопару в стакан, включить нагревательный элемент и подождать, пока раствор нагреется до нужной температуры.

5. Выбрать нужное испытание, нажав на соответствующую кнопку – «MUD» (определение пластической вязкости, ДНС и СНС бурового раствора).

6. Дождаться звукового сингала, оповещающего об окончании измерения, и зафиксировать величины измеренных параметров на электронном табло прибора.

2.6 Определение устойчивости полимеров к солевой агрессии

Для определения устойчивости полимеров к солевой агрессии необходимо приготовить водные растворы исследуемых солей определенной концентрации и добавить в них исследуемые образцы полимеров.

2.7 Обработка полученных экспериментальных данных

Полученные экспериментальные данные обрабатываются путем представления их в графическом виде. По результатам экспериментов были построены графики зависимости реологических, структурно-механических и фильтрационных свойств от полимера при нормальных условиях (н.у.), а также графики зависимости коллоидно-реологических свойств от полимера в условиях высоких температур. Помимо этого, была сформирована таблица, иллюстрирующая устойчивость полимеров к солевой агрессии.

3 Результаты экспериментальных исследований

В связи с наличием научной новизны результатов исследований данный раздел ВКР не выкладывается.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В связи с наличием научной новизны результатов исследований данный раздел ВКР не выкладывается.

4 Социальная ответственность

Настоящая магистерская диссертация посвящена исследованию влияния полимеров на основе полиакриламида на технологические параметры буровых растворов. В связи с этим в данном разделе магистерской диссертации произведен анализ возможных опасных и вредных факторов при работе с полимерами в лабораторных условиях.

В качестве персонала рассматривается лаборант, рабочим местом которого является Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы» (далее – лаборатория).

В обязанности лаборанта входит выполнение лабораторных испытаний и измерений при проведении исследований. Согласно принятым инструкциям лаборант производит проверку, подготовку и регулировку необходимых для проведения экспериментов приборов. При этом он принимает непосредственное участие в проведении экспериментов: проводит наблюдения, снимает показания, осуществляет все описанные в методике вспомогательные операции, ведет рабочий журнал. В соответствии с рекомендациями научного руководителя лаборант обрабатывает и систематизирует результаты измерений на заключительном этапе [60].

В качестве полимеров акриламида приняты пять полимеров разных производителей. В целях сохранения коммерческой тайны в магистерской диссертации они подписаны под кодовыми названиями (ПР1, ПР2,…, ПР5). В качестве основного бурового раствора использовался глинистый раствор, в состав которого входят вода, бикарбонат натрия, глинопорошок, карбонат кальция.

Основной целью данного раздела является описание мероприятий по обеспечению безопасности человека в процессе ведения производственной деятельности с сохранением его нормальной работоспособности и производительности, а также составление рекомендаций, выполнение которых необходимо для соблюдения требований по охране окружающей среды.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

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

– справочные и нормативные материалы по тематике выполняемой работы;

– методы и средства выполнения технических расчётов, вычислительных и графических работ;

– лабораторное оборудование, контрольно-измерительную аппаратуру и правила его эксплуатации;

– правила и нормы охраны труда, техники безопасности, основы трудового законодательства Российской Федерации, производственной санитарии и противопожарной защиты.

При работе с химическими веществами работающие должны руководствоваться правилами Инструкции №13-107 «По охране труда для работающих с химическими веществами. Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы» (далее – Инструкция №13-107), инструкции по пожарной безопасности и рабочей инструкции по выполняемой деятельности [66].

Порядок приема на работу, нормы выдачи средств индивидуальной защиты, а также общие требования, предъявляемые к соискателям на должность лаборанта, в число которых входят: уровень профессионального образования, стаж работы по специальности, требуемый объем знаний и умений по профессии, приведены в Инструкции №13-107 [66].

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

– проверку знаний инструкции по охране труда;

– первичный инструктаж на рабочем месте;

– действующую инструкцию по оказанию первой помощи пострадавшим в связи с несчастными случаями;

– инструктаж по применению средств защиты, необходимых для безопасного выполнения работ.

Режим работы лаборанта устанавливается согласно трудовому кодексу Российской Федерации [61]: 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:

– 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, перчатки резиновые или из полимерных материалов (по 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 восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены) [61].

Согласно статьям 92, 117, 147 и 219 трудового кодекса РФ 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. Льготное пенсионное обеспечение не предоставляется [61].

4.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и 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.

В лаборатории должно быть энергоснабжение, подводка холодной и горячей воды. Все электрооборудование должно быть заземлено. Разводка коммуникаций к переносным приборам и нестационарному оборудованию должна проводится 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 [66].

В лабораторном помещении должны быть в наличии: аптечка с необходимым набором средств для оказания первой помощи при несчастном случае; первичные средства пожаротушения (огнетушители углекислотные и пенные, сухой песок); индивидуальные, а также коллективные средства защиты от воздействия применяемых химических веществ (халаты, респираторы, спецобувь, защитные очки, защитные перчатки) [66].

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [67] можно выделить следующие вредные и опасные факторы производственной среды, представленные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Этап работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	–	ГОСТ 12.1.007-76 [68] ГОСТ 12.1.038-82 [69] ГОСТ 12.1.019-2017 [70] СП 52.13330.2016 [71] СанПиН 1.2.3685-21 [72] ПНД Ф 12.13.1-03 [73]
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	–	+	+	
3. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
4. Повышенная температура поверхности оборудования	–	+	+	
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	
6. Раздражающие и токсические факторы	–	+	+	

Недостаточная освещенность рабочей зоны 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 рамках данного раздела магистерской диссертации был выполнен расчет системы искусственного освещения, в ходе которого был выбран светильник ПВЛ (2х40), в рассчитываемом помещении необходимо разместить 2 ряда светильников по 3 шт. в ряду, также был выбран тип лампы – лампа ЛД 40 Вт 2300 лм, электрическая мощность осветительной системы составляет 480 Вт. Полный расчет представлен в приложении III.

Недостаток освещения может быть вызван неправильной расстановкой мебели или оборудования, что приводит к появлению тени. Также это может быть обусловлено неправильным расположением осветительных приборов или их недостаточным количеством. Коэффициент естественной освещенности (КЕО) представляет собой отношение освещенности, создаваемой в данной точке помещения светом неба, к одновременной освещенности точки, расположенной на горизонтальной плоскости вне этого помещения и освещенной рассеянным светом неба, выраженное в процентах. Нормативы искусственного, естественного и смешанного типов освещений согласно СП 52.13330 [71] представлены в таблице 5.2 приложения IV. Оптимальные и допустимые нормативные значения показателей микроклимата согласно СанПин 1.2.3685 - 21[72] приведены в таблицах 5.3 и 5.4 в приложении IV.

Отклонение показателей микроклимата в условиях лабораторного помещения может возникать при работе электронагревательных приборов, таких как сушильная печь, масляные и водяные бани (которые также могут провоцировать изменение относительной влажности в помещении), колбонагреватели и электрические печи. Работа этих приборов приводит к

повышению температуры воздуха в помещении и снижению влажности. В результате работник может ощущать чувство сухости кожи, обезвоживание, пересыхание слизистых, что приводит к сниженной работоспособности. Также эти приборы представляют опасность для лаборантов за счет наличия неизолированных нагревательных поверхностей, контакт с которыми при несоблюдении требований безопасности может привести к ожогу.

В качестве категории работ выбрана категория Iб, к которой относятся работы с интенсивностью энергозатрат от 121 до 150 ккал/ч (от 140 до 174 Вт), сопровождаемые незначительными физическими напряжениями и производимые в положениях сидя, стоя, либо связаны с ходьбой.

Оптимальные микроклиматические условия установлены согласно критериям оптимального функционального и теплового состояния человека. Оптимальные микроклиматические условия поддерживают ощущение теплового комфорта в период рабочей смены (8 часов) с обеспечением минимальной работы механизмов терморегуляции. Оптимальные условия предпочтительны для всех рабочих мест, так как не приводят к проявлению отклонений в состоянии здоровья, а также позволяют поддерживать требуемый уровень работоспособности.

Критерии допустимого теплового и функционального состояния человека определяют допустимые микроклиматические условия на период рабочей смены (8 часов). Допустимые микроклиматические условия не вызывают существенных негативных изменений в состоянии здоровья работника, однако, они могут стать причиной возникновения у работающего человека ощущений выхода за пределы оптимального теплового режима. Также в данном случае возможно ухудшение общего самочувствия, дополнительные затраты энергии на терморегуляцию организма работающего и, как следствие этого, снижение его производительности и работоспособности.

Поскольку в лаборатории подавляющая часть оборудования приводится в работу с использованием электрического тока, то возникает вероятность удара электрическим током в случае повреждения изоляции токоведущих частей или

частей оборудования, а также в случае отсутствия заземления. Электрических ток в теле человека может оказывать электролитическое, термическое и биологическое действие. Электролитическое воздействие проявляется через разложение крови на фракции. Термическое воздействие выражается в ожогах, нагреве и повреждении сосудов. Биологическое воздействие проявляется через спазмы, нервные судороги, а также раздражение тканей.

Согласно классификации помещений по степени опасности поражения электрическим током [64], лаборатория по буровым растворам относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствуют условия, которые бы создавали повышенную или особую опасность: полы с керамическим нетокопроводящим покрытием, влажность воздуха не превышает 75%, напряжение в сети менее 380 В переменного и 440 В постоянного тока.

Исследования, связанные с буровыми растворами, так или иначе связаны с возможным контактом лаборанта с химическими реагентами, многие из которых могут представлять опасность для здоровья. По степени воздействия на организм человека все вредные вещества подразделяются согласно ГОСТ 12.1.007-76 [68] на четыре класса: − чрезвычайно опасные (1 класс); − высокоопасные (2 класс); − умеренно опасные (3 класс); − малоопасные (4 класс). Преобладающая часть используемых при исследовании веществ относится к 4 классу опасности (полиакриламид, органобентонит, хлорид кальция, хлорид натрия) и только 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 средства индивидуальной защиты (СИЗ).

4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Для достижения оптимальных значений естественного и искусственного освещений по СП 52.13330.2016 [71], необходимо проводить инженерные расчеты по определению количества дополнительно устанавливаемых

источников света. Также необходимо учитывать направление выхода световых проемов в стенах (окна расположены на одной стороне, географию региона. В случаях, когда конструкция мебели создает тень на рабочей поверхности, например, из-за верхних полок, необходим дополнительное оборудование этих рабочих зон осветительными приборами.

Исследования в лаборатории предполагают работу с кислотами и щелочами, пары которых могут привести к отравлению работников лаборатории. Также высока вероятность выделения газов в результате химических реакций химикатов, которые через дыхательные пути могут попасть в организм человека и нанести ему вред. В качестве коллективных средств защиты выступает шкаф с принудительной приточно-вытяжной вентиляцией, устройство которого позволяет добиться соблюдения нормативных предельно допустимых концентраций (ПДК) паров кислот в рабочей зоне согласно СанПиН 1.2.3685-21[72]. Для предотвращения получения химических ожогов и раздражения кожных покровов согласно ГОСТ 12.4.011-89 [74] всех работников лаборатории при проведении экспериментов необходимо обеспечить такими средствами индивидуальной защиты, как халат, резиновые перчатки, защитные очки, респираторы.

Для исключения поражения электрическим током согласно ГОСТ 12.1.019-2017 [70] в качестве коллективных средств защиты необходимо применить усиленную изоляцию токоведущих частей электрооборудования. 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.

Для соблюдения поддержания показателей микроклимата на оптимальном уровне необходимо использовать систему кондиционирования, увлажнитель воздуха.

4.3 Экологическая безопасность

4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объектами данного научного исследования являются системы полимерглинистых, минерализованных полимер-глинистых и биополимерных буровых растворов на водной основе, содержащих полимеры на основе полиакриламида.

Согласно ГОСТ 17.1.3.06–82 [75] к перечню источников загрязнения подземных вод относятся буровые скважины и другие горные выработки. Количество компонентов и их объемы, используемые при приготовлении промывочных жидкостей, не регламентируются и ограничены только целесообразностью применения. Кроме того, многие компоненты современных буровых растворов являются биоразлагаемыми и не требуют какой-либо обработки для утилизации. Загрязнение окружающей среды может происходить, например, в результате нарушения обваловки и попадания бурового раствора за пределы кустовой площадки. Гораздо большую опасность представляет отработанный буровой раствор, содержащий шлам и примеси нефти. В этом случае производятся необходимые мероприятия по обезвреживанию отходов. 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.

В случае некачественно проведенных подготовительных работ возможен разлив химикатов в непосредственной близости от фонтанной арматуры, установленной на устье скважины. При этом под воздействием на литосферу

будет пониматься химическое загрязнение почвы, что приведет к повышению их кислотности. Закисленные почвы будут иметь заниженную скорость разложения органических веществ, поскольку большая часть грибков и почвенных бактерий погибают в кислой среде. Также повышенная кислотность приводит к растворению соединений алюминия и переходу их в раствор, соединения в котором оказывают токсическое воздействие на корневые системы растений. В результате химического выщелачивания в почве выделяются атомы тяжелых металлов, которые буду поступать в поверхностные воды, что приведет к их загрязнению. К тяжелым металлам относятся свинец, ртуть, марганец, железо, медь, цинк, кадмий и другие. Особо опасными для человека считаются свинец, ртуть и кадмий [72]. Загрязнение атмосферы при испарении кислот и конденсации в производственных условиях будет незначительным, т.к. работы осуществляются на открытой местности, что обеспечивает быстрое разбавление паров воздушными массами.

4.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

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

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

На гидросферу оказывается значительное воздействие, так как весь объем химических реагентов утилизируется через сплавную систему бытовых стоков.

При отсутствии надлежащей обработки данных стоков, велика вероятность попадания химикатов в водную систему жилой местности (города), что вызовет отравление гражданского населения. В связи с этим, в случае использования опасных компонентов, например, кислот, производится их предварительная нейтрализация щелочами, после чего полученных отход сохраняется в специально предназначенной для этого емкости и утилизируется специализированными организациями.

Воздействие на литосферу является следственным фактором от вышеописанного. Загрязненные сточные воды, попадая в водную систему местности начинают оказывать негативное влияние на почвы, вызывая отравление растительности, изменяя кислотный состав почв.

4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

При выполнении опытов следует соблюдать инструкции и правила техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, разработанные для данной лаборатории. Поскольку концентрации вредных испарений относительно небольшие, а их выделение в ходе проведения испытаний происходит только в вытяжном шкафу, то достаточным способом борьбы с ними является рассеивание их в атмосферном воздухе с помощью системы вытяжной 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 защиты гидросферы в условиях лаборатории необходимо применение устройств с физико-химическими методами очистки. Широко распространена адсорбционная технология с применением активированных углей, которая позволяет получать остаточные концентрации основных загрязняющих веществ ниже нормативных значений. Поскольку площади помещения лаборатории недостаточно для установки полноценных очистных

сооружений, то предполагается установка емкости объемом суточного потребления воды в подвальном помещении, куда будут поступать стоки из лаборатории. Далее стоки будут забираться специальной машиной для проведения очистки сточных вод от химикатов и загрязнений.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В процессе приготовления или обработки промывочной жидкости возникновение ЧС маловероятно. 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 [76]. Пожароопасная ситуация может возникнуть при работе с определенными типами химических веществ, склонными к возгоранию; такие вещества могут являться продуктами химических реакций других веществ, не отличающихся подобными пожароопасными свойствами.

Согласно СП 12.13130.2009 [77] исследовательскую лабораторию можно отнести к категории помещения В «пожароопасные», так как в ней находятся твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (деревянная мебель, бумага и прочее). 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.

Возможность возникновения пожара в лаборатории связана с применением электрических приборов, неисправностями электропроводки помещения, а также с проведением химических реакций с веществами, склонными к возгоранию; также пожаро- и взрывоопасные вещества могут

образовываться в результате таких реакций. Работы, связанные с выделением таких веществ, должны производиться только в исправных вытяжных шкафах, а рабочие места должны очищаться от горючих отходов исследований.

Правила работы с электрическими приборами в помещении должны быть вывешены на видном месте. Перед включением электроприборов сеть необходимо тщательно осмотреть электрошнур: проверить исправность изоляции, устранить резкие перегибы, перекручивания. Работать следует исключительно на исправных электроприборах и оборудовании.

Электрические приборы запрещается включать без необходимости. Электронагревательные приборы можно устанавливать только на теплоизоляционный слой. Перед включением печей следует убедиться в том, что внутри нет посторонних предметов.

Запрещается оставлять без присмотра действующее оборудование, аппаратуру, поточные линии, газовые и спиртовые горелки, включенные электронагревательные приборы.

Если в процессе работы в лаборатории произошло возгорание проводов или электроприборов, их следует немедленно отключить от сети, а затем погасить огонь, применив огнетушитель углекислотного типа, либо использовав покрывала из негорючих материалов, которые способны обеспечить надежное прекращения доступа кислорода к источнику возгорания.

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;
- использовать электронагревательные приборы с открытой спиралью;

– убирать пролитые горючие жидкости при включенных электронагревательных приборах;

– хранить химические вещества в немаркированной посуде;

– производить работы на оборудовании с неисправностями, которые могут привести к пожару.

Технические мероприятия предполагают монтирование и эксплуатацию электроустановок в соответствии с правилами устройства электроустановок. Обязательным является наличие противопожарной сигнализации, которая при срабатывании осуществит оперативное оповещение людей о необходимости эвакуации. Лаборатория должна быть оборудована такими противопожарными средствами, как огнетушители. Углекислотные огнетушители (типа ОУ-2) применяются при тушении возгораний различных веществ, кроме тех, горение которых происходит без доступа кислорода, а также электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Порошковые огнетушители (типа ОП-10) применяются при тушении нефтепродуктов и электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В.

Эксплуатационные мероприятия заключаются в том, что при обнаружении дефектов в изоляции приборов, неисправности пускателей, вилок, розеток, а также заземления следует оперативно уведомить об этом ответственное лицо за противопожарное состояние лаборатории. Все неисправности, касающиеся электрооборудования, должны устраняться исключительно специалистом-энергетиком. Запрещается ремонтировать и переносить включенные электрооборудование, находящееся под напряжением. К режимным мероприятиям относятся запрет курения в лаборатории.

Порядок действий в случае возникновения ЧС:

– остановить работу электрооборудования и отключить вентиляцию, при необходимости отключить электроэнергию;

– немедленно сообщить о случившемся по телефону в пожарную охрану – 01, 101, 112 (необходимо сообщить адрес объекта, место возникновения пожара, свою фамилию);

– сообщить по телефону заведующему лабораторией и охране корпуса, в котором находится лаборатория;

– при возможности принять меры по ликвидации очага возгорания при помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель, вода, песок);

– при возможности удалить с места возгорания горючие вещества и материалы [60].

Заключение

В ходе выполнения магистерской диссертации был проведен литературный обзор, в котором рассматриваются основные системы буровых растворов, их функции, свойства и компонентный состав. Приведены общие понятия полимерных буровых растворов, проанализированы и описаны основные классы полимеров, используемых в системах буровых растворов, в том числе полимеры на основе акриламида.

С помощью модельного бурового раствора, согласно представленным работе методикам, были получены графические и табличные зависимости структурно-механических, реологических и фильтрационных свойств бурового раствора от полимеров как отечественных, так и зарубежных производителей, а также проанализирована устойчивость полимеров на основе акриламида в условиях высоких температур и к солевой агрессии.

Все исследованные образцы полимеров, которые были отобраны для дальнейшего анализа, положительно влияют на коллоидно-реологические и фильтрационные свойства бурового раствора. По результатам проведенного анализа был выбран полимер на основе акриламида, который является наиболее оптимальным с точки зрения стабильности в условиях высоких температур и при высокой степени минерализации. Выбранный полимер является продуктом отечественного производителя – компании ООО «ХимБурСервис». Данный полимер оказывает наибольшее влияние как на фильтрационные, так и на коллоидно-реологические свойства, помимо этого он обладает достаточно высокой устойчивостью к воздействию высоких температур и солевой агрессии, в сравнении с другими образцами, т.е. является наиболее оптимальным для применения в качестве добавки к буровому раствору при строительстве скважин в сложных горно-геологических условиях.

Список использованных источников

1. Третьяков И.А Преимущества применения буровых растворов на углеводородной основе при бурении нефтяных и газовых скважин /И.А. Третьяков // Журнал «Трибуна ученого» − 2020 г. − №11 – с 122-128
2. Annudeep S. Dhiman Rheological properties & corrosion characteristics of drilling mud additives – Dalhousie University Halifax, Nova Scotia September, 2012
3. IADC Drilling Manual 12th edition / International Association of Drilling Contractors (IADC) 2014
4. Real-Time Measurement of Drilling Fluid Rheological Properties: A Review by Naipeng Liu, Di Zhang, Hui Gao, Yule Hu and Longchen Duan – Sensors 2021, 21, 3592. https://doi.org/10.3390/s21113592
5. Буровые растворы. Классификация, параметры, свойства // Статьи компании «Компания Буровые технологии» [Электронный ресурс] https://burspb.com/a175871-burovye-rastvory-klassifikatsiya.html
6. Возможности технической системы Перфобур при строительстве сети разветвлённых каналов в условиях прихватов опасности и нестабильности горных пород // Нефтегаз РУ [Электронный ресурс] https://neftegaz.ru/analisis/companies/640808-vozmozhnosti-tekhnicheskoy-sistemy-perfobur-pri-stroitelstve-seti-razvetvlyennykh-kanalov-v-usloviya/
7. Properties of Water-based Muds // The Driller [Электронный ресурс] Properties of Water-based Muds | 2007-08-01 | The Driller – August 1, 2007
8. Середа Н.Г., Муравьев В.М. Основы нефтяного и газового дела. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. М. Недра, 1980, с. 287
9. Мигачёва Д. С. Реологические характеристики буровых растворов / Д. С. Мигачёва, Д. В. Педаш ; науч. рук. С. Н. Харламов // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина, Томск, 3-7 апреля 2017 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2017. — Т. 2. — [С. 731-732].

10. Буровые и тампонажные растворы : учеб. пособие / Л. К. Бруй, Н. В. Шемлей, Т. В. Атвиновская ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 135 с.
11. Функции бурового раствора // Нефтяник (Оилмэн) // 2014. [Электронный ресурс] https://oilman.by/funkcii-burovogo-rastvora-2.html
12. Аксенова Н.А. Буровые промывочные жидкости и промывка скважин. В 3 томах. Т.2: учебное пособие для вузов / Аксенова Н.А., Рожкова О.В. − Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. — 102 с.
13. Замулин П. В. Виды буровых растворов. Развитие полимеросодержащих буровых растворов, их особенности и преимущества над остальными растворами / П. В. Замулин ; науч. рук. К. М. Минаев // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии : материалы Всероссийской конференции с международным участием, г. Томск, 2015 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2015. — [С. 591-596].
14. Грей Дж. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей) / Дж. Грей, Г. Дарли // М.: Недра, 1985. 509 с.
15. Овчинников, В.П. Полимерные буровые растворы. Эволюция «из грязи в князи» / В.П. Овчинников, Н.А. Аксенова, Л.А. Каменский, В.А. Федоровская // Бурение и нефть. – 2014. – № 12. – С. 24 – 29.
16. Новиков В.С. Результаты промышленного испытания калиевого раствора / Обзорная информ. сер. Бурение. М.: Недра, 1977. №6. С.32-36.
17. Ермолаева Л.В. Буровые растворы. Учебное пособие для вузов / Ермолаева Л.В. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2010. – 61 с.
18. Буровые растворы для бурения, заканчивания и капитального ремонта скважин // Нефтегаз РУ [Электронный ресурс] https://neftegaz.ru/tech-library/burenie/142386-burovye-rastvory-dlya-bureniya-zakanchivaniya-i-kapitalnogo-remonta-skvazhin/
19. Состав бурового раствора // Drill Mesh [Электронный ресурс] https://drillmesh.ru/stati/sostav-burovogo-rastvora/

20. Фазилова Н.Р. Анализ строения и классификации полимеров и применение их в буровых растворах / Материалы IX Международной научной конференции молодых ученых «Молодые − наукам о земле», г. Москва, 2020 г. − С. 179-183.
21. Моравец Г. Макромолекулы в растворе: пер. с англ. [Текст] / Г. Моравец – М.: Мир, 1967. – 459 с.
22. Банникова О. Ю. Совершенствоание технологии приготовления и применения буровых растворов на основе сухих полимерных смесей: диссертация кандидата технических наук: 25.00.15 / Банникова Олеся Юрьевна: Татарский научно-исследовательский и проектный институт нефти (ТатНИПИнефть) акционерного общества "Татнефть" − Бугульма, 2015. – 210 с.
23. Байбурдов Т.А., Шиповская А.Б. Синтез, химические и физико-химические свойства полимеров акриламида / Учебное пособие для бакалавров Института химии СГУ. Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского» , 2014. — 66 с.
24. Патент №2266312 Российская Федерация, МПК C 09 K 7/02, Полимерный буровой раствор для вскрытия продуктивных пластов: 2004135437: заявл. 03.12.2004 : опубл. 20.12.2005 Бюл. № 35 / Стрижнев К.В., Румянцева Е.А., Назарова А.К. и др. ; заявитель ОАО «Ойл Технолоджи Оверсиз»
25. Уляшева, Н.М. Технология буровых жидкостей [Текст]: учеб. пособие; в 2 ч.; ч. 1 / Н.М. Уляшева. – Ухта: УГТУ, 2008. – 164 с., ил.
26. Булатов А.И., Макаренко П.П., Проселков Ю.М. / Буровые промывочные и тампонажные растворы: Учебное пособие для вузов. – М.: ОАО Издательство «Недра», 1999 – 424 с.
27. Куренков В.Ф. Водорастворимые полимеры акриламида // Соросовский образовательный журнал. - 1997, №5 - с. 48-53.
28. Николаев А.Ф., Охрименко Г.И. Водорастворимые полимеры. - Л.: Химия. - 1979. - 61 с
29. Полиакриламид/ Л.И.Абрамова, Т.А. Байбурдов, Э.П. Григорян и др.; Под ред. В.Ф. Куренкова – М.: Химия, 1992 -192с

30. Михеев В.Л. Технологические свойства буровых растворов. М. Недра 1979г. 239 с.

31. Аксенова, Н. А. Буровые промывочные жидкости и промывка скважин. В 3 томах. Т.2 : учебное пособие для вузов / Н. А. Аксенова, О. В. Рожкова. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2016. — 102 с.

32. Mustafa Versan Kok & Tolga Alikaya (2003) Rheological Evaluation of Polymers as Drilling Fluids, Petroleum Science and Technology, 21:1-2, 113-123, DOI: 10.1081/LFT-120016930

33. Технология буровых растворов [Текст] : учеб.-метод. пособие / Н. М. Уляшева, М. А. Михеев, В. В. Дуркин. – Ухта : УГТУ, 2019. – 112 с. : ил.

34. Уляшева, Н.М. Технология буровых жидкостей [Текст]: учеб. пособие; в 2 ч.; ч. 1 / Н.М. Уляшева. – Ухта: УГТУ, 2008. – 164 с., ил

35. Буровые и тампонажные растворы : учеб. пособие / Л. К. Бруй, Н. В. Шемлей, Т. В. Атвиновская ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 135 с

36. Das B. Comparative analysis of carboxymethyl cellulose and partially hydrolyzed polyacrylamide - low-solid nondispersed drilling mud with respect to property enhancement and shale inhibition / B. Das, B. Borah, S. Bhattacharyya // Resource-Efficient Technologies. — 2020. — № 2. — [P. 24-33].

37. R. J. Palma Sr. , James Barad & J. M. Palkowetz Jr. (1984) Field Assay of Polyacrylamide in Drilling Fluids, Analytical Letters, 17:10, 897-904, DOI: 10.1080/00032718408077171

38. Nasiri, A., & valizadeh, M. (2013). Performance of partially-hydrolyzed polyacrylamide in water based drilling fluids. IRANIAN JOURNAL OF POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY (PERSIAN), 26(1 (ISSUE NO. 123)), 3-12. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=316144

39. Rajat Jain, Vikas Mahto,Evaluation of polyacrylamide/clay composite as a potential drilling fluid additive in inhibitive water based drilling fluid system, Journal of Petroleum Science and Engineering, Volume 133, 2015, Pages 612-621, ISSN 0920-4105, https://doi.org/10.1016/j.petrol.2015.07.009.

40. Clark, R.K., Scheuerman, R.F., Rath, H., and H.G. Van Laar. "Polyacrylamide/Potassium-Chloride Mud for Drilling Water-Sensitive Shales." *J Pet Technol* 28 (1976): 719–727. doi: https://doi.org/10.2118/5514-PA

41. Safi, B., Zarouri, S., Chabane-Chaouache, R. et al. Physico-chemical and rheological characterization of water-based mud in the presence of polymers. J Petrol Explor Prod Technol 6, 185–190 (2016). https://doi.org/10.1007/s13202-015-0182-x

42. Qi Luheng, The Application of Polymer Mud System in Drilling Engineering, Procedia Engineering, Volume 73, 2014, Pages 230-236, ISSN 1877-7058, https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.06.192.

43. Исмоилов, Р. И., Шералиева, О. А., Кадыров, Н. А., & Кадыров, А. . А. (2020). Регулирование реологических свойств буровых растворов, стабилизированных полиакрилатами и полисахаридом. Химическая безопасность, 4(1), 227 - 235. https://doi.org/10.25514/CHS.2020.1.17016

44. Неверов, А. Л., Гусев, А. В., Рожков, В. П., & Минеев, А. В. (2012). Реологические свойства растворов акриловых полимеров для бурения скважин комплексами ССК. Науки о Земле и недропользование, 40 (1), 86-95.

45. Kuma, M., Das, B.M. & Talukdar, P. The effect of salts and haematite on carboxymethyl cellulose–bentonite and partially hydrolyzed polyacrylamide–bentonite muds for an effective drilling in shale formations. J Petrol Explor Prod Technol 10, 395–405 (2020). https://doi.org/10.1007/s13202-019-0722-x

46. Полимерные буровые растворы на основе синтетических полимеров// FindOut – [Электронный ресурс] – https://findout.su/6x34785.html

47. MOHD RAZMI ZIQRI BIN AHMAD SHUKRI – Evaluating the Quantitative Determination Method of Partially-Hydrolyzed Polyacrylamide (PHPA) Polymer in Drilling Fluid / Dissertation Report – 2012

48. Bilashev, B. A., Ikhsanov, K. A., and G. E. Kalesheva. "The technology of producing of drilling fluids based on various clays (Russian)." OIJ 2017 (2017): 64–66. doi: https://doi.org/10.24887/0028-2448-2017-4-64-66

49. Отечественные полимеры для бурения и заканчивания нефтяных и газовых скважин/Ю.А. Нифонтов, Н.И.Николаев, Е.Ф.Филиппов и др // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2005. - № 3. - С. 26-29.

50. Петров Н. А. Отечественные и зарубежные полимерные реагенты для буровых растворов // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. /УГНТУ. 2016. №1. С.1-19. URL: http://ogbus.ru/issues/1_2016/ogbus_1_2016_p1-19_petrovna_ru.pdf

51. Mao, H., Wang, W., Ma, Y. et al. Synthesis, characterization and properties of an anionic polymer for water-based drilling fluid as an anti-high temperature and anti-salt contamination fluid loss control additive. Polym. Bull. 78, 2483–2503 (2021). https://doi.org/10.1007/s00289-020-03227-y

52. РД 39-00147001-773-2004 МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

53. ФЕР 01-02-099-01 Валка деревьев мягких пород с корня, диаметр стволов: до 16 см

54. ФЕР 01-02-100-01 Трелевка древесины на расстояние до 300 м тракторами мощностью: 59 кВт (80 л.с.), диаметр стволов до 20 см

55. Ведомственные строительные нормы ВСН 39-86 "Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство скважин на нефть и газ"

56. РД 39-0148052-537-87 «Макет рабочего проекта на строительство скважин на нефть и газ»

57. СНиП IV-5-82 Сборник 49. Скважины на нефть и газ. Часть I и II

58. Единые нормы времени на бурение скважины на нефть и газ и другие полезные ископаемые [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293743/4293743208.pdf

59. Единые нормы времени на монтаж и демонтаж вышек и оборудования для бурения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://standartgost.ru/g/pkey-14293743268

60. Должностная инструкция лаборанта // ХР портал [Электронный ресурс] URL: https://hr-portal.info/job-description/dolzhnostnajainstrukcija-laboranta.
61. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
62. 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".
63. Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 426-ФЗ.
64. Постановление Кабинета Министров СССР от 26.01.1991 N 10 (ред. от 02.10.1991) "Об утверждении Списков производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на льготное пенсионное обеспечение"
65. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования
66. Инструкция № 13-107 по охране труда для работающих с химическими веществами. Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы».
67. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ Классификация.
68. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА Классификация и общие требования безопасности.
69. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
70. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ Общие требования и номенклатура видов защиты.

71. СП 52.13330.2016 ЕСТЕСТВЕННОЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ.
72. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
73. ПНД Ф 12.13.1-03 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В АНАЛИТИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЯХ (ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ).
74. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАБОТАЮЩИХ Общие требования и классификация.
75. ГОСТ 17.1.3.06–82 Охрана природы. Гидросфера ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОХРАНЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.
76. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ Общие требования.
77. СП 12.13130.2009 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИЙ ПОМЕЩЕНИЙ, ЗДАНИЙ И НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ.

Приложение I

Таблица 1.1 – Свойства полимеров в зависимости от их строения

Характеристика соединений	Неорганические		Органические				
	НМС	ВМС	НМС	Линейные полимеры	Слабо разветвленные	Разветвленные	Сетчатые полимеры
Структура в твердом состоянии	Кристаллические порошки, гранулы	Порошкообразная, гранулярная	Порошкообразная	Волокнистая	Волокнистая	Порошкообразная	Каучукоподобная или твердая
Растворение	Хорошее без набухания	Растворяется без набухания	Хорошее без набухания	Хорошее с предварительным набуханием	Хорошее с предварительным набуханием	Хорошее без набухания	Не растворяются, иногда ограниченно набухают
Вязкость 1%-го раствора	Низкая	Низкая	Низкая	Высокая	Высокая	Низкая	–
Реологический тип раствора	Ньютоновский	Ньютоновский	Ньютоновский	Неньютоновский	Неньютоновский	Ньютоновский	–
Изменение вязкости во времени (старение)	Не изменяется	Не изменяется	Не изменяется	Изменяется (уменьшается)	Изменяется (уменьшается)	Не изменяется	–
Примеры соединений	Каустическая и кальцинированная сода, соли натрия, калия, магния и другие	Комплексные фосфаты (ТПФН), хромпики, силикаты натрия и калия (жидкое стекло)	Поверхностно-активные вещества (сульфонолы, сульфонаты и другие)	Реагенты на основе акриловой кислоты (полиакриламид, полиакрилонитрил) и эфиров целлюлозы (КМЦ)	Полисахариды (крахмальные реагенты, биополимеры)	Лигносульфонаты (ФХЛС, ХЛС, КССБ, FC-8, Multi-thinca), гуматы (УЩР, Икгум и другие), танины (Desco)	Каучуки, отвержденные пластические массы

1 Примечание: НМС – низкомолекулярные соединения, ВМС – высокомолекулярные соединения

Приложение II

(справочное)

Functions, requirements and types of drilling fluids

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ02	Маслов Сергей Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Глотова Валентина Николаевна	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения иностранных языков	Матвеенко Ирина Алексеевна	д.ф.н.		

1.2 Drilling mud-functions and requirements

One of the main factors of trouble-free well drilling is the choice of optimal drilling mud properties and formulation. Technological functions (properties) of drilling fluids characterize their influence on: the efficiency of rock drilling; wellbore and bottom hole cleaning; filtration processes; reduction of resistance to the movement of the drilling tool when it comes into contact with the filter cake and the walls of the well; stability of the borehole walls, composed of unstable rocks; drilling and development of reservoir layers containing fluid. The drilling mud in drilling process performs some functions that depend on the complexity of drilling process: the depth of the well, the rocks being drilled, and the pressure of the productive reservoir. The drilling process is a set of operations that determines the technology of well drilling, in connection with this, the functions performed by the drilling mud are called technological [10].

1.2.1Transporting of drilling cuttings from the bottom of the well and its removal to the surface

One of the most important functions of the drilling fluid is the removal of drilling cuttings and collapsed rock particles from the well to the surface. The high-quality performance of this function allows achieving maximum drilling speed. Insufficient removal of cuttings particles leads to its accumulation at the bottomhole and reduces the drilling speed, since in this case the energy of the bit will be spent not only on the destruction of the rock, but also on regrinding of the already drilled rock. The accumulation of cuttings in the annulus is also problematic, as it leads to a decrease in the gap between the pipes and the walls of the well, which can lead to tool sticking.

The quality of cuttings removal from the bottomhole depends on the method of drilling. With the rotary drilling method, the entire drillstring rotates, and, therefore, its rotation is transmitted to the drilling mud, which in this case rises as a spiral. Thus, the degree of drill cuttings removal with rotary drilling method is higher than with

turbine drilling. The quality of wellbore cleaning from cuttings (speed and extent) directly depends on the speed of the upward flow (in the annulus), which depends on the performance of mud pumps, as well as on characteristics of the drilling fluid that affect the ability of the drilling mud to remove cuttings from the well. The efficiency of drilling cuttings removal from the well depends on properties of drilling mud: density, viscosity and yield point. Effective removal of the drill cuttings from the wellbore requires that the upflow velocity exceed the sedimentation velocity. The sedimentation rate of drilling cuttings without circulation, i.e. in a stationary mud, depends on several factors: the viscosity of drilling fluid and its thixotropic properties, as well as the shape and size of the particles. In order to achieve a better cleaning well from cuttings, it is common to increase the viscosity of the drilling fluid or its delivery to the bottomhole through the nozzles of the bit, while the control of fluid delivery is the preferred method. In cases where the power of the used mud pump can't provide the required upward flow rate, the viscosity of drill mud is increased, especially the yield strength. Thus, to ensure the required quality of cleaning the wellbore from drill cuttings, it is necessary to choose the optimal ratio between the density and rheological characteristics of the drilling mud, as well as pumps delivery.

1.2.2 Creation of counterpressure on the walls of the well

Collapses of the walls of wells are one of the main types of complications that arise in the process of drilling wells. The collapse of the borehole walls occurs under the action of overburden pressure, while the wetting of soft rocks significantly reduces the strength of the borehole walls, and, consequently, their stability. An increase in the intensity of the process walls of the well destruction can be caused by several reasons: an increase in the zone of wetting of rocks; scouring effect of drilling mud on rocks.

The hydrostatic pressure created by drilling fluids ensures the stability of the borehole walls by balancing overburden pressure, however, an excessive increase in this indicator leads to a decrease in the rate of penetration, as well as to an increase in the penetration ability of the drilling mud. In such a situation, the need to create a high-

quality filter cake (insulating and fixing ability) increases. When drilling in conditions of fractured rocks, as well as rocks that have the property of being squeezed into the well under the action of overburden pressure (halite, salts, carnallite, etc.), the need to create sufficient hydrostatic pressure is an extremely important task. In such conditions, usually, a sufficiently high hydrostatic pressure is created, which makes it possible to maintain the stability of the well walls. To prevent screes and collapses, in addition to maintaining the required value of hydrostatic pressure, special additives are often introduced into the drilling mud, which give it fixing properties.

In the drilling process the well and the active reservoir form a communicating well-reservoir system. In permeable formations, the fluid pressure mainly depends on the depth of such formations and some other factors, while the pressure can be normal, low, or abnormally high (significantly higher than hydrostatic pressure).

In the drilling process, it is necessary to ensure the equality of pressure in the well-formation system, in order to prevent possible complications that arise when this equality is violated, for this, the required value of hydrostatic pressure is determined, which is ensured by maintaining a given density of the drilling mud. Violations of the equality of pressure can be in both directions:

– Hydrostatic pressure is greater than formation pressure. In this situation, the loss of drilling fluid occurs, i.e. the drilling mud penetrates into the formation, which in turn can lead to a number of complications: pollution of reservoirs; decrease in the level of fluid in the well (collapses of the walls of the well, oil-gas-water shows); complication of control over the washing process; groundwater pollution; loss of expensive drilling fluid.

– Hydrostatic pressure is less than formation pressure. In this situation, a oil-gas-water show occurs, i.e. the fluid enters the wellbore, which leads to a deterioration in the quality of the drilling mud, which can cause collapse of the walls of the wells, as well as possible contamination of the area adjacent to the well.

1.2.3 Holding without circulation of the drilling mud particles of drill cuttings and weighting agent in suspension

The drilling fluid often contains clay, weighting agents such as barite etc., which must remain in suspension and not precipitate. Keeping particles in suspension is necessary to prevent sticking of the drilling tool when there is no circulation of drilling mud in the well.

In the process of circulation, cuttings particles also enter the drilling fluid, which, together with the particles that make up the mud, constitute the solid phase of the drilling fluid. The particles of the solid phase are constantly affected by the force of gravity, which causes them to sediment. Solids tend to move down when there is no circulation in the well, as the drilling fluid doesn't move up. To prevent this, the drilling fluid must keep these particles in suspension in the absence of circulation. To perform this function, the drilling fluid must have such a property as thixotropy, i.e. the ability to change from a state of sol to gel with the formation of a structure, a certain stability. The stability of the structure is estimated by the value of the shearing strength, which varies over a wide range, and in most cases it is possible to easily obtain a structure in which the average particle remains in suspension.

1.2.4 Formation of a filter cake (colmatage ability)

The solid phase contained in the drilling mud accumulates in the pores and cracks of rocks, forming a filter cake due to the difference in reservoir and hydrostatic pressure, which is impermeable to the liquid phase. Such a cake, having a certain mechanical strength, contributes to the consolidation of weakly cemented rocks, thereby ensuring their stability, slows down or completely stops the process of further propagation of the wetting zone around the wellbore, i.e. separates the well and permeable formations.

The formation of an excessively thick filter cake leads to an increase in the possibility of differential pressure sticking, and due to the sludge sticking to it, the

wellbore narrows, leading to a number of complications (sticking, drill string drag, etc.). The high fluid loss of the drilling mud also leads to problems, because a large amount of filtrate enters the productive formation, and this leads to a significant decrease in the productive characteristics of the reservoir, primarily the formation permeability. In this regard, the amount of water loss should be as low as possible, which is ensured by strict regulations for this indicator in projects and programs.

1.2.5 Cooling and lubrication of the drill string and bit

During the drilling process, due to the mechanical work performed at the bottomhole and friction forces, the rock cutting tool is heated. The drilling fluid, circulating and washing the bit, removes part of the thermal energy due to convection exchange. The efficiency of tool cooling by drilling mud depends on: the flow rate, thermal properties and initial temperature, as well as on the size and design of the rock cutting tool. The drilling mud also contributes to the cooling of the drill string, which is subjected to heat due to rotation and friction against the borehole walls. Drilling fluids have a relatively high heat capacity, so the cooling function is performed even at low flow rates.

1.2.6 Transfer of hydraulic power to the bit and drilling tool

Downhole mechanisms, such as a bottomhole motor, hydraulic hammer, downhole drilling motor, etc., work due to hydraulic energy, which is transferred by drilling fluid from mud pumps to the bottom of the well. The amount of this energy depends on the technical characteristics of downhole mechanisms and drilling conditions. The energy transferred by the drilling mud, in addition to downhole mechanisms, is also spent on overcoming hydraulic resistance during the fluid circulation in the well, which depends on the geometry of the well, the flow of pumps and the properties of the drilling fluid. The rheological properties of the drilling mud are the main factor regulating energy costs, since the pump flow depends on the

geological conditions of drilling and fluid flow. In this regard, it is necessary to reduce the value of the rheological parameters of the drilling fluid when using downhole mechanisms, while taking into account other functions of the drilling mud.

The provision of technological functions depends on the correct choice of the formulation and reagents for the preparation of drilling mud, therefore, some of requirements are imposed on drilling fluids that must be done in order to ensure a high-quality well construction process.

1.2.7 Facilitation of the process of destruction of rocks at the bottomhole

One of requirements for the drilling fluid is to facilitate the destruction of rocks at the bottomhole due to the kinetic energy of the flow at the outlet of the bit nozzles (jet effect). The value of the kinetic energy of the drilling mud depends on the cross-sectional area and the location of the bit nozzles, while to the best jet effect is observed when drilling soft rocks.

Facilitation of the rocks destruction at the bottomhole is also carried out by lowering their hardness, this is due to the fact that the formations are heterogeneous in strength, and have weaker points in the crystal lattice and microcracks. The drilling fluid can penetrate into the depth of the deformable body - the pre-fracture zone, and thereby participates in the process of mechanical destruction of rocks. This effect is enhanced by adding special additives to the drilling mud - hardness reducers, which enhance the physical and chemical interaction of the drilling fluid with new surfaces formed during the destruction process. Hardness reducers penetrate into deformable layers with increased fracturing and are distributed over microcracks, forming adhesive (solvate) films there, which wed the layers apart. The effectiveness of this effect depends on the wetting ability of rocks: hydrophilic rocks are more prone to wedging action, and, therefore, better conditions are created for the destruction of rocks.

The effectiveness of the action of hardness reducers depends on the chemical properties of the reagents, their concentration in the drilling mud, the mechanical conditions of destruction, and the physicochemical properties of rocks. Examples of

the main rock hardness reducers are: NaCl, $MgCl_2$, $AlCl_3$, Na_2CO_3, NaOH, $Ca(OH)_2$, CaO and various soaps.

1.2.8 Preservation of reservoir permeability

Maintaining the permeability of productive formations implies that the filter cake formed during drilling process on the wall of well should be easily removed during development, and also that the liquid phase of the drilling mud shouldn't penetrate deep into the rock, i.e. do not change productive formation phase permeability. In addition, the liquid phase of the drilling fluid shouldn't lead to the clays swelling contained in the reservoir. Another important requirement is that when the filtrate penetrating into the reservoir comes into contact with hydrocarbons, emulsions shouldn't occur in the reservoir, because otherwise, in the reservoir may form plugs, that preventing the fluid movement.

1.2.9 Protection of drilling tools and equipment from abrasive wear and corrosion

During the drilling process, both surface equipment and downhole equipment (drilling tools) can be exposed to corrosion. The main cause of equipment corrosion is exposure to salts, as well as oxygen and carbon dioxide. In addition, one of the reasons for the equipment corrosive destruction can be the effect of hydrogen sulfide, which is contained in formations. The intensity of corrosion destruction depends on the drilling fluid, namely, its alkalinity (pH).

In addition to corrosion, equipment during the drilling process is also subject to abrasive wear, which is the result of the presence of solid particles in the drilling mud. Solid particles get into the drilling fluid during the destruction of rocks, as well as during the preparation of mud.

Together, corrosion and abrasive wear have a much greater impact on the process of metal destruction, which leads to premature tool failure, breakdowns and

accidents. In this regard, it is necessary to constantly control the solids content of the drilling mud, as well as evaluate its corrosiveness and alkalinity. To reduce the corrosive activity of the drilling mud, special additives are introduced into it - corrosion inhibitors, and to reduce abrasive wear, it is necessary to regularly clean the fluid from solid abrasive particles on the surface.

1.2.10 Increasing the efficiency of the cementing and well completion process

The drilling mud, when lowering the casing strings, should reduce the level of pressure pulsations to prevent reservoir fracturing, in addition, the filter cake formed by the drilling fluid should be slippery, which makes it easier to lower the casing strings. Before cementing the well, drilling mud must be displaced by flushing fluid, displacement fluids and cement, in this regard, the drilling fluid must have properties that contribute to easier displacement (low viscosity, easy change from a state of sol to gel).

1.2.11 Provision of well geophysical information

The well construction process is accompanied by a complex of geophysical measurements, which allows you to control the well trajectory, refine the geologic cross-section, and measure some important properties of rocks and reservoir. The efficiency of geophysical operations is largely determined by the quality of the drilling fluid.

In some cases, the properties of the drilling fluid have a direct impact on the results of geophysical measurements. For example, water-based drilling muds may have different electrical conductivity (depending on the salt content: fresh, low-content, mineralized) and when the water phase from mud is filtered into the formations, its electrical properties may change, and, consequently, geophysical methods using the electrical properties of the rocks will show distorted results. In

addition, geophysical tools can hang in the well at high drilling fluid rheological parameters, while the drilling tool runs freely.

1.2.12 Ecological and toxicological safety

The composition of the drilling mud must be designed in accordance with the requirements of local laws and regulations. In the process of wells drilling, the drilling fluid can come into contact with aquifers and penetrate into them; therefore, the solution should not have a detrimental effect on the environment, i.e. must be ecologically harmless. In connection with this requirement, the drilling fluid is made from non-toxic materials that do not form toxic compounds when in contact with rocks and the elements they contain. At the same time, the biodegradability of the components of the drilling fluid will be a big advantage in the disposal of drilling waste.

1.2.13 Economic efficiency

Drilling is an expensive process, so the drilling fluid must have the lowest possible cost, while not sacrificing quality (performing all functions and meeting all requirements). The cost of a drilling fluid can vary over a wide range and it depends on the components included in it, i.e. from his recipe.

There is no need to use expensive drilling fluid components when drilling the upper intervals of wells, while in the process of drilling productive formations and drilling horizontal sections of the wellbore, increased requirements are imposed on the drilling mud, which leads to the use of more expensive drilling mud components. In the process of developing a drilling fluid formulation, it is necessary to take into account the planned development and stimulation operations.

Thus, the optimal well flushing process is ensured by the correct combination of the type of drilling mud, the flushing mode, and organizational measures to maintain and control the properties of the solution [11]. Based on this, one can say that the

drilling fluid should provide the maximum possible reduction in the cost of 1 meter of drilling or the cost of 1 ton (1 m^3) of oil or gas.

1.3 Types of drilling muds

There are classifications of flushing liquids according to various criteria: the phase state of the dispersing medium; the nature of the dispersing medium; degree of dispersion; phase state of the dispersed phase; the method of obtaining the dispersed phase; the nature of the dispersed phase; the purpose and the method of preparation; resistance to temperature and salt aggression, etc.

Drilling fluid is a dispersed system, i.e. consists of a dispersing medium in which the dispersed phase and various chemical reagents are distributed. The main purpose of the dispersing medium is the uniform distribution of particles of the dispersed phase throughout the volume of the drilling fluid and the dissolution of chemical reagents. The dispersed phase is responsible for regulating the structural parameters of the drilling mud, rheological, thixotropic and filtration properties, and the chemical reagents are responsible for regulating the parameters of the drilling fluid.

According to the type of the dispersing medium, drilling fluids are divided into three groups:

- water-based;
- based on hydrocarbons;
- gaseous.

Figures 1.3, 1.4 show the classification of drilling muds based on the type and composition of the dispersion medium and the dispersed phase.

The type of drilling fluid, its composition and the area of possible application are determined based on geological conditions: bottomhole temperature, reservoir and rocoverburden pressures, physical and chemical properties of rocks and fluids contained in these formations.

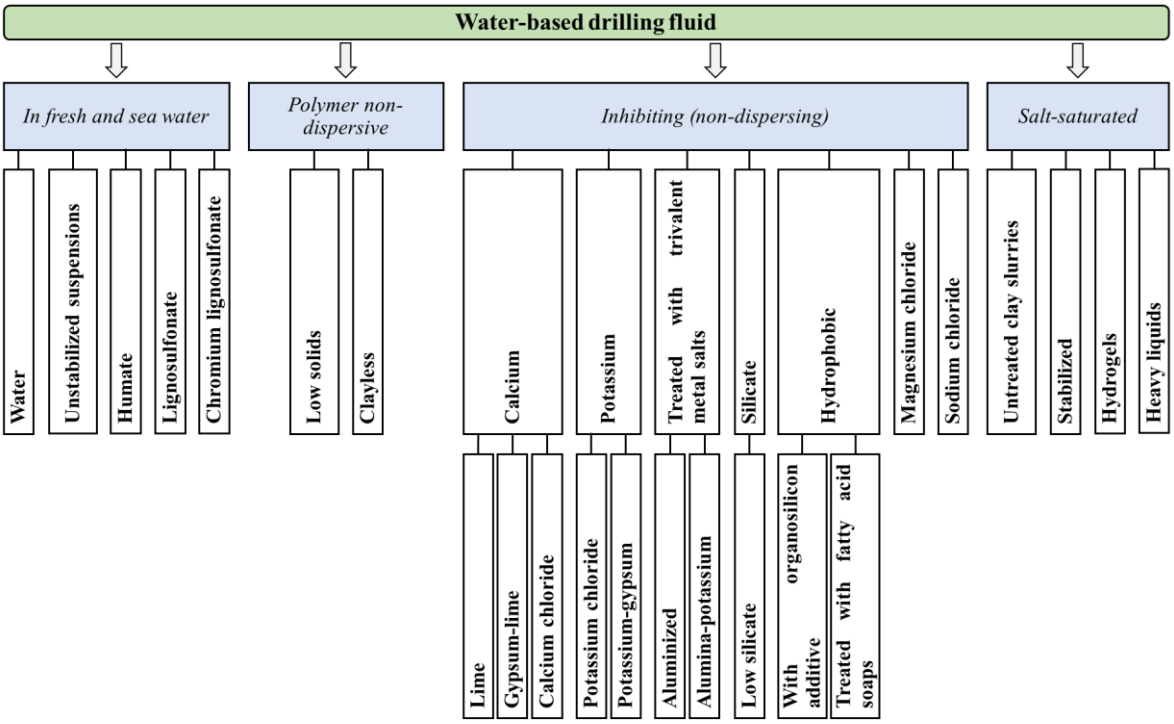

Figure 1.3 - Classification of drilling fluids

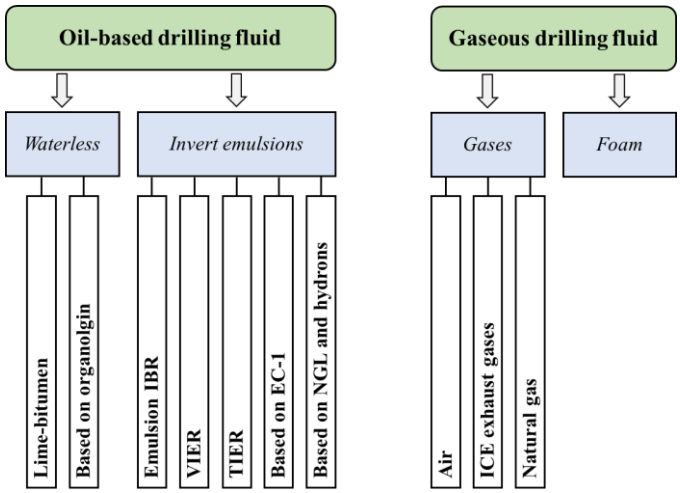

Figure 1.4 - Classification of drilling fluids

In Western Siberia, several main types of drilling fluids are used:

− bentonitic mud;

− polymer-clay based drilling fluid;

− non-dispersing mud;

− mineralized clay mud;

− polymer (encapsulated) drilling mud;

− KCL/polymer (biopolymer) drilling mud;

− oilbased mud (OBM).

Приложение III

Выбор светильника. Лаборатория является пожароопасным помещением с средним выделением пыли, поэтому следует использовать светильник ПВЛ (2х40 Вт), т.к. он является пылевлагозащищенным и пригодным для пожароопасных помещений.

Расчёт числа светильников. В соответствии с СП 52.13330.2016 [71], а именно с нормативными показателями освещения основных помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий, помещений и сооружений объектов общепромышленного назначения, для лабораторных помещений требуется создать освещенность $E_н$=300 лк при комбинированном типе освещения (табл. 5.2). Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами:

H – высота помещения, м;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес), м;

$h_п = H – h_c$ – высота светильника над полом, высота подвеса, м;

$h_{рп}$ – высота рабочей поверхности над полом, м;

$h = h_п – h_{рп}$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью, м.

Для создания благоприятных зрительных условий на рабочем месте, для борьбы со слепящим действием источников света введены требования по ограничению наименьшей высоты светильников над полом: для светильников ПВЛ наименьшая допустимая высота подвеса над полом – 3 м.

По формулам, приведенным выше, определяем высоту светильников над полом и над рабочей поверхностью: $h_п$ = 3,5 м, h = 2 м.

Следующим этапом определяется расстояние между соседними светильниками или рядами по формуле:

$$L = \lambda \cdot h , \qquad (5.1)$$

где L – расстояние между соседними светильниками;

λ – интегральный критерий оптимального расположения светильников;

h – расчетная высота светильника над рабочей зоной.

$$L = 1{,}1 \cdot 2 = 2{,}2 \text{ (м)}$$

Определяем расстояние от крайних светильников или рядов до стены (l), учитывая, что оптимальное расстояние рекомендуется принимать равным L/3, таким образом:

$$l = 2{,}2/3 = 0{,}73 \text{ (м)}$$

Определяем количество рядов светильников, а также количество светильников по формулам:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{\left(B - \frac{2}{3}L\right)}{L} + 1, \quad (5.2)$$

$$n_{\text{св}} = \frac{\left(\text{A} - \frac{2}{3}L\right)}{l_{\text{св}} + 0{,}5}, \quad (5.3)$$

где $n_{ряд}$ – количество рядов;

B – ширина помещения, м;

L – расстояние между рядами светильников, м;

$n_{св}$ – количество светильников в ряду;

A – длина помещения, м;

$l_{св}$ – длина светильника, м.

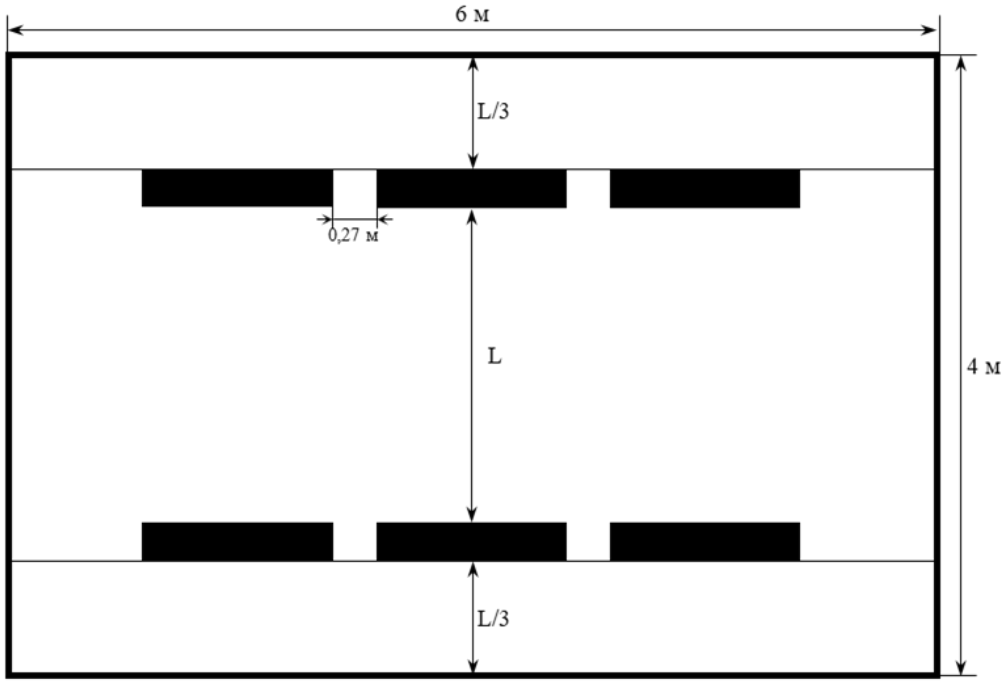

Рисунок 4.1 – Схема размещения светильников

Учитывая размер помещения, а также расчетные значения расстояния между соседними светильниками и минимальным расстоянием от крайних светильников до стены, принимается решение разместить по три светильника в два ряда, при этом уменьшив расстояние между двумя светильниками с 0,5 м до 0,27 м для увеличения количества ламп, следовательно число ламп равно 12. Схема размещения светильников представлена на рисунке 4.1.

Расчёт коэффициента использования светового потока и потребляемого светового потока.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Световой поток лампы определяется по формуле:

$$Ф = \frac{E_н \cdot S \cdot K_з \cdot Z}{N_л \cdot \eta}, \quad (5.4)$$

где Ф – световой поток лампы;

$E_н$ – нормативная освещенность по СП 52.13330.2016 (300лк);

$K_з$ – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильников (1,8);

Z – коэффициент неравномерности освещения (люминесцентные лампы 1,1);

$N_л$ – число ламп в помещении (12 шт);

η – коэффициент использования светового потока.

Чтобы найти коэффициент использования светового потока требуется найти индекс помещения (i) по формуле:

$$i = S/h(A+B) \quad (5.5)$$

Согласно полученному значению индекса помещения (1,2), а также учитывая значение коэффициентов отражения потолка и стен, коэффициент использования светового потока составляет 52%.

Рассчитав по формуле 5.4 световой поток лампы (2285 лм), подбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД мощностью 40 Вт, световой поток 2300 лм. Выполняем проверку:

$$-10\% \leq \frac{Ф_{станд} - Ф_{расч}}{Ф_{станд}} \cdot 100\% \leq +20\% \quad (5.6)$$

$$-10\% \leq 0{,}7\% \leq +20\%$$

Таким образом, необходимый поток лампы находится в пределах допустимого диапазона. Далее определяем электрическую мощность осветительной системы по формуле:

$$P = N_л \cdot p_л \quad (5.7)$$

$$P = 12 \cdot 40 = 480 \text{ Вт}$$

По результатам проведенного расчета был выбран светильник ПВЛ (2х40); в рассчитываемом помещении необходимо разместить 2 ряда светильников по 3 шт. в ряду, согласно схеме, представленной на рисунке 4.1; также был выбран тип лампы – лампа ЛД 40 Вт 2300 лм; электрическая мощность осветительной системы составляет 480 Вт.

Приложение IV

Таблица 5.2 – Нормы освещения для аналитической лаборатории

Помещения, рабочие места	Плоскость нормирования освещенности и КЕО, высота плоскости над полом, м	Разряд и подразряд зрительной работы	Искусственное освещение							Естественное освещение		Совмещенное освещение	
			Средняя освещенность рабочих поверхностей, лк		Равномерность распределения освещенности U_0, не менее	Объединенный показатель дискомфорта R_{UG}, не более	Коэффициент пульсации освещенности, $K_п$, %, не более	Цилиндрическая освещенность, $E_ц$ лк	Индекс цветопередачи источников света R_a	КЕО $e_н$, %		КЕО $e_н$, %	
			при комбинированном освещении	при общем освещении						при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинирванном освещении	при боковом освещении
Аудитории, учебные кабинеты, лекционные залы, лаборатории профессиональных образовательных организаций и образовательных организаций высшего образования	Г-0,8 (горизонтальная)	А-2	750/300	500	0,6	19	10	–	90	3,5	1,2	2,1	0,7

Таблица 5.3 – Оптимальные величины показателей микроклимата в лаборатории

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый		22-24	21-25		

Таблица 5.4 – Допустимые величины показателей микроклимата в лаборатории

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Iб (140-174)	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			