

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное Государственное Автономное
 Образовательное Учреждение Высшего Образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 ООП/ОПОП: «Технология строительства нефтяных и газовых скважин»
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОЧАСТИЦ

УДК: 622.24.06-022.532

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ13	Андреев Никита Вадимович		13.06.2023

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Минаев Константин Модестович	к.х.н.		14.06.2023

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения нефтегазового дела	Шарф Ирина Валерьевна	д.э.н.		14.06.2023

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических наук	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		15.06.2023

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Минаев Константин Модестович	к.х.н.		14.06.2023

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области
ОПК(У)-2	Способен осуществлять проектирование технологических процессов, объектов в нефтегазовой отрасли с использованием компьютерных технологий
ОПК(У)-3	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в нефтегазовой отрасли и смежных областях
ОПК(У)-6	Способен участвовать в реализации основных и дополнительных профессиональных образовательных программ, используя специальные научные и профессиональные знания
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен осуществлять контроль, техническое сопровождение и управление технологическими процессами строительства скважин
ПК(У)-2	Способен обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию бурового оборудования
ПК(У)-3	Способен планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы
ПК(У)-4	Способен проводить анализ и обобщение научно-технической информации в области строительства скважин
ПК(У)-5	Способен разрабатывать методическое обеспечение для первичной периодической подготовки и аттестации специалистов в области строительства скважин

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное Государственное Автономное
 Образовательное Учреждение Высшего Образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 ООП/ОПОП: «Технология строительства нефтяных и газовых скважин»
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП/ОПОП
 _____ Минаев К.М.
 (Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2БМ13	Андреев Никита Вадимович

Тема работы:

Оптимизация систем буровых растворов применением наночастиц	
Утверждена приказом директора	№40-9/с от 09.02.2023

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – модифицированные системы буровых растворов;</p> <p>Предмет исследования – влияние наночастиц на реологические свойства буровых растворов.</p> <p>Рассмотрение внедрения наночастиц в целях оптимизации систем буровых растворов путем подробного аналитического обзора литературы и исследований последних. Выявление перспектив внедрения наночастиц в системы буровых растворов. Исследование ввода различных типов наночастиц в системы буровых растворов</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор литературы; 1.1 Понятие наночастиц, физико-химические свойства и их типы; 1.1.1 Определение и свойства наночастиц; 1.1.2 Классификация наночастиц по форме; 1.2 Методы получения наноматериалов; 1.2.1 Жидкостные методы получения наноматериалов; 1.2.2 Газофазные методы получения наноматериалов; 1.2.3 Твердофазные методы получения наноматериалов; 1.3 Применение наночастиц в нефтегазовой отрасли; 1.4 Наночастицы в системах буровых растворов 1.4.1 Существующие методы оптимизации буровых растворов; 1.4.2 Классификация наночастиц, применяемых в буровых растворах;

	<p>1.4.3 Роль наночастиц в системах буровых растворов;</p> <p>2. Анализ практических исследований наночастиц;</p> <p>2.1 Исследование влияния ввода наночастиц на реологические свойства буровых растворов;</p> <p>2.1.1 Влияние на пластическую вязкость;</p> <p>2.1.2 Влияние на статическое напряжение сдвига;</p> <p>2.1.3 Влияние на смазывающую способность;</p> <p>2.1.4 Влияние на гидратацию глин;</p> <p>2.1.5 Влияние на фильтрационные свойства;</p> <p>2.2 Исследование влияния коллоидных систем с наночастицами на фильтрационные характеристики трещин;</p> <p>2.3 Основные выводы экспериментального применения наночастиц;</p> <p>3. Перспективы развития нефтегазовой отрасли в направлении создания интеллектуальных систем буровых растворов;</p> <p>3.1 Совершенствование технологий производства наночастиц для буровых растворов;</p> <p>3.2 Экономические и экологические преимущества использования наночастиц;</p> <p>3.3 Перспективы внедрения технологий применения наночастиц.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Процесс золь-гель синтеза, иллюстрация метода локального химического осаждения наночастиц, схема установки для физического осаждения наночастиц, схема аппарата для газофазного получения нанопорошков металлов, механизм оптимизации реологических свойств раствора путем добавления HGN, влияние углеродных нанотрубок на закупоривание межпоровых каналов</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шарф И. В., д.э.н., профессор отделения нефтегазового дела Инженерной школы природных ресурсов
Социальная ответственность	Сечин А.А., к.т.н., доцент отделения общетехнических дисциплин Инженерной школы природных ресурсов
Часть на иностранном языке	Айкина Т.Ю., к.ф.н., доцент отделения иностранных языков
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Optimization of drilling fluid systems using nanoparticles</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Минаев Константин Модестович	к.х.н.		11.02.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ13	Андреев Никита Вадимович		11.02.2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное Государственное Автономное
 Образовательное Учреждение Высшего Образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Уровень образования: Магистратура
 ООП/ОПОП: «Технология строительства нефтяных и газовых скважин»
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения: весенний семестр 2022/2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2БМ13	Андреев Никита Вадимович

Тема работы:

Оптимизация систем буровых растворов применением наночастиц
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	14.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.01.2023	1. Составление списка необходимых источников по тематике диссертации	5
18.02.2023	2. Проведение литературного обзора по тематике диссертации	35
18.03.2023	3. Анализ практических исследований применения наночастиц	20
22.05.2023	4. Формирование итогов применения наночастиц и их влияния на реологические свойства бурового раствора	15
22.05.2023	5. Определение перспектив внедрения наночастиц для создания интеллектуальных систем буровых растворов	10
15.05.2023	6. Формулирование выводов	10
28.05.2023	7. Предварительная защита	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Минаев Константин Модестович	к.х.н.		11.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Минаев Константин Модестович	к.х.н.		11.02.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ13	Андреев Никита Вадимович		14.06.2023

Реферат

Выпускная квалификационная работа включает 139 страниц, 18 рисунков, 10 таблиц, 114 источников, 2 приложения.

Ключевые слова. нанотехнология, интеллектуальные системы буровых растворов, бурение, буровой раствор, реологические свойства, оптимизация программы промывки.

Объект исследования. Модифицированные системы буровых растворов.

Предмет исследования. Влияние наночастиц на реологические свойства буровых растворов.

Цель работы. Анализ и исследование влияния наночастиц на свойства буровых растворов, выявление закономерностей изменения реологических свойств.

В ходе работы проводился анализ и исследование влияния применения наночастиц на свойства буровых растворов, выявление закономерностей изменения реологических свойств, рассмотрение работ последних лет по изучению применения наночастиц в системах буровых растворов.

Результаты исследования. Проведена оценка эффективности применения наночастиц в системах буровых растворов.

Область применения. Системы буровых растворов.

Научная новизна данной работы. Предложены научные и технологические принципы применения наночастиц для оптимизации систем буровых растворов.

Экономическая эффективность и практическая значимость. Разработанные рекомендации позволят применять наночастицы для улучшения свойств буровых растворов и оптимизации программы промывки, а также сократит затраты и влияние на экологию при строительстве скважин.

Abstract

The final qualifying work includes 139 pages, 18 figures, 10 tables, 114 sources, 2 applications.

Keywords. nanotechnology, intelligent drilling fluid systems, drilling, drilling fluid, rheological properties, flushing program optimization.

Object of study. Modified drilling fluid systems.

Subject of study. Influence of nanoparticles on the rheological properties of drilling fluids.

Goal of the work. Analysis and study of the effect of nanoparticles on the properties of drilling fluids, identification of patterns of change in rheological properties.

In the course of the work, the analysis and study of the effect of the use of nanoparticles on the properties of drilling fluids, the identification of patterns of changes in rheological properties, and the consideration of recent years' work on the study of the use of nanoparticles in drilling fluid systems were carried out.

Research results. The effectiveness of nanoparticles in drilling fluid systems has been evaluated.

Application area. Drilling fluid systems.

Scientific novelty of this work. Scientific and technological principles for the use of nanoparticles to optimize drilling fluid systems are proposed.

Economic efficiency and practical significance. The developed recommendations will allow the use of nanoparticles to improve the properties of drilling fluids and optimize the flushing program, as well as reduce costs and environmental impact during well construction.

Определения, обозначения, сокращения

ВМР – вышко - монтажные работы;

ГРП – гидроразрыв пласта;

ДНС – динамическое напряжение сдвига;

Мкм – микрометр (10^{-6} м);

Нм – нанометр (10^{-9} м);

ПАВ – поверхностно - активные вещества;

ПВ – пластическая вязкость;

СНС – статическое напряжение сдвига;

СПО – спуско - подъемные операции;

ЭСН – эмульсионная система с наночастицами;

ЭСС – эмульсионно - суспензионная система с наночастицами;

Al₂O₃ – оксид алюминия;

Ar – оксид алюминия;

C₄H₁₀O – дитиоэфир;

C₈H₁₂N₄ – азобисизобутиронитрил;

CuO – оксид меди;

CuO₂ – двуокись меди;

Fe₂O₃ – оксид железа;

He – гелий;

KCl – хлорид калия;

KOH – гидроксид калия;

MgO – оксид магния;

NaCl – хлорид натрия

NaOH – гидроксид натрия;

SiO₂ – двуокись кремния;

TiO₂ – диоксид титана;

ZnO – оксид цинка;

Акватермолиз – процесс высокотемпературной конверсии нефти при воздействии водяного пара;

Амфифильность (вещества) – способность вещества отталкивать от себя воду так и впитывать;

Вакуум – пространство, свободное от вещества;

Десульфурация – физико-химический процесс, способствующие удалению серы;

Диспергатор – это специальное устройство, которое измельчает различные вещества и смешивает их до однородной массы;

Гидратация – присоединение молекул воды к молекулам или ионам вещества;

Ингибирование – снижение поверхностной активности вещества;

Инертная атмосфера – среда, заполненная инертным газом, при отсутствии кислорода и углекислого газа;

Ионная бомбардировка – взаимодействие поверхности твердого тела с направленным потоком ионов;

Коллоид – смесь, в которой одно вещество, состоящее из микроскопически диспергированных нерастворимых частиц, взвешено во всем другом веществе;

Конверсия – процесс переработки газов с целью изменения состава исходной газовой смеси;

Лазерная абляция – метод удаления вещества с поверхности лазерным импульсом;

Нанокompозит – это многофазный твердый материал, в котором одна из фаз имеет один, два или три размера менее 100 нм или структуры, имеющие наноразмерные повторяющиеся расстояния между различными фазами, составляющими материал;

Наноэмульсия – это жидкость, содержащая частицы и агломераты частиц с характерным размером до 100 нм;

Наномембрана – полупроницаемые материалы, фильтрующие вещества за счет пропуска молекул или ионов;

Органоглина – это специальный продукт, полученный обработкой бентонитовой глины аммониевыми соединениями для придания им способности взаимодействовать с органическими растворителями;

Эксфолиативный – материал с малым количеством слоев;

Эвапорация – физико-химический метод очистки с помощью водяного пара.

Оглавление

Введение.....	14
1. Аналитический обзор литературы.....	17
1.1 Понятие наночастиц, физико-химические свойства и их типы	17
1.1.1 Определение и свойства наночастиц.....	17
1.1.2 Классификация наночастиц по форме	18
1.2 Методы получения наноматериалов	20
1.2.1 Жидкостные методы получения наноматериалов	20
1.2.2 Газофазные методы получения наноматериалов.....	22
1.2.3 Твердофазные методы получения наноматериалов	25
1.3 Применение наночастиц в нефтегазовой отрасли	27
1.4 Наночастицы в системах буровых растворов	28
1.4.1 Существующие методы оптимизации буровых растворов.....	28
1.4.2 Классификация наночастиц, применяемых в буровых растворах	32
1.4.3 Роль наночастиц в системах буровых растворов.....	35
2. Анализ практических исследований наночастиц	39
2.1 Исследование влияния ввода наночастиц на реологические свойства буровых растворов	39
2.1.1 Влияние на пластическую вязкость	39
2.1.2 Влияние на статическое напряжение сдвига.....	40
2.1.3 Влияние на смазывающую способность.....	41
2.1.4 Влияние на гидратацию глин.....	45
2.1.5 Влияние на фильтрационные свойства	47
2.2 Исследование влияния коллоидных систем с наночастицами на фильтрационные характеристики трещин.....	51
2.3 Основные выводы экспериментального применения наночастиц.....	56

3. Перспективы развития нефтегазовой отрасли в направлении создания интеллектуальных систем буровых растворов.....	59
3.1 Совершенствование технологий производства наночастиц для буровых растворов.....	59
3.2 Экономические и экологические преимущества использования наночастиц	61
3.3 Перспективы внедрения технологий применения наночастиц	64
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	68
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	69
4.1 Расчет сметной стоимости подготовительных работ	71
4.2 Расчет сметной стоимости монтажных-демонтажных работ	71
4.3 Расчет продолжительности строительства скважины, бурения и крепления скважины.....	72
4.4 Расчет сметной стоимости освоения скважины.....	73
4.5 Линейный календарный график бурения и освоения скважины	74
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	76
5. Социальная ответственность	78
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	79
5.1.1 Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	79
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	80
5.2 Производственная безопасность при эксплуатации.....	81
5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	81
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.....	83

5.3	Определение воздухообмена при испарении растворителей и лаков	90
5.4	Экологическая безопасность.....	92
5.4.1	Анализ возможного влияния процессов, сопровождающих строительство скважины, на окружающую среду.....	92
5.5	Анализ вероятных ЧС, возникающих при строительстве скважин	95
	Заключение	98
	Список использованных источников	100
	Приложение А (справочное)	116
	Приложение Б.....	129

Введение

Оптимизация систем буровых растворов является важной задачей в нефтегазовой промышленности. Бурение скважин является сложным и дорогостоящим процессом, требующим эффективных решений для повышения производительности и снижения затрат. В последние годы все большее внимание уделяется использованию наночастиц для улучшения свойств буровых растворов.

Наночастицы – это материалы с размерами от 1 до 100 нм. Уникальные свойства наночастиц, такие как большая поверхность и высокая реакционная активность, делают их перспективными для применения в различных областях, включая нефтегазовую индустрию. Применение наночастиц в системах буровых растворов может привести к значительному улучшению их реологических и фильтрационных свойств [1].

Одной из основных проблем при бурении является управление реологическими свойствами буровых растворов. Наночастицы могут использоваться для модификации вязкости, плотности и фильтрационных свойств растворов. Это может привести к более эффективному проникновению раствора в пористую структуру горных пород, улучшению скорости и качества процесса бурения.

Кроме того, использование наночастиц позволяет снизить воздействие буровых операций на окружающую среду. Благодаря оптимизации буровых растворов с использованием наночастиц можно сократить объем выбросов и загрязнений, связанных с деятельностью нефтегазовой промышленности.

Важным фактором является также экономическая эффективность применения наночастиц в буровых растворах. Оптимизированные растворы могут улучшить производительность буровых операций, снизить расходы на энергию и оборудование, а также повысить общую эффективность процесса бурения [2].

Таким образом, актуальность данного исследования заключается в необходимости разработки новых методов и технологий оптимизации

В свою очередь, в источнике [3] утверждается, что применение нанотехнологий, позволило создавать «умные» технологические жидкости, или жидкости с запрограммированными свойствами (наножидкости). Такие жидкости используются для интенсификации добычи, повышения нефтеотдачи пласта и при бурении скважин. Наножидкости можно создавать таким образом, чтобы они были совместимы с флюидами и горными породами продуктивного пласта и в то же время не представляли опасности для окружающей среды. Некоторые из них уже находят применение, и в скором времени они решат ряд острых проблем, возникающим при бурении, заканчивании и эксплуатации скважин [3].

Важнейшим направлением применения нанотехнологий является разработка новых и повышение эффективности существующих химических реагентов. Уже разработаны технологические растворы, содержащие коллоидные частицы геля, которые препятствуют поглощению раствора пластом. В результате этого снижаются потери технологических жидкостей при закачивании и ремонте скважин.

В источнике [4] дается определение наножидкостям. Наножидкости – это технологические растворы с добавлением небольшого количества нанодисперсии твердых частиц для улучшения тех или иных свойств. Наножидкости можно создавать таким образом, чтобы они были совместимы с флюидами и горными породами продуктивного пласта и в то же время не представляли опасности для окружающей среды. Некоторые из них уже находят применение и в скором времени они позволят решить ряд острых проблем, возникающих при бурении, заканчивании и эксплуатации скважин.

Целью квалификационной работы является анализ и исследование влияния внедрения наночастиц на свойства буровых растворов, выявление закономерностей изменения реологических свойства в зависимости от концентрации вводимых реагентов, и рассмотрение достижений науки в области разработки нано-добавок для буровых растворов.

Основные задачи квалификационной работы:

- Выполнить информационно - аналитический обзор состояния развития наночастиц в области применения их в системах буровых растворов;
- Рассмотреть технологии получения наночастиц;
- Определить значение химии в процессе развития наночастиц;
- Определить влияние применения наночастиц на свойства бурового раствора;
- Определить эффективность применения наночастиц;
- Рассмотреть экологические и экономические преимущества и недостатки применения наночастиц в системах буровых растворов;
- Рассмотреть перспективы внедрения технологии применения наночастиц.

Объектом исследования являются модифицированные наноструктурированными добавками системы буровых растворов.

Предметом исследования является влияние наночастиц на реологические свойства буровых растворов.

1. Аналитический обзор литературы

1.1 Понятие наночастиц, физико-химические свойства и их типы

1.1.1 Определение и свойства наночастиц

Наночастицы обладают уникальными свойствами, отличными от их макроскопических аналогов. Размер наночастиц приближается к характеристическим размерам молекул, атомов и ионов, что приводит к изменению их физических и химических свойств.

Одно из наиболее значимых свойств наночастиц - поверхностный эффект. Поскольку поверхность наночастиц пропорционально увеличивается с уменьшением их размеров, значительная часть атомов и молекул находится на поверхности. Это приводит к изменениям в их электронной структуре и поведении, делая наночастицы более активными с химической, физической и каталитической точек зрения [5].

В работе [6] указано, что оптические свойства наночастиц также являются важными и зависят от их размера и формы. Маленькие наночастицы могут обладать плазмонными резонансами, что приводит к поглощению и рассеянию света в зависимости от длины волны и конфигурации наночастиц. Это позволяет использовать наночастицы в оптических приложениях, таких как сенсоры, лазеры, фотоника и оптические покрытия.

Механические свойства наночастиц также изменяются по сравнению с их макроскопическими аналогами. Маленькие размеры наночастиц приводят к большой поверхностной энергии и высокой деформируемости. Это делает их привлекательными для использования в усиленных материалах, таких как композиты, где они могут улучшить прочность и устойчивость к разрушению.

С другой стороны, свойства наночастиц могут быть изменены с помощью контролируемой модификации их состава, формы, размера и поверхности [7]. Синтез и функционализация наночастиц позволяют создавать материалы с желаемыми свойствами для различных приложений, таких как катализ, сенсорика, медицина и энергетика [8].

В целом, наночастицы представляют уникальный класс материалов с широким спектром свойств и потенциалом для инноваций в различных областях науки и технологий. Понимание и контроль их свойств играют важную роль в разработке новых материалов и улучшении существующих технологий.

1.1.2 Классификация наночастиц по форме

Классификация наночастиц по форме является одним из важных аспектов исследования наноматериалов. Форма наночастиц играет существенную роль в их физических, химических и оптических свойствах, а также влияет на их применимость в различных областях, включая буровые растворы. В этом ответе мы рассмотрим основные типы классификации наночастиц по форме, охватывая разнообразие форм и их свойств [9].

Сферические наночастицы (3D-наночастицы). Сферические наночастицы имеют форму идеальной сферы, где все три измерения (длина, ширина, высота) приближены друг к другу. Их геометрическая форма обеспечивает высокую симметрию, что делает их стабильными и удобными в использовании. Сферические наночастицы обладают равномерным распределением нагрузки и отличной дисперсией в растворах, что способствует улучшению свойств буровых растворов, таких как устойчивость и реологические характеристики [10,11].

Пластинчатые наночастицы (2D-наночастицы). Пластинчатые наночастицы имеют форму плоских пластинок или лепестков [11]. Их характерной особенностью является значительное различие в длине и ширине по сравнению с толщиной. Пластинчатые наночастицы обладают большой поверхностью и могут обеспечивать улучшенные свойства в буровых растворах, такие как адсорбционная емкость, адгезия и катализ [12].

Полиэдральные наночастицы (3D-наночастицы). Полиэдральные наночастицы имеют многогранную форму, состоящую из плоских граней [13]. Их форма может быть разнообразной, включая кубы, призмы, октаэдры и додекаэдры. Полиэдральные наночастицы обладают уникальными

оптическими, каталитическими и плазмонными свойствами, что делает их привлекательными для применения в буровых растворах с целью усиления оптических и реакционных процессов [11-14].

Трубчатые наночастицы (углеродные нанотрубки). Трубчатые наночастицы представляют собой структуры в форме трубок или нанотрубок [15]. Они могут иметь разные диаметры, длины и формы, такие как углеродные нанотрубки или нанотрубки из других материалов. Трубчатые наночастицы обладают уникальными электрическими и механическими свойствами, их применение в буровых растворах может улучшить электропроводность и механическую прочность раствора [2].

Дендримеры (1D-наночастицы). Дендримеры представляют собой ветвящиеся плоские структуры. Они состоят из центрального ядра, от которого радиально выходят ветви, которые в свою очередь могут иметь более мелкие ветви. Дендримеры обладают уникальными свойствами, такими как высокая функциональность, регулируемая растворимость и размер, что делает их применимыми в буровых растворах для управления реологическими свойствами, структурной модификации и увеличения стабильности раствора [11, 13, 16].

Наночастицы нулевой размерности (0D-наночастицы). Такие наночастицы представляют собой отдельные молекулы, не связанные между собой [17]. Такие структуры наночастиц обладают высокой растворимостью и реакционной способностью, вследствие большой свободной поверхностью, способной связываться с другими компонентами бурового раствора [18,19].

Другие формы наночастиц. Кроме перечисленных выше форм, существуют и другие разнообразные формы наночастиц, такие как усеченные пирамиды, звездообразные структуры, гибридные наночастицы и т. д. Каждая из этих форм обладает своими уникальными свойствами, которые могут быть применимы в буровых растворах для достижения определенных целей и задач.

Классификация наночастиц по форме предоставляет исследователям и инженерам широкий спектр инструментов для дизайна и оптимизации

наноматериалов в контексте буровых растворов. Выбор определенной формы наночастиц зависит от требуемых свойств и целей исследования или приложения. Разнообразие форм наночастиц открывает возможности для улучшения эффективности, стабильности, дисперсности и других характеристик буровых растворов, что в свою очередь способствует повышению эффективности и безопасности буровых операций. Общая классификация наночастиц по форме представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация наночастиц по форме

1.2 Методы получения наноматериалов

1.2.1 Жидкостные методы получения наноматериалов

Использование жидкостных методов синтеза является распространенным подходом для получения наночастиц и наноматериалов. Один из наиболее известных и широко применяемых методов – это золь-гель синтез. Этот метод включает растворение прекурсоров материалов в жидкой фазе, за которым следует гидролиз и полимеризация прекурсоров, образуя гель-подобную матрицу. Далее гель подвергается термической обработке для удаления органических компонентов и получения окончательного продукта в виде наночастиц или наноматериалов [20].

Осаждение порошкообразных материалов из растворов также является распространенным методом для получения наночастиц, особенно в случае оптических материалов, таких как люминофоры [21]. В этом методе растворы содержат прекурсоры, которые подвергаются химическим реакциям, осажаясь в виде наночастиц на подложке или поверхности [21, 22]. Иллюстрация процесса золь-гель синтеза представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Процесс золь-гель синтеза

В источнике [23], утверждается, что в последние годы развивается жидкостной полимерно-солевой метод формирования наноразмерных оптических покрытий различного химического состава. Этот метод включает растворение полимерных прекурсоров и солей в жидкой среде, где происходит химическое взаимодействие между компонентами и образование наночастиц или покрытий.

Таким образом, жидкостные методы синтеза, такие как золь-гель синтез, осаждение из растворов и жидкостной полимерно-солевой метод, предоставляют эффективные способы получения наночастиц и наноматериалов различного химического состава, включая оптические материалы. Эти методы имеют широкий спектр применений в различных областях, включая оптику, электронику, медицину и другие.

Простота и высокая производительность являются одними из главных преимуществ жидкофазных методов. Они не требуют сложного технологического оборудования и могут быть реализованы с использованием стандартных лабораторных условий [24, 25]. Это делает эти методы доступными и применимыми даже для небольших лабораторий или промышленных предприятий.

Технологичность и универсальность жидкостных методов также являются значимыми преимуществами. Они могут быть применены для получения разнообразных наноматериалов и покрытий с различными

химическими составами. Это позволяет управлять структурой и свойствами получаемых материалов в широком диапазоне.

Экономическая привлекательность жидкофазных методов связана с их относительной низкой стоимостью и инвестиционной затратой. Они не требуют дорогостоящего оборудования и специальных условий, что снижает затраты на их внедрение и масштабирование производства [25].

Таким образом, жидкостные методы синтеза, такие как золь-гель синтез, осаждение из растворов и жидкостной полимерно-солевой метод, предоставляют эффективные способы получения наночастиц и наноматериалов различного химического состава, включая оптические материалы структуры для применения их в буровых растворах.

1.2.2 Газофазные методы получения наноматериалов

Газофазные методы получения наноматериалов являются важной исследовательской областью в науке о наноматериалах. Они представляют собой способы синтеза наночастиц и наноструктур из газовой фазы, при которых молекулярные или атомарные исходные материалы конвертируются в наномасштабные структуры [26]. Эти методы широко применяются в различных областях, включая материаловедение, электронику, катализ, медицину и энергетику.

Один из основных газофазных методов получения наноматериалов - химическое осаждение из газовой фазы (CVD) [27]. В процессе химического осаждения исходные газы вводятся в реакционную камеру, где под воздействием тепла или плазмы происходят химические реакции, приводящие к образованию наночастиц (рисунок 3). Важным аспектом данного метода является выбор исходных газов, температуры и давления в реакционной камере, которые определяют размер, форму и состав получаемых наноматериалов [27, 28].

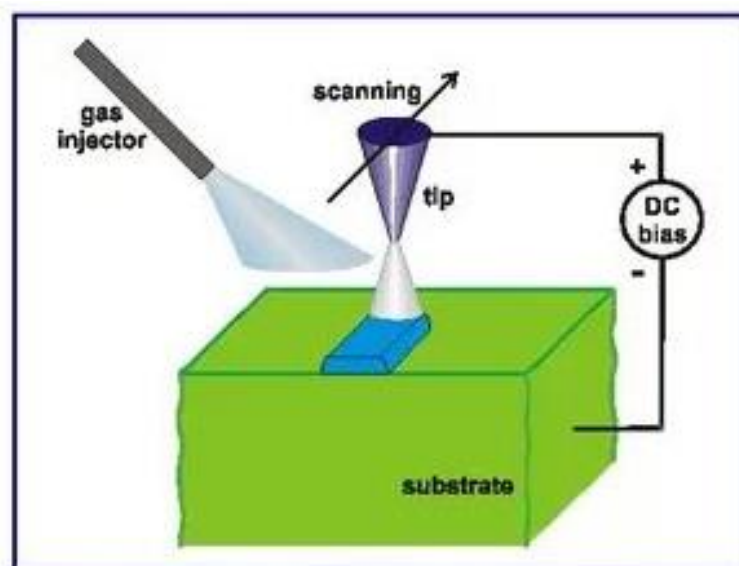


Рисунок 3 – Метод локального химического осаждения наночастиц

Другой распространенный газофазный метод - физическое осаждение из газовой фазы. Исходя из анализа источника [29], в данном методе используются физические процессы, такие как эвапорация или ионная бомбардировка, для создания потока атомов или молекул в газовой фазе. Эти атомы или молекулы затем осаждаются на поверхности субстрата, образуя наночастицы. Методы физического осаждения позволяют получать наноматериалы с высокой чистотой и контролируемыми структурными свойствами.

В источниках [30,31] Разъяснены принцип работы и оснащение установок для физического осаждения наночастиц из газовой фазы путем импульсного лазерного испарения, схема такой установки представлена на рисунке 4. В первую очередь, камеру наполняют инертным газом (He ил Ar) при давлении от 1 до 100 Па. Такие условия способствуют созданию стационарной конвекции между мишенью лазера и охлаждаемой подложкой. Затем осуществляется лазерная абляция атомов импульсным лазером, в результате чего испаряется более 10^{14} вещества (при одиночном выстреле 10^8 вещества), которые при столкновении с атомами He быстро конденсируются. Лазерную абляцию широко используют для получения многокомпонентных нанокристаллических материалов с размером зерен до 50 нм.

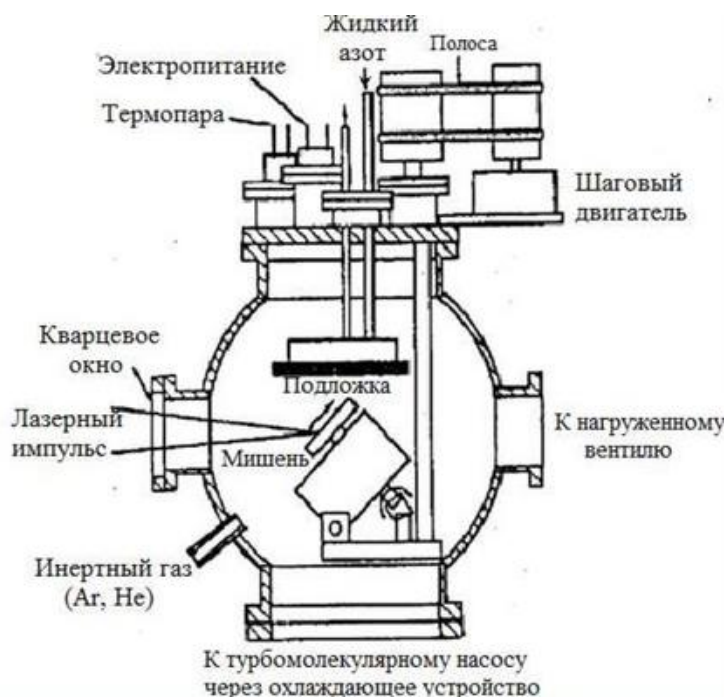


Рисунок 4 – Схема установки для физического осаждения наночастиц

Газофазные методы получения наноматериалов обладают рядом преимуществ. Во-первых, они позволяют получать наночастицы с широким диапазоном размеров и форм, что позволяет контролировать их свойства и адаптировать для конкретных приложений. Во-вторых, эти методы обеспечивают высокую чистоту получаемых наноматериалов, что важно для их дальнейшего использования в различных областях. В-третьих, газофазные методы обладают высокой масштабируемостью, что позволяет производить наноматериалы в больших количествах [32].

Однако, газофазные методы также имеют свои ограничения и сложности. Они требуют специализированного оборудования, контроля параметров процесса и оптимизации условий реакции для достижения желаемых свойств наноматериалов. Кроме того, выбор газов-предшественников и их сочетание может оказывать влияние на структуру и свойства получаемых наноматериалов [32, 33].

В источнике [34] представлена схема аппарата для газофазного метода получения нанопорошков металлов представлена на рисунке 5: рабочая камера-1, охлаждаемый барабан-2, скребок-3, воронка-4, приемную емкость для порошка-5, нагреваемый трубчатый реактор-6, устройство для

регулируемой подачи испаряемого материала и несущего газа-7. В трубчатом реакторе 6 материал смешивается с несущим инертным газом и переводится в газофазное состояние.

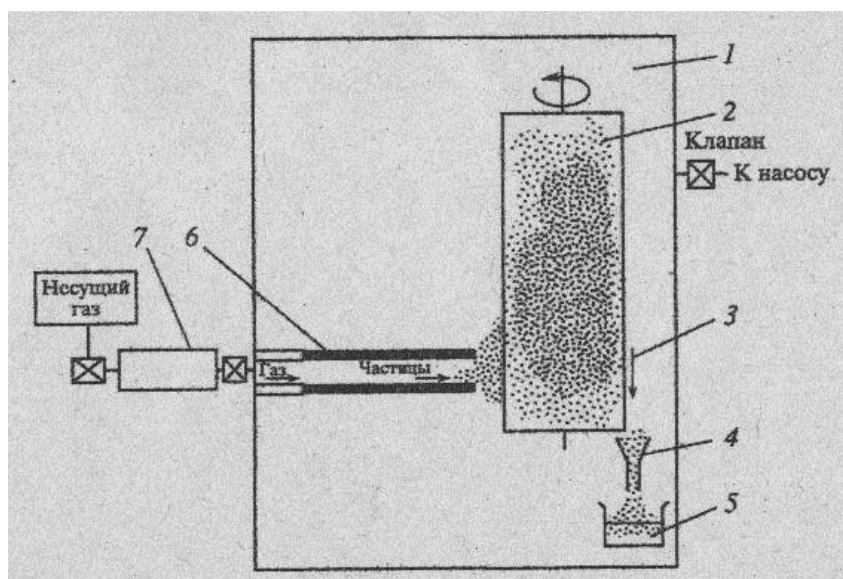


Рисунок 5 – Схема аппарата для газофазного получения нанопорошков металлов

В заключение, газофазные методы получения наноматериалов являются важным инструментом для создания наночастиц и наноструктур с контролируемыми свойствами. Они широко применяются в научных и промышленных исследованиях, а также в различных технологических приложениях. Дальнейшие исследования и разработки в этой области помогут расширить возможности и эффективность газофазных методов получения наноматериалов и способствовать развитию новых инновационных технологий.

1.2.3 Твердофазные методы получения наноматериалов

Твердофазные методы получения наноматериалов представляют собой широкий класс технологий, используемых для синтеза наноструктур и наночастиц из твердого исходного материала. Эти методы играют важную роль в различных областях, включая материаловедение, электронику, катализ и медицину [34, 35]. Твердофазные методы позволяют контролировать размеры, форму, структуру и свойства наноматериалов, что делает их востребованными в современной науке и технологии.

Один из основных твердофазных методов получения наноматериалов - механическая мелкая обработка. Этот метод основан на механическом измельчении твердого материала до наноразмеров. Примеры таких методов включают шаровое фрезерование, вибрационное фрезерование и планетарное шаровое фрезерование. Механическая мелкая обработка позволяет получать наночастицы с уникальными свойствами, такими как большая поверхность и повышенная активность [34, 36].

В источнике [37] упомянут другой распространенный твердофазный метод - термическая обработка. В этом методе материал подвергается воздействию высоких температур, что приводит к фазовым превращениям, росту кристаллов и формированию наночастиц. Термическая обработка может быть проведена в различных условиях, включая вакуум, инертную атмосферу или контролируемую атмосферу, чтобы получить наноматериалы с желаемыми свойствами.

Еще одним важным твердофазным методом является химическое осаждение из твердой фазы. В этом методе исходные химические реагенты превращаются в наночастицы в результате химических реакций в твердой фазе. Примеры включают методы гидролиза, гидротермального синтеза и солеотложения [38]. Химическое осаждение из твердой фазы позволяет получать наноматериалы с высокой чистотой и контролируемыми размерами и формами.

Твердофазные методы получения наноматериалов имеют ряд преимуществ. Они обладают высокой контролируемостью над размерами и формами наночастиц, а также над их структурой и свойствами. Эти методы позволяют производить наноматериалы в больших количествах и широком диапазоне размеров [31,38]. Кроме того, твердофазные методы являются относительно простыми и доступными с технологической точки зрения.

Однако, твердофазные методы также имеют свои ограничения и сложности. Они могут требовать специального оборудования, контроля параметров процесса и оптимизации условий реакции для достижения

желаемых свойств наноматериалов [32, 37, 38]. Кроме того, выбор исходного твердого материала и способ его предварительной подготовки могут оказывать влияние на качество и свойства получаемых наночастиц.

В заключение, твердофазные методы получения наноматериалов представляют собой важный инструмент для синтеза наноструктур и наночастиц с контролируемыми свойствами. Эти методы позволяют получать наноматериалы с разнообразными размерами, формами и структурами, что делает их полезными для различных приложений. Дальнейшие исследования и разработки в области твердофазных методов позволят расширить границы и эффективность синтеза наноматериалов и способствовать развитию новых технологий и материалов будущего.

1.3 Применение наночастиц в нефтегазовой отрасли

Применение наночастиц в нефтегазовой отрасли открывает новые возможности и способы оптимизации процессов добычи, обработки и транспортировки нефти и газа. Наночастицы могут быть использованы в различных аспектах нефтегазовой индустрии, их применение может привести к улучшению эффективности и экономической эффективности операций.

Одним из важных применений наночастиц является улучшение бурения скважин. Наночастицы могут быть добавлены в буровые растворы с целью улучшения их реологических свойств, снижения трения и износа оборудования, а также улучшения смазочных свойств [18, 19]. Это позволяет повысить скорость и эффективность бурения, а также снизить затраты на обслуживание и ремонт оборудования.

Еще одним применением наночастиц в нефтегазовой отрасли является улучшение извлечения нефти из месторождений. Наночастицы могут быть использованы для создания специальных полимерных композитов, которые применяются в методах увеличения нефтеотдачи, таких как полимерная флуидная инъекция и гидродинамическое легирование. Наночастицы помогают улучшить проницаемость и мобильность нефтяных флюидов, что приводит к более эффективному извлечению нефти из пластов [39].

Также наночастицы могут быть использованы в процессах обработки нефти и газа. Например, они могут служить в качестве катализаторов для различных реакций, таких как гидрирование или окисление, что позволяет улучшить процессы очистки, десульфурации и конверсии нефти и газа. Наночастицы также могут использоваться для снижения вязкости нефти, что улучшает ее транспортабельность и снижает энергозатраты на транспортировку [40].

Еще одним перспективным направлением применения наночастиц в нефтегазовой отрасли является создание сенсорных систем для мониторинга и контроля процессов. В источнике [41] упоминается, что наночастицы могут быть интегрированы в сенсоры для обнаружения и измерения различных параметров, таких как давление, температура, состав и физико-химические свойства нефти и газа. Это помогает обеспечить более точное и реактивное управление процессами в нефтегазовой индустрии.

Наночастицы также могут быть использованы для создания новых материалов и покрытий, обладающих особыми свойствами, такими как прочность, устойчивость к коррозии и тепловая стабильность. Это способствует повышению надежности и долговечности оборудования и инфраструктуры в нефтегазовой отрасли [17, 25, 32].

В заключение, применение наночастиц в нефтегазовой отрасли предоставляет новые возможности для оптимизации и улучшения различных процессов. Они могут быть использованы для улучшения бурения, увеличения нефтеотдачи, обработки нефти и газа, создания сенсорных систем и разработки новых материалов. Применение наночастиц способствует более эффективной и экономически эффективной работе в нефтегазовой индустрии.

1.4 Наночастицы в системах буровых растворов

1.4.1 Существующие методы оптимизации буровых растворов

В нефтегазовой индустрии оптимизация буровых растворов играет важную роль в обеспечении эффективного и безопасного бурения скважин. Существуют различные методы и подходы к оптимизации буровых растворов,

которые направлены на улучшение их свойств и производительности. Ниже приведены основные параметры буровых растворов, контроль которых в большей мере обеспечивает качественное строительство скважины.

Регулирование плотности раствора. Плотность бурового раствора имеет решающее значение для контроля давления в скважине для предотвращения ГНВП и предотвращения потери циркуляции. Регулирование плотности может быть достигнуто путем изменения концентрации солей или добавления плотных материалов, таких как барит или графит. Плотные материалы, такие как барит ($BaSO_4$), могут быть добавлены в буровой раствор для увеличения его плотности [42].

Взвешивающие агенты, такие как полимерные частицы, могут быть добавлены в буровой раствор для достижения требуемой плотности. Эти агенты обладают высокой плотностью и могут быть равномерно распределены в растворе, что позволяет увеличить его плотность [42].

Важно отметить, что выбор метода регулирования плотности бурового раствора зависит от конкретных условий бурения и требований к плотности. Оптимальный метод может быть определен на основе анализа геологических данных, требований по контролю давления и других факторов.

Правильное регулирование плотности бурового раствора играет ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности бурения скважин. Тщательное планирование и контроль плотности раствора помогают предотвратить потерю циркуляции, контролировать давление и достичь успешных результатов в нефтегазовой отрасли [43].

Контроль pH-значения. pH-значение бурового раствора влияет на растворимость минералов, реакции с глиной и эффективность добавок. Изменение pH-значения может быть достигнуто с помощью щелочных или кислотных добавок [43].

Для повышения pH-значения бурового раствора можно добавить щелочные реагенты, такие как NaOH или KOH. Эти добавки повышают

щелочность раствора и могут быть использованы для нейтрализации кислотных компонентов или снижения кислотности в растворе.

Также можно использовать буферные жидкости, содержащие смесь слабой кислоты и ее конъюгированной основы или слабой основы и ее конъюгированной кислоты. Они способны поддерживать стабильное рН-значение раствора, предотвращая его резкие изменения при добавлении кислотных или щелочных реагентов [42].

Корректное регулирование рН-значения бурового раствора имеет несколько преимуществ. Во-первых, оптимальное рН-значение способствует растворимости минералов и предотвращает образование отложений. Во-вторых, это помогает эффективно использовать добавки и реагенты, такие как полимеры или смазочные материалы, которые могут быть рН-чувствительными. Кроме того, правильное рН-значение способствует защите оборудования от коррозии и поддержанию его работоспособности [42, 44].

Регулирование рН-значения бурового раствора требует внимательного мониторинга и понимания химических процессов, происходящих во время бурения. Это позволяет обеспечить безопасность, эффективность и успешное завершение операций бурения скважин в нефтегазовой отрасли.

Ингибирование глины. Глина является распространенной проблемой при бурении скважин, поскольку она может приводить к сужению стенок скважины, прихвату и потере циркуляции. Использование ингибиторов глины позволяет предотвратить ее гидратацию и образование коллоидных частиц [43].

Улучшение смазочных свойств. Добавление смазывающих добавок, таких как полимеры или масла, позволяет снизить трение между буровым инструментом и стенками скважины, что улучшает скорость и эффективность бурения.

Полимерные ингибиторы являются эффективными веществами для предотвращения гидратации глин и их разбухания. Они образуют защитную пленку на поверхности глины, предотвращая ее взаимодействие с буровым

раствором. Полимеры также улучшают стабильность глинистых слоев и предотвращают их разрушение [44].

Ингибиторы ионного обмена взаимодействуют с ионами глин, меняя их поверхностные свойства и предотвращая их адсорбцию на частицах глины. Это снижает активность глин и уменьшает их влияние на свойства бурового раствора. Ингибиторы ионного обмена также могут улучшать стабильность и коагуляцию глинистых частиц.

Ингибирование глин в буровом растворе является важным аспектом процесса бурения скважин. Это позволяет снизить негативные последствия взаимодействия с глинистыми слоями и обеспечить эффективность операций бурения в нефтегазовой отрасли.

Контроль пенообразования. Пена может быть образована в процессе бурения и приводит к уменьшению эффективности циркуляции и проникновению бурового раствора в пласт. Использование антипенных добавок позволяет контролировать образование пены и улучшить производительность буровых операций [42].

Диспергаторы помогают разрушить пену, распределяя ее в виде мельчайших пузырьков. Это позволяет улучшить разделение газа от жидкости и предотвратить образование пенящегося слоя. Диспергаторы могут быть добавлены в буровой раствор для улучшения его стабильности и снижения пенообразования.

Некоторые параметры бурения, такие как скорость циркуляции раствора, давление насоса и скорость поворота бурового раствора, могут влиять на уровень пенообразования. Оптимизация этих параметров может помочь снизить риск возникновения избыточной пены и обеспечить более эффективное бурение.

Использование добавок для улучшения фильтрации. Добавки, такие как глинообразующие полимеры или гидрофильные коллоиды, могут улучшить фильтрацию бурового раствора и предотвратить потерю жидкости в пласт [2, 42, 44].

Применение наночастиц. Наночастицы имеют уникальные свойства, которые могут быть использованы для оптимизации буровых растворов. Они могут повысить смазочные свойства, улучшить фильтрацию, уменьшить трение и повысить эффективность бурения [2, 3, 40].

Это лишь некоторые из существующих методов оптимизации буровых растворов. Комбинирование различных подходов и добавок позволяет достичь наилучших результатов в различных условиях бурения скважин. Константное исследование и развитие в этой области позволяют улучшать процессы и совершенствовать нефтегазовую индустрию.

1.4.2 Классификация наночастиц, применяемых в буровых растворах

Применяемые для буровых растворов наночастицы можно условно разделить на 4 группы: наночастицы на основе полимеров, керамические наночастицы, наночастицы металлов, углеродные наночастицы [45].

Первая группа наночастиц состоит из синтетических полимеров, и включает в себя несколько примеров их применения. Например, применение комбинации SiO₂/акриловой смолы позволяет улучшить реологические и тепловые свойства буровых растворов на водной основе. Использование нанополимеров кремнезема позволяет изменять смачиваемость сланцевых формаций, что является важным фактором на границе контакта фаз. Добавление ZnO-акриламида влияет на предел текучести бурового раствора, его прочность геля, смазочные, термические и химические свойства. Также отмечается возможность предотвращения закупоривания пор глинистых сланцевых формаций и снижение их набухания. На рисунке 6 представлена фотография фильтрационной корки бурового раствора с полимерными наночастицами [2, 45].

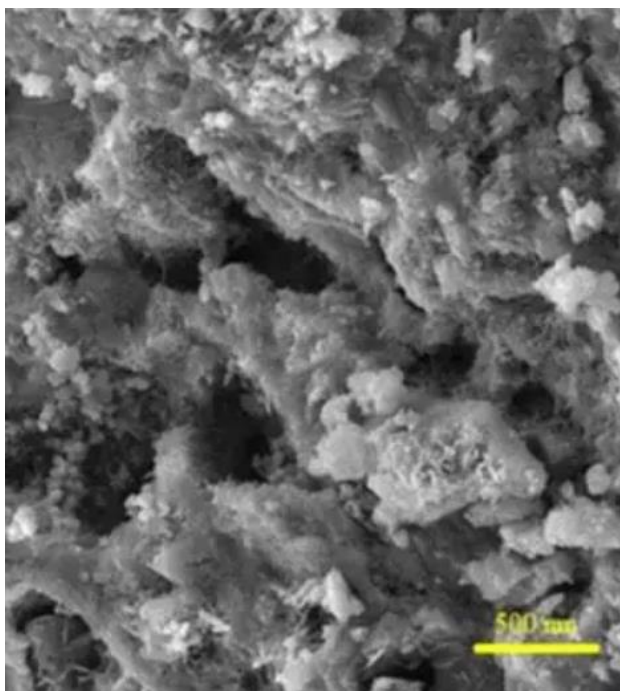


Рисунок 6 – Фильтрационная корка бурового раствора с полимерными наночастицами под сканирующим микроскопом

Вторая группа наночастиц включает керамические материалы, такие как алюмосиликат магния. Их использование может значительно сократить потребление обычных буровых растворов, что является благоприятным для окружающей среды. Исследования показали, что гидрофильные наночастицы кремнезема могут уменьшить образование гидратов в буровом растворе, а применение таких растворов на водной основе снижает взаимодействие с сланцевыми формациями [16]. Наночастицы ZnO могут быть использованы для удаления сероводорода из буровых растворов на водной основе. Применение наночастиц TiO₂ способствует снижению предела текучести и пластической вязкости бурового раствора, тем самым увеличивая прочность геля. Глиняные наночастицы и наночастицы CuO₂ могут улучшить реологические и термические свойства бурового раствора. Вид наночастиц ZnO представлен на рисунке 7 [45,46].

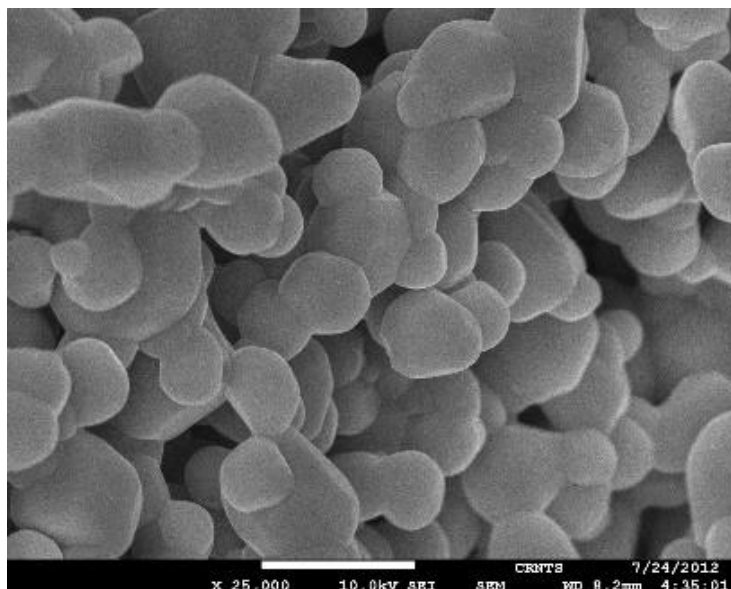


Рисунок 7 – Структура наночастиц ZnO под сканирующим микроскопом

Группа наночастиц металлов, третья по счету, имеет свои особенности. Например, добавление нитрида бора и наночастиц железа в буровые растворы приводит к снижению коэффициентов механического трения бурового раствора. Наночастицы железа, в свою очередь, способны сократить статические потери фильтрата бурового раствора и положительно влиять на его вязкостные характеристики. Некоторые исследования указывают на возможность увеличения давления гидроразрыва на более чем 60% при оптимальной концентрации наночастиц кальция. Наночастицы серебра могут регулировать потери фильтрата бурового раствора и снижать предел текучести. На рисунке 8 представлена фотография наночастиц TiO_2 [45].

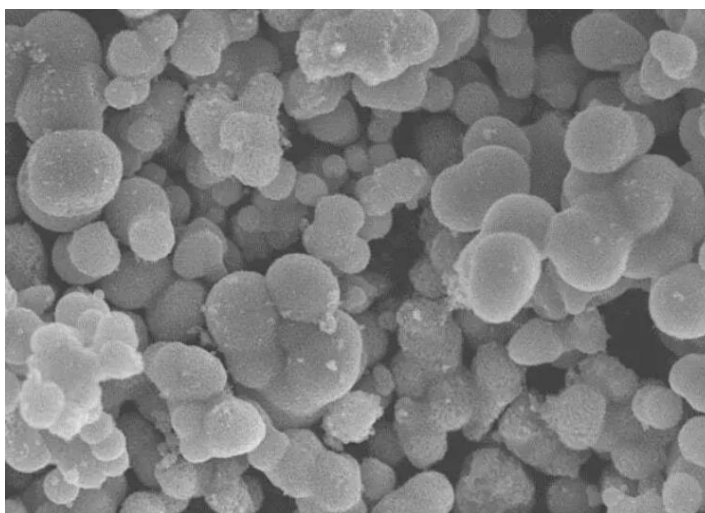


Рисунок 8 – Структура наночастиц TiO_2 под сканирующим микроскопом

В четвертой группе присутствуют наночастицы углерода. Применение наночастиц углерода позволяет поддерживать однородность бурового раствора на протяжении длительного времени, а также контролировать его плотность и существенно повысить термическую стабильность. Особое внимание заслуживает графен, который может быть использован в качестве фильтра в буровых растворах на нефтяной основе. На рисунке 9 представлена фотография структуры графена [3, 45].

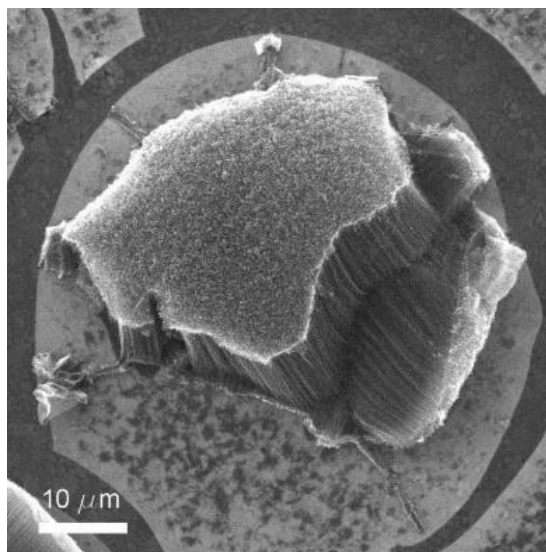


Рисунок 9 – Структура графена под сканирующим микроскопом

1.4.3 Роль наночастиц в системах буровых растворов

В последнее время нанотехнологии вызвали широкий интерес в нефтегазовой промышленности из-за их широкой применимости. Буровые растворы, содержащие в своем составе хотя бы одно или несколько наночастиц, известны как раствор с заданными свойствами или умный раствор [47].

С быстрым развитием нанотехнологий нанотехнологии постепенно проникают во все аспекты буровых растворов, и они будут играть важную роль в приготовлении новой системы буровых растворов. Во-первых, с помощью наноматериалов могут быть синтезированы некоторые новые добавки и системы буровых растворов, способные выдерживать тепло и нагрузку, повышающие соле- и кальцийстойкие свойства буровых растворов, снижать потери жидкости до пласта и повысить прочность ствола скважины

[39, 47]. Во-вторых, наномембрана, сформированная на поверхности бурового инструмента и ствола скважины, может предотвратить прихват при перепаде давления и обрушение ствола скважины [47, 49]. Подводя итог, можно сказать, что применение наноматериалов в области буровых растворов оказалось очень полезным для повышения устойчивости ствола скважины, защиты пласта и увеличения добычи нефти и газа. Это имеет большое значение для безопасного бурения, защиты окружающей среды и повышения эффективности разведки и добычи нефти [48,49]. В ближайшем будущем наноматериалы будут иметь важное прикладное значение и широкие перспективы в области приготовления новых обрабатывающих агентов и систем буровых растворов. Более того, это совершит новый прорыв в повышении эффективности бурения, а также принесет всестороннюю пользу разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений [39].

Нанокompозитные понизители фильтрации. С $C_4H_{10}O$ в качестве агента передачи цепи и $C_8H_{12}N_4$ в качестве инициатора амфифильный полистирол-блок-акриламид получают методом ОПЦ-полимеризации [50]. В процессе приготовления блок-полимера добавляют органический монтмориллонит для повышения термостойкости блок-полимеров, затем синтезируют полистирол. Полученный полимер успешно используется в качестве макроагента ОПЦ для инициации полимеризации акриламида, и получают амфифильные нанокompозиты. Нанометровые слои монтмориллонита равномерно распределяются в блочной полимерной матрице, и образуются эксфолиативные нанокompозиты. В результате нанокompозиты демонстрируют лучшую термостойкость по сравнению с обычными полимерами [50].

Наноэмульсионная смазка для буровых растворов. Синтез положительно заряженных наноэмульсий жидких парафинов, стабилизированных смешанными катионно-неионогенными ПАВ, осуществляется одностадийным методом. Экспериментальные результаты показывают, что дзета-потенциал капель можно легко регулировать, изменяя

соотношение катионного и неионного ПАВ. Благодаря электростерической стабилизации смешанных катионно-неионогенных ПАВ полученные наноэмульсии демонстрируют превосходную долговременную стабильность, а размеры их капель практически не увеличиваются в течение полугода [45]. Между тем, эта эмульсия обладает свойствами ингибирования и хорошей смазывающей способностью. При концентрации наноэмульсий более 0,5% об. они демонстрируют более сильное ингибирование по сравнению с 7% об. КС1. С увеличением содержания эмульсии ее ингибирование набухания глин будет возрастать, в основном за счет абсорбции наноэмульсий на поверхности глин с некоторыми положительно заряженными слоями потенциальной энергии [40, 45].

Нанометровая органоглина. Создан новый тип нанометровых бентонитовых композитов на основе интеркалированного метода. Бентонитовые композиты синтезируются с использованием органических катионных солей в качестве интеркалирующего агента для бентонита натрия. Это показывает, что интеркалированный агент проник в кристаллитные слои бентонита, что увеличит межслоевое пространство, в результате чего пластинка бентонита станет меньше и рыхлее [42, 45].

Органоглина добавляется в буровые растворы и проверяется способность снижать фильтрационные потери и повышать вязкость. Экспериментальные результаты показывают, что нанометровые бентонитовые композиты обладают очень хорошими характеристиками в снижении потерь при фильтрации и являются хорошим усилителем вязкости [50, 51]. Кроме того, органоглина также хорошо совместима с буровыми растворами. Буровые растворы на основе органоглин успешно применялись при бурении более 5 скважин на нефтяном месторождении Цинхай. Полевое применение показывает, что была получена очевидная экономическая и социальная выгода [50].

Нанокатализаторы, представляющие собой наноразмерные частицы металла, могут использоваться в процессе акватермолиза в коллекторах с

тяжелой нефтью. При закачке пара в коллекторы происходят химические реакции между паром и нефтью, направленные на разрыв сероуглеродной связи в асфальтенах [52].

Целью реакций акватермолиза является увеличение количества предельных углеводородов и ароматических соединений в нефти, что приводит к облагораживанию высоковязкой нефти в пластовых условиях. Нанокатализаторы, такие как никель и железо, могут действовать как катализаторы для этих реакций, ускоряя их протекание [52].

В результате акватермолиза происходит необратимое снижение вязкости тяжелой нефти. Использование нанокатализаторов позволяет более эффективно проводить реакции акватермолиза, улучшая процесс разрыва сероуглеродной связи и повышая качество и потокоподатливость нефти [52].

Важно отметить, что для конкретных условий и типов нефти могут быть оптимальные металлические катализаторы, исследования проводятся для определения наиболее эффективных и экономически выгодных вариантов нанокатализаторов для применения в процессе акватермолиза.

Стабилизация эмульсии наночастицами обеспечивает высокую вязкость, что может быть полезным при управлении соотношением подвижностей при процессе заводнения. В отличие от стабилизации полимерами, которые имеют больший размер и сильно задерживаются в коллекторе, наночастицы образуют маленькие капельки эмульсии, способные проходить через обычные поры и фильтроваться через коллектор без значительной задержки. Стабильность эмульсии обеспечивается необратимой адсорбцией наночастиц на поверхности капель эмульсии. Это позволяет сохранять стабильность эмульсии даже при суровых условиях в пласте [53, 54].

Применение эмульсий стабилизированных наночастицами имеет потенциал в различных областях, включая нефтяную промышленность, для улучшения добычи нефти, эффективного вытеснения высоковязкой нефти и управления потокоподвижностью в пласте [54].

2. Анализ практических исследований наночастиц

2.1 Исследование влияния ввода наночастиц на реологические свойства буровых растворов

2.1.1 Влияние на пластическую вязкость

Пластическая вязкость (ПВ) является одним из стандартных параметров, определяющих вязкостное сопротивление течению жидкости. В контексте буровых растворов, ПВ используется для оценки их способности удерживать буровой шлам в подвешенном состоянии [55].

Повышенное содержание твердых частиц, особенно глинистых низкой плотности, приводит к увеличению пластической вязкости и прочности бурового раствора. Буровые растворы с высоким содержанием твердой фазы образуют толстую глинистую корку и характеризуются низкими скоростями проходки. Высокое содержание песка в буровом растворе повышает его абразивность, что может привести к повреждению насосов, труб, скважинного инструмента и двигателей [56]. Для снижения ПВ необходимо уменьшить концентрацию твердых частиц в буровом растворе путем разбавления водой или другими методами, которые улучшают его промывочные характеристики.

Улучшение реологических свойств бурового раствора во время буровых работ обычно достигается с помощью добавок, таких как бентонит, но для этого также могут применяться наночастицы разных типов. Бентонит является добавкой, которая в силу своей низкой стоимости широко используется для модификации реологических свойств буровых растворов [57].

Наночастицы доказали свою способность оптимизировать реологические свойства буровых растворов, включая ПВ. Добавление различных наночастиц (таких как Al_2O_3 , CuO , TiO_2) в концентрации около 1% об. в буровые растворы на основе бентонита существенно увеличивает ПВ и другие реологические параметры. Введение наночастиц MgO в сочетании с модифицированным крахмалом в концентрации 0,5% об. увеличивает ПВ буровых растворов на водной основе на 45% об. При высоком давлении и температуре было установлено, что гибридные структуры, состоящие из

многостенных нанотрубок и TiO_2 , положительно влияют на ПВ, но не влияют на водоотдачу [58, 59].

Также было обнаружено, что функционализированные многостенные углеродные нанотрубки в концентрациях от 0,01% об. до 0,5% об. улучшают пластическую вязкость буровых растворов благодаря своей большей поверхности, высокому содержанию твердых веществ и удельной поверхности нанотрубок. Дополнительно, добавление гидрофильного гильсонита в буровой раствор увеличивает пластическую вязкость на 9,5%. Исследования также показали, что добавление наночастиц TiO_2 в концентрации около 0,05% по массе к полианионной целлюлозе, гидроксипропилцеллюлозе и ксантогенатной камеди при различных температурах до и после обработки в вальцовой печи благоприятно влияет на термоустойчивость и реологические характеристики буровых растворов [60].

2.1.2 Влияние на статическое напряжение сдвига

Прочность геля (СНС) является показателем скорости и прочности образования геля в статических условиях. Чем выше прочность геля, тем больше размер частиц, которые могут оставаться в коллоидном состоянии, не оседая под воздействием гравитационных сил. Прочность геля является важным фактором для поддержания частиц в подвешенном состоянии в буровом растворе.

Твердые частицы не могут находиться в подвешенном состоянии без достаточной прочности геля бурового раствора под воздействием статических напряжений сдвига. Измерение прочности геля обычно проводится при низкой скорости сдвига после того, как буровой раствор остается неподвижным в течение определенного временного периода. Стандартная процедура Американского нефтяного института определяет периоды времени в 10 секунд и 10 минут, хотя измерения прочности геля также часто проводятся через 30 минут или 16 часов [62].

Использование наночастиц в качестве добавок может положительно влиять на прочность геля. Например, исследования показали, что добавление

наночастиц MgO в концентрации около 0,5% по массе в буровой раствор может повысить прочность геля на 67%. С другой стороны, добавление наночастиц Fe₂O₃ в концентрации около 3% по массе в буровой раствор может увеличить прочность геля всего на 3% [61, 62].

2.1.3 Влияние на смазывающую способность

При бурении нефтяных и газовых скважин возникают значительные значения крутящего момента и трение бурового инструмента о стенки скважины. Это может приводить к проблемам, таким как прихват инструмента и повышенный износ оборудования. Для снижения этих проблем в буровых растворах применяются специальные смазочные добавки, которые улучшают антиприхватные и ПАВ [63].

Однако многие существующие смазочные добавки могут потерять свою эффективность при бурении солевых отложений с использованием насыщенных солями буровых растворов или при загрязнении бурового раствора в процессе вскрытия пластов, содержащих двухвалентные соли металлов, в частности соли кальция. Это связано с тем, что эти соли могут взаимодействовать с добавками и снижать их эффективность. Поэтому для подобных условий требуется разработка и применение более эффективных смазочных добавок, устойчивых к воздействию солей и способных обеспечивать надежное снижение трения и крутящего момента при бурении скважин [63-65].

Использование наночастиц, таких как наночастицы гидрофильного природного гильсонита (HGN), может действительно улучшить смазывающую способность буровых растворов. В условиях высокой температуры и давления, наночастицы HGN проявляют способность снижать крутящий момент и улучшать смазывающие свойства бурового раствора.

Исследования показали, что при добавлении наночастиц HGN в буровой раствор, подвергаемый высокой температуре и давлению, крутящий момент может быть снижен на 15% и 13,63%, а также смазывающая способность раствора может быть улучшена. Это имеет положительное влияние на ПВ и

СНС, а также снижает водоотдачу. Такие улучшения способствуют минимизации риска дифференциального прихвата на 61,5%.

Это объясняется тем, что после обработки вальцовый пещью значение ДНС/ПВ бурового раствора с добавлением наночастиц HGN увеличивается на 9,5%, в то время как значение ДНС/ПВ базового бурового раствора снижается на 67%. Таким образом, использование наночастиц HGN позволяет достичь более эффективного смазывания и снижения трения при бурении скважин в условиях высоких температур и давления [66].

Если буровой раствор содержит гидрофильный гильсонит и проходит обработку в вальцовый пещи, он обычно обладает более высокой по сравнению с базовый раствором. Это приводит к снижению риска дифференциального прихвата буровый инструмент.

На рисунке 10 показано, что после обработки в вальцовый пещи водоотдача значительно снижается как в стандартных условиях, так и в условиях высокого давления и температуры. Это указывает на улучшение свойств буровый раствора, так как снижение водоотдачи сводит к минимуму потери жидкости и помогает поддерживать буровый штуцерный жидкость в коллоидном состоянии, обеспечивая более стабильные условия бурения [67, 68].

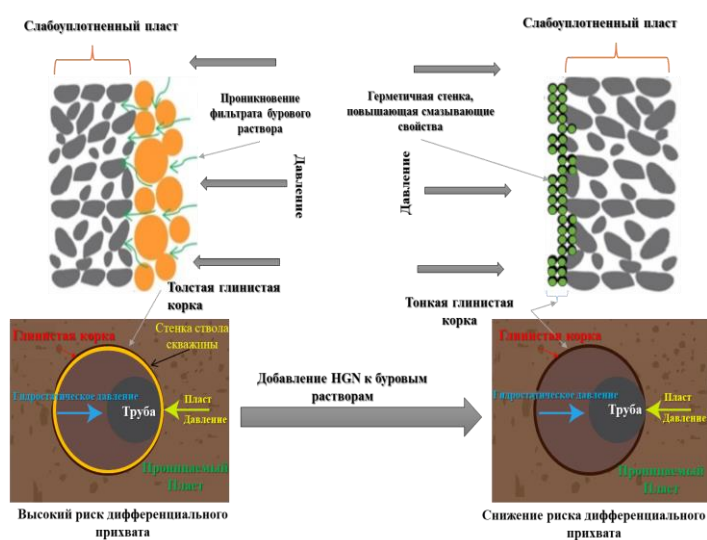


Рисунок 10 – Механизм оптимизации реологических свойств раствора путем добавления HGN

Применение наночастиц графена в буровых растворах на водной основе в полевых испытаниях [69] показало значительные преимущества. При добавлении 3% по массе наночастиц графена удалось снизить крутящий момент на 20% и существенно уменьшить износ буровых долот.

Наночастицы графена также привели к изменению морфологии и свойств поверхности металла, образуя самовосстанавливающийся фрикционный барьер (рисунок 11). Этот барьер способен собирать "мелкий порошок" с поверхности металла, предотвращая его зашламование. Это позволяет буровому инструменту свободно разбуривать новые пласты без препятствий.



Рисунок 11 – Износ буровых долот при использовании: а-буровой раствор на водной основе с эфиром; б-буровой раствор на водной основе с графеном

Результаты показывают, что использование наночастиц графена может значительно улучшить эффективность и долговечность бурового процесса, а также снизить затраты на замену и обслуживание бурового инструмента.

Использование наночастиц графена в буровых растворах позволяет достичь высокой долговечности работы и требует низкой дозировки. Это делает их оптимальной добавкой, превосходящей другие жидкие и твердые смазочные материалы, которые могут использоваться в буровых процессах.

В полевых испытаниях наблюдалась хорошая смазывающая способность бурового раствора с наночастицами графена при высоких температурах до 176 °С. Это важно, поскольку бурение нефтяных и газовых

скважин часто связано с экстремальными условиями, включая высокие температуры [70].

В дополнение к наночастицам графена, также добавлялся нанокомпозит на основе эфира бората. Это свидетельствует о возможности использования комбинаций наноматериалов для дополнительного улучшения смазывающих и антифрикционных свойств буровых растворов.

Использование наночастиц графена и других наноматериалов в буровых процессах представляет собой перспективное направление и может принести значительные преимущества в снижении трения, износа буровых инструментов и повышении эффективности бурения в сложных условиях.

Лабораторные испытания показали значительное снижение крутящего момента при добавлении нанокомпозита в буровой раствор. Концентрация 5% по массе нанокомпозита привела к снижению крутящего момента до 80 % в одном буровом растворе и более чем на 50 % в другом буровом растворе с различной плотностью. Эти результаты свидетельствуют о потенциале использования нанокомпозитов для снижения трения и улучшения эффективности буровых процессов.

Полевые испытания подтвердили эффективность снижения крутящего момента в реальных условиях скважины при температуре 176 °С. Снижение крутящего момента на 44 % указывает на значительное улучшение в работе бурового инструмента и снижение энергозатрат при бурении.

Необходимо отметить, что хотя результаты полевых испытаний являются перспективными, дополнительные исследования требуются для изучения применения более широкого ассортимента наночастиц и нанокомпозитов в качестве добавок, снижающих трение, к буровым растворам. Это позволит лучше понять и оптимизировать их свойства, а также оценить их влияние на различные параметры бурового процесса [69].

Общий вывод заключается в том, что использование наночастиц и нанокомпозитов в качестве понижающих трение добавок к буровым растворам

имеет потенциал для улучшения эффективности и производительности буровых операций, но требует дальнейших исследований и разработок.

2.1.4 Влияние на гидратацию глин

Глинистые минералы, такие как хлорит, иллит, монтмориллонит, смектит и каолинит, являются распространенными компонентами сланцевых пластов. Они обладают многослойной структурой и состоят из силикатов алюминия, железа и магния. Частицы глинистых минералов часто имеют пластинчатую форму, но также могут встречаться в виде удлинённых пластин, трубчатых или волокнистых структур [71, 72].

Классификация глин основывается на их кристаллической структуре, свойствах набухания, катионообменной способности и других особенностях, которые можно изучить с помощью электронной микроскопии. Глинистые минералы могут различаться по своим физическим и химическим свойствам, что влияет на их взаимодействие с буровыми растворами и на свойства породы [73, 74].

Глинистые структуры сланцевых пластов могут представлять вызовы при бурении скважин на нефть и газ, так как они обладают высокой абсорбцией, набухаемостью и пластичностью. Это может приводить к проблемам, таким как заклинивание инструмента, плохая проходимость бурового раствора, засорение скважины и другие негативные последствия. Поэтому понимание и управление содержанием глинистых минералов в буровом растворе является важным аспектом при бурении скважин [75].

Буровые растворы на водной основе играют важную роль в активации кристаллических и осмотических механизмов набухания глин. Кристаллическое набухание происходит в результате гидратации поверхности глинистых минералов, где молекулярные слои воды адсорбируются базальными поверхностями кристаллов. Это воздействие воды затрагивает как внешние, так и внутренние кристаллические слои, вызывая их расширение.

Осмотическое набухание глин возникает из-за разности концентраций катионов между кристаллическими слоями и объемной пластовой жидкости.

Поскольку концентрация катионов в объемной пластовой жидкости обычно ниже, чем между кристаллическими слоями, происходит втягивание воды во внутренние промежутки между слоями глины, что приводит к увеличению общего объема глинистых кристаллов [76].

Стабильные буровые растворы играют важную роль в предотвращении повреждения ствола скважины и набухания глинистых пластов. Они способны сохранять свой состав и контролировать концентрацию катионов в пластовой жидкости, что помогает предотвратить негативные последствия, связанные с набуханием глин [77].

В источнике [78] были проведены испытания, которые подтвердили, что многостенные углеродные нанотрубки с поверхностно-иницированной радикальной полимеризацией переноса атомов способны эффективно закупоривать поры в коллекторах с низкой проницаемостью, таких как сланцевые пласты. Даже при низкой концентрации, 0,3% по массе, эффективность закупорки составляла порядка 50,96 %, и она сохраняла устойчивость при 170 °С в течение 24 часов.

Кольматанты, подготовленные с использованием стабильных буровых растворов на водной основе, могут эффективно предотвращать проникновение жидкостей в сланцевые пласты. Это является значимым стимулом для перехода от буровых растворов на нефтяной основе к буровым растворам на водной основе [72, 75].

Это имеет большое значение, так как нежелательное проникновение жидкостей в сланцы может привести к ухудшению производительности скважин, забивке пласта и другим негативным последствиям. Поэтому переход к буровым растворам на водной основе с использованием кольматантов может быть более эффективным и экономически выгодным подходом при работе со сланцевыми пластами [71].

Кроме того, в опытах, представленных в источнике [78], поверхностно-иницированная радикальная полимеризация переноса атомов обеспечивает эффективное электростатическое и стерическое отталкивание многостенных

углеродных нанотрубок для поддержания их стабильности в экстремальных условиях. На рисунке 12 можно видеть, что после диспергирования модифицированных многостенных углеродных нанотрубок в дистиллированной воде в течение 30 минут при высоких температурах и высоких давлениях нанотрубки оставались стабильными. Также проводились испытания на фильтрацию в условиях высокой температуры и высокого давления, которые показали, что многостенные углеродные нанотрубки с поверхностно-инициированной радикальной полимеризацией переноса атомов эффективно блокируют межпоровые каналы. Под высоким давлением нанотрубки способны проникать в поры или трещины меньшего размера. В случае если размер нанотрубок превышает размеры пор, благодаря своей способности к сращиванию нанотрубки имеют тенденцию скапливаться, блокируя более крупные поры.

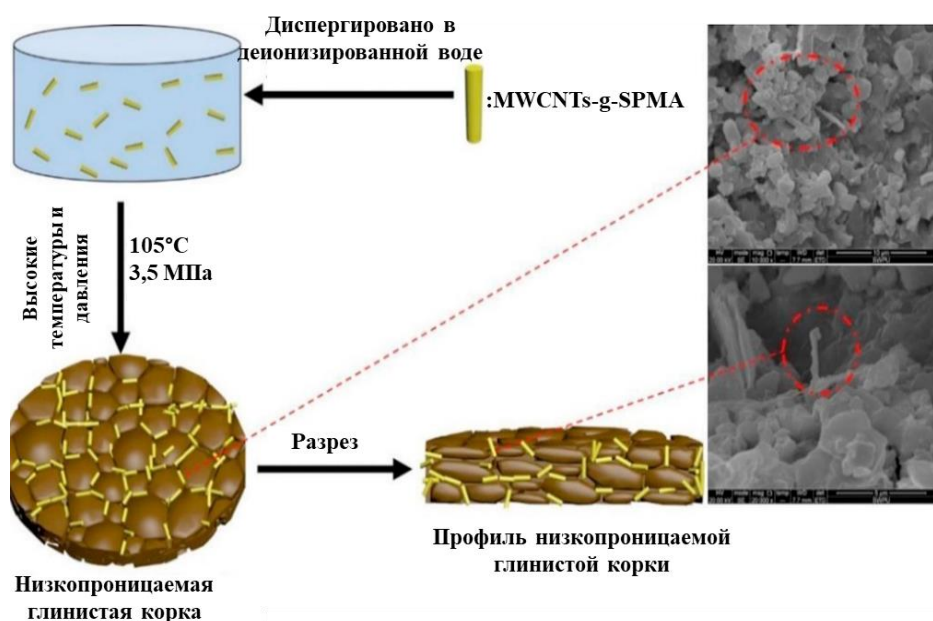


Рисунок 12 – Влияние углеродных нанотрубок на закупоривание межпоровых каналов

2.1.5 Влияние на фильтрационные свойства

В случае, когда давление жидкости в колонне бурового раствора превышает давление пластового флюида, происходит поглощение бурового раствора пластом. Чем больше разница в давлении, тем больше возможны

потери бурового раствора, особенно если вскрываемый пласт обладает высокой проницаемостью, пористостью и/или трещиноватостью [79, 80].

Феномен поглощения бурового раствора пластом зависит не только от перепада давления, пористости и проницаемости пласта, но также от количества и состава самого бурового раствора. В этой связи представляется целесообразным разделить факторы, влияющие на поглощение бурового раствора пластом, на геологические и технологические. Геологическими факторами являются: тип вскрываемого пласта, его мощность и глубина залегания, прочность горных пород на гидроразрыв, пластовое давление и свойства пластового флюида (флюидов), а также некоторые другие сопутствующие осложнения, такие как обрушение стенок ствола скважины, приток нефти и газа, водопроявления и т. д.) [80].

Технологические факторы включают: количество и качество технологических жидкостей, циркулирующих в стволе скважины, используемый метод бурения (например, на депрессии/репрессии), скорость СПО и т. д. К данным факторам также относятся класс и состояние используемого технического оборудования, а также управление и организация программы бурения. Большинство материалов, применяемых для снижения поглощения буровым раствором, обычно используются в реактивном режиме после возникновения проблемы. Эти материалы не являются стандартными добавками к буровым растворам, которые применяются на ранних этапах бурения для предотвращения поглощения. Однако, в случае возникновения проблемы с поглощением, можно использовать специальные реагенты и добавки, разработанные для устранения этой проблемы и восстановления эффективности бурового процесса [82].

Исследования показывают, что использование наночастиц и нанополимеров может быть эффективным способом снижения риска поглощения бурового раствора во время буровых работ. Однако, в случае высокопористых, проницаемых зон, трещиноватых и кавернозных пластов, эффективное применение наночастиц может быть затруднено из-за их очень

малых размеров. В таких условиях может потребоваться разработка специальных методов и технологий, которые позволят эффективно применять наночастицы для гидроизоляции ствола скважины и предотвращения поглощения раствора. В силу своих размеров наночастицы могут более эффективно применяться для закупорки пор и/или межпоровых соединений меньших размеров, то есть в литологических условиях с микропористостью и микротрещиноватостью, характерных, в частности, для сланцев. Важной характеристикой некоторых наночастиц является их способность модифицировать свойства закупоривающих материалов, изготовленных в виде порошков или гранул [82,83].

В частности, в источнике [81], предложена сшитая нанокompозитная гелевая таблетка для борьбы со значительными потерями раствора. Таблетка состоит из четырех основных компонентов: гидратогенной вязкой полимерной основы, сшивающего агента, набухающих сшитых зерен и коллоидных частиц. Использование таблеток, которые формируют гель, для герметизации зоны с потенциальным поглощением бурового раствора в стволе скважины является одним из подходов к предотвращению этого явления. Эти таблетки могут быть специально разработаны для создания герметизирующего геля, который заполняет проницаемые или трещиноватые зоны, предотвращая поглощение бурового раствора.

Исследования также предлагают использовать наночастицы, специально разработанные для ингибирования поглощения буровых растворов на нефтяной основе. Эти наночастицы могут быть добавлены в буровой раствор, чтобы предотвратить его поглощение пластом. Исследования показывают, что такие наночастицы обладают высоким потенциалом и могут быть эффективными в предотвращении поглощения бурового раствора.

Согласно источнику [84], использование наночастиц CuO /полиакриламида приводит к существенному снижению водоотдачи и формированию более гладкой и менее пористой глинистой корки при условиях $25\text{ }^\circ\text{C}$ и $0,7\text{ МПа}$. При увеличении концентрации наночастиц с 1 до

10 г, теплопроводность увеличивается на 16,1 до 69,7 %. Присутствие нанокompозита снижает водоотдачу, поскольку твердые частицы успешно удерживаются и удаляются из раствора путем поперечного потока [84].

На рисунке 13 (а) представлена схематическая иллюстрация буровых работ и фильтрации раствора в пласт через низкокачественные и высококачественные глинистые корки, образующиеся на стенках скважины. Для укрепления стенок и снижения потери воды также используются низкопористые пластины, прилипающие к стенкам скважины. На рисунке 13 (б) представлена микрофотография глинистой корки, сформированной буровым раствором на водной основе (эталонный образец без минерализации) с высокой пористостью. На рисунке 13 (с) показана глинистая корка, сформированная буровым раствором на водной основе с добавлением 5 г нанокompозита (без минерализации). Между рисунками 13 (б) и 13 (с) наблюдается значительная разница, обусловленная формированием более тонкой глинистой корки при использовании нанокompозита [84, 85].

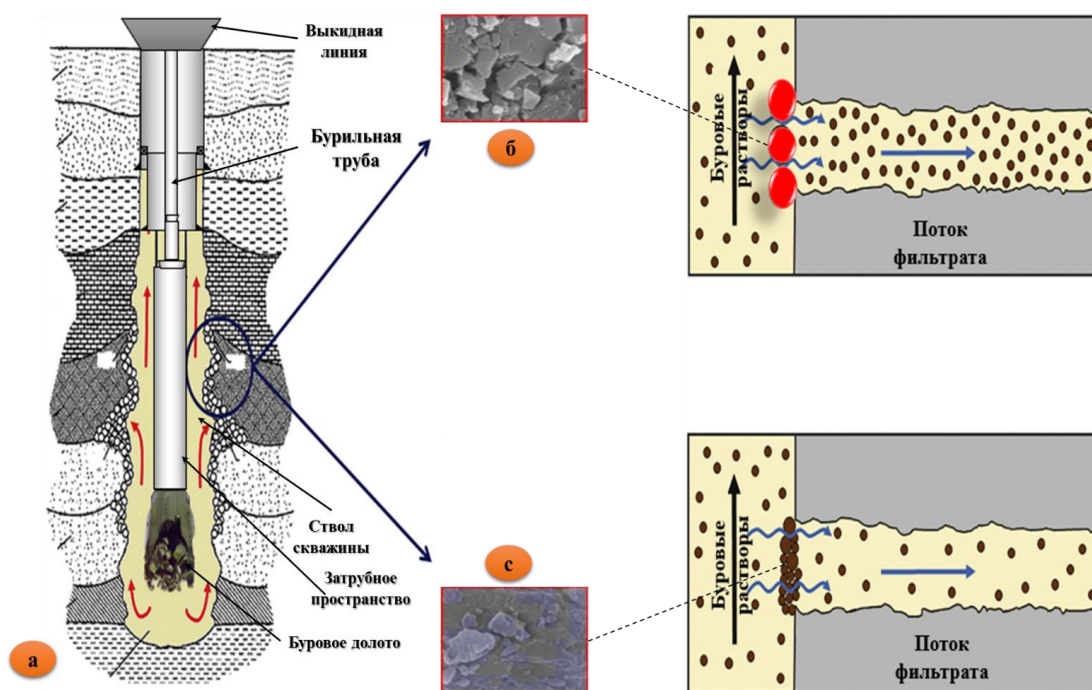


Рисунок 13 – Иллюстрация буровых работ и фильтрации бурового раствора

2.2 Исследование влияния коллоидных систем с наночастицами на фильтрационные характеристики трещин

Согласно источнику [86], было проведено исследование влияния наночастиц двуокиси кремния на фильтрационные свойства трещин ГРП. Такой метод, основанный на использовании коллоидных систем с наночастицами двуокиси кремния, может быть применен в различных сценариях, включая ликвидацию скважин при ГНВП и предотвращение поглощения буровых растворов.

На этапе подготовки материалов и технологических жидкостей для проведения экспериментов, были созданы лабораторные образцы двух типов коллоидных систем: эмульсионная система с наночастицами двуокиси кремния (ЭСН) и эмульсионно-суспензионная система с наночастицами двуокиси кремния (ЭСС) [86].

Эмульсионная система с наночастицами двуокиси кремния (ЭСН) используется в технологиях интенсификации добычи нефти и повышения нефтеотдачи в качестве водоограничивающего агента [86]. Она помогает контролировать потоки воды в скважине и предотвращать нежелательное перемешивание нефтяной и водной фаз.

Эмульсионно-суспензионная система с наночастицами двуокиси кремния (ЭСС) применяется в процессах строительства и подземного ремонта нефтяных и газовых скважин в качестве блокирующей пачки [86]. Она образует преграду или затрудняет проникновение жидкостей в определенные зоны скважины, что помогает обеспечить контроль и управление процессами добычи и эксплуатации.

Такие коллоидные системы с наночастицами двуокиси кремния представляют собой инновационные материалы, которые имеют потенциал для улучшения эффективности и безопасности операций в нефтегазовой промышленности. Однако, их практическое применение требует дальнейших исследований, испытаний и оптимизации для обеспечения оптимальных результатов на месторождениях.

В экспериментах источника [86], было проведено определение остаточной проводимости моделей трещин ГРП Югомашевского и Абдуловского нефтегазовых месторождений для исследования водоограничивающих свойств ЭСН. Поровое давление, которое использовалось в данных экспериментах, составляло 3,45 МПа.

Остаточная проводимость является мерой способности трещины пропускать жидкость или газ после проведения определенных технологических воздействий, таких как использование определенных материалов или методов. В данном случае, исследовалась остаточная проводимость моделей трещин с использованием ЭСН для оценки ее водоограничивающих свойств в контексте интенсификации добычи нефти и увеличения нефтеотдачи пластов. Условия проведения экспериментов и концентрация наночастиц в системах ЭСН-1 и ЭСН-2 приведены в таблицах 1 и 2.

На этапе подготовки материалов и технологических жидкостей к проведению экспериментов производили приготовление следующих лабораторных образцов коллоидных систем: эмульсионная система с наночастицами двуокиси кремния (ЭСН), применяемая в качестве водоограничивающего агента в технологиях интенсификации добычи нефти и увеличения нефтеотдачи; эмульсионно-суспензионная система с наночастицами двуокиси кремния (ЭСС), применяемая в качестве блокирующей пачки в процессах строительства и подземного ремонта нефтяных и газовых скважин. Фотографии трещин до использования ЭСН представлены на рисунке 14.

Таблица 1 – Содержание наночастиц двуокиси кремния и воды в составах лабораторных образцов коллоидных систем

Наименование образца	Содержание наночастиц двуокиси кремния, % об.	Содержание модели жидкости, % об.
ЭСН-1	0,5	81,5
ЭСН-2	1,0	71

Продолжение таблицы 1

ЭСС-1	0,5	89,5
ЭСС-2	1,5	85,5



Рисунок 14 – Фотографии моделей трещин после применения ЭСН-1 и ЭСН-2

Результаты экспериментов по исследованию влияния водоограничивающего агента ЭСН на фильтрационные характеристики моделей трещин ГРП приведены в таблице 2 и на рисунке 15.

Таблица 2 – Оценка влияния ЭСН на фильтрационные характеристики моделей трещин

Наименование образца	Давление в трещине, МПа	Проводимость мД·м		Проницаемость, Дарси		Снижение проницаемости, раз
		до	после	до	после	
ЭСН-1	8	76738	3331	1131	49	23
ЭСН-2	8	86307	4809	1365	77	18

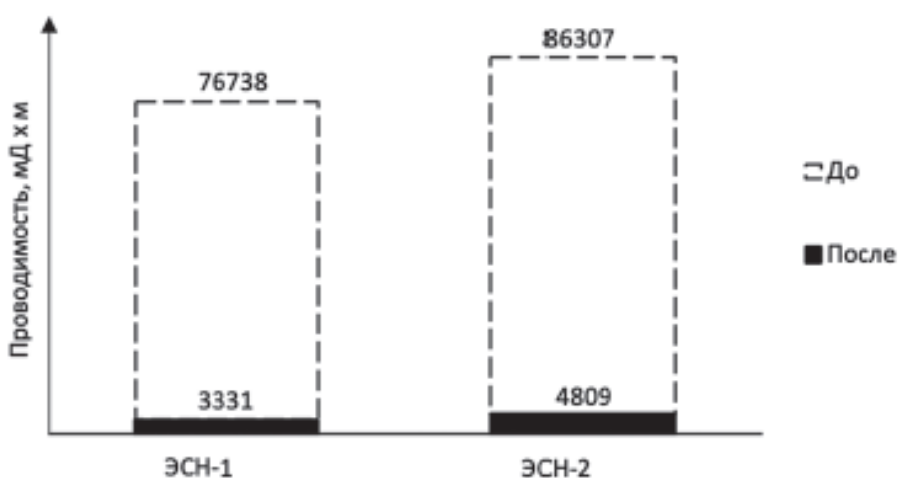


Рисунок 15 – Оценка влияния ЭСН на проводимость моделей трещин

Результаты экспериментов по исследованию влияния блокирующего агента ЭСС на фильтрационные характеристики моделей трещин приведены в таблице 3 и на рисунке 17. Фотографии моделей трещин представлены на рисунке 16.

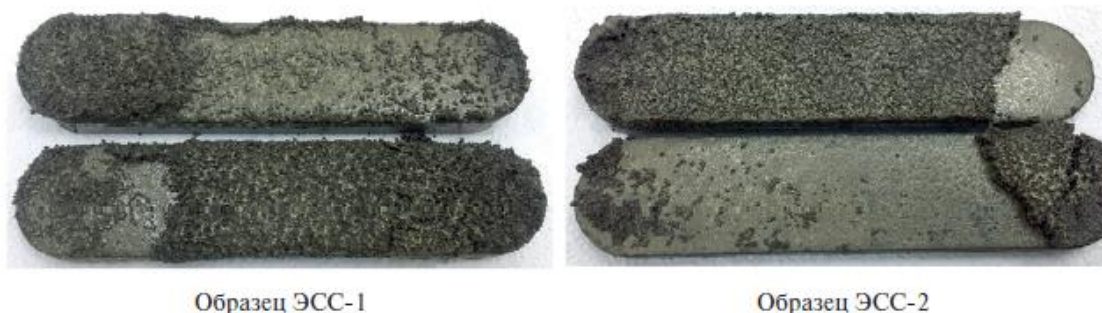


Рисунок 16 – Фотографии моделей трещин после применения ЭСС-1 и ЭСС-2

Таблица 3 – Оценка влияния ЭСС на фильтрационные характеристики моделей трещин

Наименование образца	Давление в трещине, МПа	Проводимость мД·м		Проницаемость, Дарси		Снижение проницаемости, раз
		до	после	до	после	
ЭСС-1	19,9	2430	36	397	6	66
ЭСС-2	19,9	2480	10	389	2	237

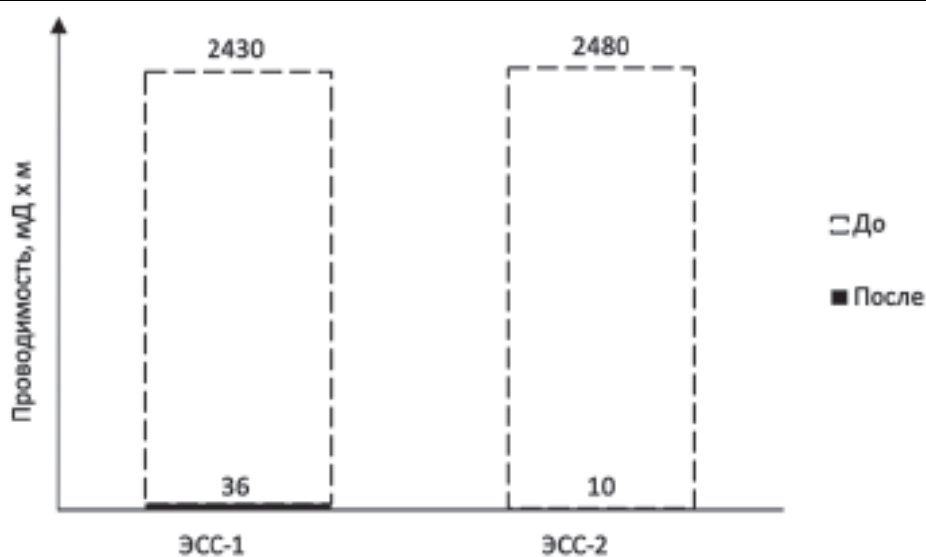


Рисунок 17 – Оценка влияния ЭСС на проводимость моделей трещин

В результате проведенных фильтрационных экспериментов в источнике [86] была произведена оценка и исследование блокирующих свойств коллоидных систем, которые представлены эмульсионными и эмульсионно-суспензионными системами с содержанием твердых наноразмерных частиц до 1,5% об.

Эти эксперименты позволили определить эффективность и эффективные концентрации наночастиц в системах для достижения необходимых блокирующих свойств. Блокирующие свойства коллоидных систем могут быть важными в технологиях строительства и ремонта нефтяных и газовых скважин, где требуется предотвратить проникновение жидкостей или газов в определенные зоны или трещины.

Данные результаты фильтрационных экспериментов свидетельствуют о потенциально высокой технологической эффективности разработанных систем ЭСН и ЭСС. Эти системы могут быть эффективно применены в различных процессах разработки месторождений, таких как интенсификация добычи нефти, увеличение нефтеотдачи, строительство и подземный ремонт нефтяных и газовых скважин.

Преимущества применения систем ЭСН и ЭСС в этих процессах включают возможность создания эффективной водоограничивающей среды, блокирования трещин и предотвращения поглощения буровых растворов пластом. Высокая технологическая эффективность данных систем может способствовать повышению эффективности добычи нефти, увеличению объемов добычи и снижению затрат на строительство и ремонт скважин.

Однако, важно отметить, что результаты фильтрационных экспериментов проводились в контролируемых лабораторных условиях, и перед тем, как широко внедрять данные системы, дальнейшие исследования и испытания могут быть необходимы для подтверждения их эффективности и надежности на практике.

В зависимости от цели применения систем, решаемых задач и пластовых условий оптимальная концентрация наночастиц для ЭСН может

находиться в интервале от 0,5 до 1,0% об., а для ЭСС в интервале от 0,5 до 1,5% об. Однако оптимальные концентрации как твердой, так и жидких фаз данных систем должны быть уточнены по результатам опытно-промышленных испытаний и промышленного масштабирования новых систем [86].

2.3 Основные выводы экспериментального применения наночастиц

Действительно, использование наночастиц в растворах может привести к появлению режимов течения, которые не характерны для каналов большого диаметра. В микроканалах с размерами порядка 100 мкм возможны различные явления и эффекты, которые становятся существенными при таких масштабах.

Широкий спектр приложений микроканалов приводит к множеству исследований в этой области. Ученые и инженеры изучают различные аспекты микротечений, такие как гидродинамика, теплообмен, массоперенос, поведение наночастиц и другие физические и химические процессы, связанные с микроканалами. Это позволяет разрабатывать более эффективные и точные методы и устройства, а также расширять границы применения микроканальных технологий.

Применение нанотехнологий также может улучшить аддитивные характеристики и поведение путем подбора свойств частиц в соответствии с определенными эксплуатационными, экологическими и техническими требованиями. Это и объясняет то, что нанотехнологические исследования, ведущие к созданию некоторых специально изготовленных наночастиц, могут стать перспективным этапом исследований по разработке интеллектуальных жидкостей для различных промышленных применений. Эти частицы являются меньше обычных микрочастиц и поэтому имеют очень высокую удельную поверхность с огромной площадью взаимодействий. Ожидается, что идентификация, скрининг, отбор и/или разработка нетоксичных, экологически чистых и биоразлагаемых буровых растворов на основе наночастиц будут соответствовать экологическим нормам и правилам бурения и добычи в глубоководных и чувствительных средах. В данной статье подробно

описываются вероятные преимущества новых добавок на основе наночастиц при проектировании интеллектуальных флюидов для применения в нефтегазовых месторождениях, особенно для нового поколения буровых, завершающих, стимулирующих и др. жидкостей для безаварийного бурения, заканчивания и добычи нефтегазовых ресурсов.

Кроме того, наночастицы в буровом растворе улучшат и стабилизируют реологические свойства бурового раствора, что в конечном итоге приведет к улучшению очистки ствола скважины и удерживанию бурового шлама. Буровые растворы на основе нанотехнологий обеспечивают решение различных проблем со скважиной, включая прихваты труб, потери бурового раствора, повреждение пласта, низкий уровень глинистой корки и т. д.

Однако плохое диспергирование НЧ в забойных условиях при изменении рН, солёности и температуры базовой жидкости может привести к нестабильности ствола скважины и повреждению пласта. Ещё одной проблемой является агломерация, поскольку положительно заряженные частицы подвергаются воздействию кислых условий, а отрицательно заряженные частицы загрязняются щелочной средой. В таблице 1 представлены основные проблемы, возникшие во время буровых работ, и способы их решения с помощью буровых растворов с добавлением наночастиц. Эффект применения различных типов наночастиц на реологические свойства бурового раствора представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты экспериментальных применений различных типов наночастиц

№	Тип полимерных наночастиц	Дисперсионная среда	Конц., % мас.	Результаты
1	Al ₂ O ₃ , CuO, TiO ₂	РВО	1	Увеличение пластической вязкости (114%), СНС (55%) и ДНС (45%)
2	MgO	РВО+мод. крахмалом	0,5	Увеличение ПВ (45%), СНС (67%), ДНС (231%)
3	Гибрид многостенных трубок и TiO ₂	РВО	0,02-0,38	Увеличение ПВ (58-114%), снижение коэффициента трения (30-50%), но не повлияло на водоотдачу
4	Гидрофильный гильсонит	РВО	0,5	Увеличение ПВ на 9,5%

Продолжение таблицы 4

5	TiO ₂	РВО+ПАЦ+ГЭЦ+ксантан	0,05	Повышение термоустойчивости и реологических характеристик
6	Fe ₂ O ₃	БР на полимерной основе	3	Повышение ПВ (15%), СНС (3%), ДНС (12,5%)
7	Fe ₂ O ₃	РВО	3	Повышает прочность геля на 3%
8	HGN	РВО		Снижение крутящего момента до 15%, улучшает смазывающие свойства и ДНС
9	Графен	РВО; РВО; РУО	- 3 - 5 - 5	- Снижение крутящего момента на 20%, предотвращение зашламовывания, улучшенные смазывающие характеристики при повышенных температурах; - Снижение крутящего момента до 80%; - Снижение крутящего момента на 50%
10	Графен+кольматант	РВО	0,3	Повышает эффективность закупорки (50% за 24ч. при 170°С)
11	Сшитая нанокompозитная гелевая таблетка	РВО	-	Крайне эффективная герметизация зоны с возможным поглощением
12	SiO ₂	ЭСС РВО; ЭСН РВО	0,5-1; 0,5-1	Значительное снижение проницаемости: ЭСН- до 23 раз; ЭСС – до 237 раз, потенциально можно использовать в составе кольматирующих пачек
13	ZnO	РВО с бентонитом	3	Повышение плотности на 10% и ПВ на 20%

3. Перспективы развития нефтегазовой отрасли в направлении создания интеллектуальных систем буровых растворов

3.1 Совершенствование технологий производства наночастиц для буровых растворов

Совершенствование технологий производства наночастиц для буровых растворов является ключевым аспектом развития нефтегазовой отрасли. Наночастицы играют важную роль в оптимизации буровых процессов, повышении эффективности и надежности бурения скважин, а также снижении воздействия на окружающую среду. Несмотря на уже достигнутые результаты в этой области, существует постоянная потребность в дальнейшем совершенствовании технологий производства наночастиц для улучшения их качества и применимости в нефтегазовой промышленности.

Одним из главных направлений совершенствования технологий производства наночастиц является разработка новых методов синтеза. Традиционные методы, такие как химическое осаждение или физические методы, имеют свои ограничения, такие как сложность контроля размера и формы частиц, а также возможность образования агломератов. Поэтому активно исследуются и внедряются новые методы синтеза, такие как методы с применением плазмы, ультразвукового распыления, микроэмульсий и другие. Эти методы позволяют получать наночастицы с более узким распределением размеров, более однородной формой и повышенной стабильностью [2, 87].

Кроме того, совершенствование технологий производства наночастиц также включает улучшение контроля над их свойствами и характеристиками. Например, важным аспектом является контроль размера частиц, так как он влияет на их реактивность, поверхностные свойства и эффективность при использовании в буровых растворах. Разработка методов, позволяющих точно контролировать размер и распределение размеров наночастиц, является активной областью исследований. Также важным аспектом является повышение стабильности и дисперсии наночастиц, чтобы обеспечить их равномерное распределение в растворе и предотвратить агломерацию.

Еще одним важным аспектом совершенствования технологий производства наночастиц для буровых растворов является исследование и внедрение новых материалов и составов. Разработка новых материалов с определенными свойствами, таких как повышенная реактивность, устойчивость к высоким температурам и давлению, а также селективность по отношению к определенным компонентам скважинной флюиды, является активной областью исследований. Использование новых материалов может привести к более эффективному использованию наночастиц и улучшению характеристик буровых растворов [2, 88].

Важным фактором в совершенствовании технологий производства наночастиц для буровых растворов является их масштабируемость и коммерциализация. Перевод достижений научных исследований в промышленное производство требует разработки и оптимизации процессов синтеза, масштабирования производства и обеспечения консистентного качества продукции. Это включает в себя разработку эффективных и экономически выгодных методов производства, а также контроль качества и стандартизацию продукции.

Буровые долота, трубы нефтяного сортамента, элементы оборудования промыслов должны противостоять колоссальным нагрузкам, поэтому потребность нефтегазовой промышленности в прочных и долговечных материалах крайне высока. Применение материалов с заданной наноструктурой позволяет делать более легкое, долговечное и прочное оборудование. Нанотехнология может также помочь в разработке новых методов измерений. Крошечные по размерам датчики можно разместить на любом оборудовании, в том числе и подземном. Тем самым, можно резко повысить количество и качество информации о продуктивном пласте [88].

В заключение, совершенствование технологий производства наночастиц для буровых растворов является важной задачей, стоящей перед нефтегазовой отраслью. Продолжение исследований в этой области и внедрение новых методов синтеза, контроля свойств и разработки новых материалов позволит

повысить эффективность и надежность бурения скважин, а также снизить воздействие на окружающую среду. Это способствует дальнейшему развитию нефтегазовой промышленности и обеспечению устойчивого и эффективного использования ресурсов.

3.2 Экономические и экологические преимущества использования наночастиц

Использование наночастиц в буровых растворах предоставляет ряд экологических преимуществ, которые важны для устойчивого развития нефтегазовой отрасли. Ниже приведены некоторые из основных экологических преимуществ использования наночастиц:

Сокращение объема отходов. Применение наночастиц позволяет оптимизировать состав и свойства буровых растворов, что может уменьшить объем отходов, генерируемых в процессе бурения. Наночастицы обладают высокой активностью и эффективностью, поэтому требуется меньшее количество добавок для достижения желаемых результатов. Это приводит к сокращению использования химических веществ и, следовательно, уменьшению объема отходов, которые нужно обрабатывать и утилизировать [2, 16, 89].

Снижение загрязнения воды и почвы. Наночастицы могут быть использованы для улучшения фильтрации и очистки буровых растворов, что способствует снижению загрязнения воды и почвы. Они могут помочь удалить вредные примеси и загрязнители, такие как тяжелые металлы и нефтепродукты, из буровых растворов, что способствует более эффективной обработке и рециклингу использованной воды [16, 89].

Уменьшение воздействия на окружающую среду. Применение наночастиц позволяет снизить воздействие буровых операций на окружающую среду. Благодаря более эффективному использованию растворов и уменьшению количества добавок, потребляемых в процессе бурения, сокращается потенциальное загрязнение почвы, водных ресурсов и воздуха. Кроме того, улучшение эффективности бурения с помощью

наночастиц может привести к сокращению времени, затрачиваемого на бурение, что снижает общее воздействие на окружающую среду.

Улучшение энергоэффективности. Применение наночастиц также способствует улучшению энергоэффективности процесса бурения. Например, наночастицы могут использоваться для снижения трения и износа буровых инструментов, что увеличивает их срок службы и снижает потребность в замене. Это ведет к сокращению потребления энергии и ресурсов, а также снижению выбросов парниковых газов и других вредных веществ [2, 32].

Повышение эффективности извлечения ресурсов. Использование наночастиц в буровых растворах может способствовать повышению эффективности извлечения нефти и газа. Они могут улучшить проникновение растворов в пористую структуру горных пород, увеличить проницаемость и облегчить вытеснение ресурсов. Это позволяет достичь более полного извлечения нефти и газа, что сокращает необходимость в дополнительных скважинах и уменьшает воздействие на окружающую среду [2, 16, 32, 88].

Использование наночастиц в буровых растворах обладает значительными экономическими преимуществами, которые важны для нефтегазовой отрасли. Вот некоторые из основных экономических преимуществ использования наночастиц:

Улучшенная производительность скважин. Применение наночастиц в буровых растворах может значительно повысить производительность скважин. Наночастицы обладают способностью улучшать свойства растворов, такие как вязкость, фильтрационные свойства и плотность. Это позволяет достичь лучшего контроля над потоком жидкости и более эффективного удаления отложений и промывки скважины. Улучшенная производительность скважин приводит к повышению объема добычи нефти и газа, что ведет к увеличению доходов [2, 18].

Сокращение времени бурения. Применение наночастиц также может существенно сократить время, затрачиваемое на бурение скважин. Благодаря своим уникальным свойствам, наночастицы способны снизить трение и износ

буровых инструментов, что позволяет увеличить их срок службы. Это сокращает необходимость в замене инструментов и простоев, что ведет к сокращению времени бурения и снижению затрат [9, 32].

Снижение затрат на реагенты и добавки. Применение наночастиц может снизить затраты на реагенты и добавки для буровых растворов. Наночастицы обладают высокой активностью и эффективностью, поэтому требуется меньшее количество добавок для достижения желаемых свойств раствора. Это позволяет сократить расходы на покупку и транспортировку реагентов, а также упрощает процесс подготовки и смешивания раствора на месте бурения [32].

Улучшенный контроль за процессом бурения. Использование наночастиц в буровых растворах предоставляет возможность более точного и контролируемого процесса бурения. Наночастицы могут быть специально спроектированы для достижения определенных свойств, таких как регулирование плотности, снижение фильтрации и улучшение смазывающих свойств. Это позволяет инженерам и операторам точнее управлять параметрами бурового процесса, что ведет к улучшению контролируемости и повышению эффективности [9, 17].

Расширение возможностей бурения. Использование наночастиц расширяет возможности бурения в сложных геологических условиях. Наночастицы могут помочь преодолеть проблемы, связанные с плотностью грунтов, перекрытием пластов и другими сложностями. Это позволяет проводить более эффективное и успешное бурение в регионах, где ранее возникали сложности и ограничения [2, 9, 32].

В целом, использование наночастиц в буровых растворах обеспечивает значительные экономические преимущества, включая повышение производительности скважин, сокращение времени бурения, снижение затрат на реагенты и добавки, улучшенную контролируемость процесса бурения и расширение возможностей бурения. Эти факторы способствуют улучшению экономической эффективности и конкурентоспособности в нефтегазовой

отрасли. Также, использование наночастиц в буровых растворах предлагает значительные экологические преимущества, включая сокращение объема отходов, снижение загрязнения воды и почвы, уменьшение воздействия на окружающую среду, повышение энергоэффективности и повышение эффективности извлечения ресурсов. Эти факторы делают использование наночастиц в буровых растворах привлекательным вариантом для устойчивого развития нефтегазовой отрасли.

С помощью добавок наночастиц можно в широких диапазонах регулировать основные технологические и физико - химические свойства буровых растворов, приготовленных на углеводородной основе. Причём для изменения параметров больших концентраций наночастиц не требуется, следовательно, модификация буровых растворов на углеводородной основе будет происходить без значительного изменения их плотности. Это очень важно при бурении горных пород, склонных к поглощениям и гидроразрывам, и может значительно повысить эффективность бурения в сложных горно - геологических условиях.

3.3 Перспективы внедрения технологий применения наночастиц

Перспективы использования наночастиц в оптимизации буровых растворов представляют значительный потенциал для улучшения эффективности и энергоэффективности процесса бурения скважин. Наночастицы обладают уникальными свойствами и характеристиками, которые могут принести значительные преимущества в различных аспектах бурения, включая повышение продуктивности, снижение затрат и улучшение экологической устойчивости [32].

Одной из главных перспектив использования наночастиц является их способность повышать проницаемость пласта. Наночастицы могут быть добавлены в буровой раствор для создания нанопористой структуры, которая позволяет улучшить проникновение раствора в пласт [18]. Это способствует увеличению добычи нефти и газа, особенно в сложных и низкопроницаемых пластах. Наночастицы также могут помочь снизить вязкость бурового

раствора, улучшая его проникновение в пласт и обеспечивая более эффективное удаление отходов из скважины [32].

Другой перспективой является улучшение контроля над фильтрацией бурового раствора. Наночастицы могут образовывать устойчивые коллоидные растворы, которые предотвращают проникновение частиц в пласт и позволяют лучше контролировать фильтрацию [2, 32, 37]. Это помогает предотвратить образование песчаных пробок и засорений, улучшая проникновение раствора в пласт и сохраняя его продуктивность на протяжении всего процесса эксплуатации скважины.

Наночастицы также обладают свойствами, которые способствуют более эффективной регулировке реологических свойств бурового раствора. Они могут изменять вязкость и плотность раствора в зависимости от условий, что позволяет адаптировать раствор к различным геологическим условиям и оптимизировать его работу в режиме реального времени. Это снижает необходимость в постоянном прекращении бурения для регулировки параметров раствора и повышает эффективность всего процесса [37].

Еще одна перспектива использования наночастиц связана с их способностью улучшать стабильность бурового раствора. Наночастицы могут действовать как стабилизаторы, предотвращая оседание и отекание глинистых частиц, которые могут вызывать проблемы во время бурения. Это способствует созданию более устойчивых условий для работы скважины, снижает риск возникновения заторов и облегчает процесс бурения в сложных геологических формациях [39].

Другая перспектива заключается в использовании наночастиц для усиления структуры буровых растворов [2]. Некоторые наночастицы обладают уникальными механическими свойствами, которые могут усилить физические характеристики раствора, такие как прочность и устойчивость к давлению. Это особенно полезно в условиях высокого давления и температуры, когда требуется более стабильный и надежный буровой раствор. Усиление структуры бурового раствора также способствует предотвращению

образования трещин и снижению риска возникновения проблем при бурении [39, 40].

Наночастицы могут быть функционализированы с помощью различных добавок и молекулярных групп, что позволяет им выполнять специфические функции и реагировать на изменяющиеся условия в скважине [2]. Например, наночастицы могут быть запрограммированы для изменения своих физико-химических свойств при изменении температуры, pH-значения или содержания определенных веществ в окружающей среде. Это открывает возможности для создания более адаптивных и эффективных буровых растворов, которые могут автоматически регулировать свои характеристики в зависимости от условий в скважине [39].

Кроме того, наночастицы могут играть важную роль в области контроля за селективностью бурения. Селективность бурения – это способность бурения достигать только целевого пласта и минимизировать проникновение в соседние пласты или нежелательные зоны. Наночастицы могут быть использованы для создания плотных фильтрационных барьеров, которые эффективно блокируют проникновение раствора в нежелательные зоны и обеспечивают максимальную селективность бурения. Это особенно полезно при бурении многослойных или сложных геологических структур [39, 40].

Кроме того, наночастицы могут играть важную роль в снижении воздействия на окружающую среду во время процесса бурения [1, 32]. Использование наночастиц позволяет сократить потребление воды и энергии, так как более эффективные буровые растворы требуют меньшего количества добавок и обеспечивают более эффективное использование ресурсов. Кроме того, наночастицы могут быть использованы для улучшения обработки и утилизации отходов, снижая их негативное влияние на окружающую среду.

В заключение, перспективы использования наночастиц в оптимизации буровых растворов представляют огромный потенциал для улучшения эффективности и энергоэффективности процесса бурения скважин. Наночастицы могут улучшать проницаемость пласта, контролировать

фильтрацию раствора, регулировать реологические свойства раствора, обеспечивать стабильность и снижать окружающие воздействия. Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут привести к разработке инновационных решений, способных изменить и усовершенствовать современные методы бурения и повысить эффективность нефтегазовой промышленности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ13	Андрееву Никите Вадимовичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	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 при строительстве эксплуатационной скважины на Горячейсточненском нефтегазоконденсатном месторождении
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<ul style="list-style-type: none"> • ФЕР 01-02-099-06 • ФЕР 01-02-100-06 • СНиП IV-5-82 Сборник 49. • РД 39-0148052-537-87 • ВСН 39-86 • ГЭСН 04-01-005-06 • ГЭСН 04-02-002-12
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налоговый кодекс Российской Федерации (1 часть) ФЗ №146 от 31.07.1998 в ред. от 28.03.2023 Налоговый кодекс Российской Федерации (2 часть) ФЗ №117 от 05.08.2000 в ред. от 28.04.2023

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Обоснование необходимости строительства эксплуатационной скважины на Горячейсточненском нефтегазоконденсатном месторождении
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Расчет сметной стоимости этапов строительства эксплуатационной скважины
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет итоговой стоимости строительства эксплуатационной скважины

Перечень графического материала

1. Таблица сводный сметный расчет

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком

13.03.2023

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения нефтегазового дела	Шарф Ирина Валерьевна	д.э.н., доцент		13.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ13	Андреев Никита Вадимович		13.03.2023

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела является определение перспективности и успешности построенной модели для оценки финансовой устойчивости предприятий России с позиции ресурсоэффективности и конкурентоспособности.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения буровых работ на Горячеисточненском нефтегазоконденсатном месторождении, расположенного на территории Чеченской республики;

- определение возможных рисков реализации проекта;
- планирование работ при строительстве скважины;
- расчет сметной стоимости подготовительных, работ цикла демонтаж-переезд-монтаж, бурения и крепления скважины;
- расчет необходимых временных затрат для строительства скважины
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

Месторождение Горячеисточненское расположено в 15 км к северу от города Грозного на территории Грозненского сельского района Чеченской Республики на восточном окончании Терского хребта.

В 1951 году открыто Горячеисточненское месторождение, в разработке и пробной эксплуатации перебивали: миоценовая залежь, залежи верхнемеловых отложений и альбская, альб-аптская и барремская залежи нижнего мела.

Литолого-стратиграфический разрез Горячеисточненского месторождения представлен породами от кайнозойского до мезозойского возраста. Толщина вскрытых отложений достигает 5500 м.

Вскрытый нижнемеловой разрез отложений представлен барремскими, аптскими и альбскими ярусами.

Общий фонд скважин, пробуренных на месторождении на нижнемеловые и верхнеюрские отложения, составляет 19 единиц.

В данной работе будет рассматриваться строительство вертикальной разведочной скважины на нефть с общим дебитом до 500 м³/сут на Аптский ярус глубиной 5324 м. На рисунке 18 представлена обзорная карта района.



Рисунок 18 – Обзорная карта района ведения работ

4.1 Расчет сметной стоимости подготовительных работ

В первую очередь перед строительством скважины необходима подготовка кустовой площадки для проведения работы на ней. Размеры выбранного участка определяются согласно СН-462-74 «Нормы отвода земель для сооружения геологоразведочных скважин». Среди подготовительных работ следует выделить следующие:

- Валка (валка деревьев твердых пород с корня, диаметр стволов: до 20 см. Согласно ФЕР 01-02-099-08 устанавливается оплата труда рабочих, эксплуатации машин (пила с карбюраторным двигателем) и общие трудозатраты);
- Трелевка (древесины на расстояние до 300 м тракторами мощностью: 79 кВт (108 л.с.), диаметр стволов до 20 см. Согласно ФЕР 01-02-100-01 определяется оплата труда рабочих, эксплуатации машин и общие трудозатраты).

Сводная сметная стоимость подготовительных работ представлена в таблице Б.1.

4.2 Расчет сметной стоимости монтажных-демонтажных работ

Расчет сметной стоимости монтажных-демонтажных работ производился согласно СНиП IV-5-82 Сборник 49, РД 39-0148052-537-87 и ВСН 39-86.

Исходя из того, к какому субъекту РФ относится месторождение, на котором будет производиться строительство скважины в соответствии с частью I разделом I СНиП IV-5-82 Сборник 49 (Приложения 1,2 разделы 1,2) определяем номер района для строительства скважины. Выбранная скважина Горячейсточненского месторождения относится к району 27. По части II разделу II вышеуказанного СНиП (Подразделы 1,2) определяем коэффициенты для расчета расценок на подготовительные (монтажные) работы при строительстве нефтяных и газовых скважин: 0,97 для прямых затрат и 1 – для основной заработной платы рабочих, также по данному разделу определяем коэффициенты к расценкам на строительство (монтаж)

для расчета стоимости разборки (демонтажа) в соответствии с расценками, т.е (к.р. и к.р.з.). Стоимость строительства и основную заработную плату рабочих определяем согласно СНиП IV-5-82 Сборник 49 согласно выбранному району для строительства скважины и соответствующим расценкам на монтажные (демонтажные) работы.

4.3 Расчет продолжительности строительства скважины, бурения и крепления скважины

Для расчета продолжительности строительства скважины необходимо произвести стандартный расчет конструкции скважины: количество обсадных колонн, диаметры долот и обсадных колонн, глубины спуска обсадных колонн. Помимо этого, необходимо выбрать оборудование, с помощью которого будет осуществляться строительство скважины (буровая установка, оснастка талевой системы, производительность насосов) и способ бурения под каждую колонну (роторный, с помощью забойного двигателя, комбинированный).

– Направление: диаметр колонны – 323,9 мм, диаметр долота – 393,7 мм, глубина спуска – 80 м.

– Кондуктор: диаметр колонны – 244,5 мм, диаметр долота – 295,3 мм, глубина спуска – 720 м по вертикали (968 м по стволу)

– Эксплуатационная колонна: диаметр колонны – 146,1 мм, диаметр долота – 215,9 мм, глубина спуска – 2736 м по вертикали (3178 м по стволу).

На основе выбора оборудования, а также по полученным, в результате расчета конструкции скважины, данным, составляем сводную таблицу с исходными данными для расчета временных затрат на строительство скважины (таблица 6).

Таблица 6 – Данные для расчета продолжительности строительства скважины

Наименование показателей	Величины показателей
Буровая установка (тип)	БУ 6000/450 ЭК БМЧ
Проектная глубина, м	5324
Способ бурения: - под направление - под кондуктор - эксплуатационную колонну	роторный забойный двигатель забойный двигатель

Продолжение таблицы 6

Конструкция скважины - направление - кондуктор - эксплуатационная колонна	d 323,9 мм на глубину 70м d 244,5 мм на глубину 800м d 146,1 мм на глубину 5324м
Оснастка талевой системы	5'6
Производительность насосов, л/с	до 800 – 62, далее до проектной глубины – от 25-45
Утяжеленные бурильные трубы (УБТ)	203 – 24м 178 – 72м 146 – 8м
Бурильные трубы: диаметр, мм длина свечи, м	127 25
Забойный двигатель (тип) - в интервале 0-70 м - в интервале 70-800 м - в интервале 800-1982 м - в интервале 1982-5324	не требуется (роторный) ДР-240.NGT.3/4.62M1 ДГР-178М.7/8.37 Д-178

Для бурения интервалов под обсадные колонны используются следующие долота:

1. направление – шарошечное долото диаметром 393,7 мм;
2. кондуктор – PDC долото диаметром 295,3 мм;
3. эксплуатационная колонна – PDC долото диаметром 215,9 мм.

Результаты расчета стоимости бурения и крепления скважины представлены в таблицах Б.2 и Б.3 соответственно приложения Б.

Результаты расчета продолжительности бурения и крепления скважины представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Продолжительность бурения и крепления скважины

Номер обсадной колонны	Название колонны	Продолж. крепления, сут.	Интервал бурения, м		Продолж. бурения, сут.
			от (верх)	до (низ)	
1	Направление	18,196	0	70	0,802
2	Кондуктор	40,811	70	800	10,687
3	Эксплуатационная	81,737	800	5324	68,866
Всего, сут	221,099	132,581			80,354

4.4 Расчет сметной стоимости освоения скважины

Освоение скважины (вызов притока) является важнейшей процедурой, поскольку успешное освоение скважины формирует стабильную проектную

эксплуатацию скважины в процессе добычи. Сметная стоимость освоения скважины составляется на основе операций по вторичному вскрытию пласта и вызову притока. Сметная стоимость освоения скважины представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Сметная стоимость освоения скважины

Затраты	Единицы	Всего
Затраты, зависящие от времени с учетом корректировок	Руб.	12561,98
Затраты, зависящие от объема с учетом корректировок		1596,65
Итого по сметному расчету без транспортировки вахт с учетом корректировок		14158,62

Подробная сметная стоимость освоения скважины представлена в таблице Б.4 приложения Б.

4.5 Линейный календарный график бурения и освоения скважины

Вахта состоит из 15 рабочих дней. Режим работы предполагает 12 часов смены, затем 12 часов отдыха. После вахты наступают выходные длительностью 15 дней. Доставка на месторождение осуществляется в основном автотранспортом за счет предприятия, если месторождение находится в труднодоступной местности и отсутствует дорожное сообщение доставка осуществляется вертолётами.

Буровые работы составляют 80,354 суток, а работы по креплению ствола скважины занимают 5,86 суток.

Линейный календарный график проведения работ предоставлен в таблице 9. Расчетное время на бурение и крепление скважины представлены в таблицах Б.4 и Б.5 приложения Б соответственно.

Таблица 9 – Линейный календарный график бурения и крепления скважины

Бригады	Сутки	Месяцы									
		1	2	3							
Буровая	80,354										

Продолжение таблицы 9

Крепление	5,86									

В ходе выполнения раздела были произведены соответствующие расчеты о экономической эффективности и сметной стоимости выполнения буровых работ на Горячесточненском месторождении на скважине, глубиной 3178м.

На основании работ по строительству скважины, в конечном итоге формируется сводный сметный расчет по всему перечню проделанных работ на каждом отдельном этапе (таблица Б.1 приложения Б). Общая стоимость строительства скважины глубиной 5324 метров на территории Горячесточненского месторождения Чеченской республики в районе работ 27 составляет 70 295 762,98 рублей с учетом заработной платы рабочих.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ13	Андрееву Никите Вадимовичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Технология строительства нефтяных и газовых скважин

Тема ВКР:

Оптимизация систем буровых растворов применением наночастиц	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение:</p> <p>– характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения;</p> <p>– описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Объект исследования: модифицированные наноструктурированными добавками системы буровых растворов; • Область применения: оптимизация систем буровых растворов с целью улучшения свойств; • Рабочая зона: полевые условия; • Размеры помещения (климатическая зона*): ЦСГО-60м²; роторный стол - 100м², приемные мостки - 30м²; • Количество и наименование оборудования рабочей зоны: роторный стол – 1шт.; ЦСГО – 1шт. (буровой насос – 3шт., блок очистки бурового раствора 1шт, блок приготовления бурового раствора (БПР) – 1шт., блок хранения бурового раствора (БХР) – 1шт., лаборатория для замера параметров бурового раствора – 1шт.); приемные мостки – 1шт.; противовыбросовое оборудование (ПВО) – 1шт.; • Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: бурение скважины, приготовление бурового раствора, промывка скважины, утилизация бурового раствора.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>– "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2021)</p> <p>– Статья 297;</p> <p>– Статья 264;</p> <p>– Статья 298;</p> <p>– Статья 299;</p> <p>– ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. "Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования";</p> <p>– ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. "Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования";</p> <p>– ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. "Оборудование производственное. Общие эргономические требования";</p> <p>– ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. "Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования";</p> <p>– ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82, "Правила устройства электроустановок» (ПУЭ)";</p> <p>– ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. "Опасные и вредные производственные факторы. Классификация";</p> <p>– ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности";</p> <p>– СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение";</p>

	– ГОСТ 12.4.011-89 "Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация".
2. Производственная безопасность при эксплуатации: – анализ выявленных вредных и опасных факторов – обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	<ul style="list-style-type: none"> • Вредные производственные факторы: <ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень вибрации. – Повышенный уровень шума. – Естественное и искусственное освещение. – Повышенная загазованность воздуха рабочей среды • Опасные производственные факторы: <ul style="list-style-type: none"> – движущиеся машины и механизмы производственного оборудования; – электрический ток; – пожароопасность; – взрывоопасность – расположение рабочего места на значительной высоте. • Средства коллективной защиты: <ul style="list-style-type: none"> – Средства нормализации воздушной среды; – Средства нормализации освещения; – Средства защиты от повышенного уровня шума; – Средства защиты от повышенного уровня вибрации; – Средства защиты от поражения электрическим током; – Средства защиты от перепадов температуры. • Средства индивидуальной защиты: <ul style="list-style-type: none"> – Средства защиты от падения с высоты; – Средства защиты глаз; – Средства защиты головы; – Средства защиты органов слуха; – Средства защиты органов дыхания; – Средства защиты тела.
3. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> • Анализ воздействия объекта на селитебную зону; • Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы, выхлопные газы); • Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы, утечка горючесмазочных материалов); • Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, нарушение естественного залегания пород).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> • Возможные ЧС: <ul style="list-style-type: none"> – ГНВП, пожары, взрывы, загрязнение окружающей среды. • Наиболее типичная ЧС: <ul style="list-style-type: none"> – ГНВП.

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	13.03.2023
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических наук	Сечин Андрей Александрович	к.т.н		13.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ13	Андреев Никита Вадимович		13.03.2023

5. Социальная ответственность

В настоящее время для решения важнейших задач для нефтяных компаний – повышения эффективности выполнения буровых работ, заканчивания нефтегазовых скважин, наращивания дебитов – необходимы усовершенствование и внедрение инновационных технологий, разработка высокоэффективных реагентов, технологических жидкостей, подобранных, в том числе, на основе данных об условиях разработки залежей. В связи с этим особый интерес представляет разработка наноструктурированных и слоистых материалов, обеспечивающих эффективность проведения работ на всех этапах строительства и эксплуатации скважин, направленных на повышение нефтеотдачи пластов. Предложен новый состав технологических жидкостей комплексного действия, разработанный с применением нанотехнологий.

В качестве рабочего места для буровой бригады, в основном, служат роторная площадка буровой вышки, блок ЦСГО и приемные мостки буровой вышки. Размер рабочих мест следующие: роторный стол - 100м²; блок ЦСГО - 60м²; приемные мостки - 30м². Оборудование буровой площадки состоит из: роторный стол – 1 шт.; ЦСГО, в том числе: буровой насос – 3 шт., блок очистки бурового раствора 1 шт, блок приготовления бурового раствора (БПР) – 1 шт., блок хранения бурового раствора (БХР) – 1 шт., лаборатория для замера параметров бурового раствора – 1 шт.; приемные мостки – 1 шт.; противовыбросовое оборудование (ПВО) – 1 шт.

В ходе выполнения буровых работ будут производиться следующие операции: бурение скважины, спуск и цементирование обсадных колонн, СПО, приготовление бурового раствора, закачка бурового раствора, опрессовка бурильных и обсадных труб (с использованием соответствующего пакера и без пакера), промывка скважины.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

В связи с удаленным географическим расположением месторождений от близлежащих населенных пунктов, для персонала установлен режим работы вахтовым методом согласно ТК РФ гл.47 ст. 297 [90].

Рабочая зона вокруг скважины попадает в списки опасных производственных объектов (далее ОПО) и согласно приказу Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 № 302, персонал подверженный опасному и вредному воздействию должен проходить обязательное медицинское обследование не реже 1 раза в год.

Согласно Статьи 9 Федерального закона от 21.07.1997 №116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) организация, эксплуатирующая ОПО, обязана обеспечивать укомплектованность штата работников опасного производственного объекта в соответствии с установленными требованиями. А также по Статье 298 Трудового кодекса РФ, при выполнении работы на ОПО, персонал обязан получить соответствующую квалификацию и допуск к самостоятельной работе [90].

Согласно ТК РФ, персонал на ОПО, ежемесячно к заработной плате, начисляемой рабочим по тарифным часовым ставкам, ИТР согласно установленного оклада за фактически отработанное время, каждый получает соответствующие выплаты: стимулирующие доплаты, связанные с режимом и условиями труда, районный, северный коэффициенты, работа в сложных климатических условиях, ночное время, многосменный режим и др [90].

Заключение договора обязательного страхования гражданской ответственности, в соответствии с установленным законом РФ за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте. Федеральный закон от 27.07.2010 N 226-ФЗ.

Персоналу в связи с дальним расположением от места проживания, организация обязана организовывать доставку к месту выполнения работ, либо компенсировать самостоятельное прибытие, согласовав в действующем договоре.

В свою очередь персонал ОПО обязан «соблюдать положение правовых актов. Знать правила ведения работ и порядок действия в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте» 19.07.2011 N 248-ФЗ. Проходить соответствующую подготовку и аттестацию.

ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ закрепляет размерные характеристики рабочего места для эффективного и безопасного проведения работ сидя.

ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ закрепляет общие эргономические требования по эффективному и безопасному проведению работ стоя и устанавливает размерные характеристики и требования к рабочему месту.

ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ устанавливает допустимые уровни опасных и вредных производственных факторов, генерируемых производственным оборудованием и, определяет специальные технические средства для снижения их влияния на человека.

ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ устанавливает общие размерные характеристики рабочего места при проведении работ сидя, и определяет методы снижения влияния средних и высоких нагрузок на человека.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При рассмотрении СанПиН 1964-79 можно выделить несколько основных положений для работы на буровой установке.

Машины и механизмы должны обеспечивать максимальную механизацию и автоматизацию основных и вспомогательных производственных операций, снижение тяжести и напряженности труда и соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.005-74.

Системы управление, расположение и компоновка пульта, органов управления индикаторов должны соответствовать анатомо-физиологическим особенностям человека. ГОСТ 22269-76.

Рабочее место должно быть максимально защищено от воздействия неблагоприятных факторов и обеспечивать достаточный обзор рабочей зоны.

Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

Выполнение трудовых операций "часто" и "очень часто" должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля.

При работе двумя руками органы управления размещают с таким расчетом, чтобы не было перекрещивания рук.

Аварийные органы управления следует располагать в пределах зоны досягаемости моторного поля, при этом следует предусмотреть специальные средства опознавания и предотвращения их непроизвольного и самопроизвольного включения в соответствии с ГОСТ 12.2.003-91.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

При необходимости освобождения рук операции, не требующие точности и быстроты выполнения, могут быть переданы ножным органам управления (управление пневмо-клиньями, тормоз лебедки).

5.2 Производственная безопасность при эксплуатации

5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Для выбора факторов, обусловленных работой на буровой помощника бурильщика эксплуатационного и разведочного бурения, был использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень этих факторов, характерных для проектируемой производственной среды, представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при строительстве скважины.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Повышенный уровень вибрации	-	+	+	Требования к уровню вибрации устанавливаются ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования
2. Повышенный уровень шума	-	+	+	Требования к уровню шума устанавливаются ГОСТ Р ИСО 9612-2013 Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах
3. Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения на рабочем месте	+	+	+	ПБ 08-624-03 Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности
4. Повышенная загазованность рабочей зоны	-	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 Требования к загазованности воздуха устанавливаются СанПиП 2.04.05-91 Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования
5. Движущиеся части и механизмы	-	+	+	ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности
6. Электрический ток	-	+	+	ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82, «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ).

Продолжение таблицы 10

7. Пожаро- и взрывоопасность	-	+	+	
8. Расположение рабочего места на значительной высоте	-	+	+	

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Повышенный уровень вибрации. Возникает при нарушении балансировки вращающихся частей установок, неправильном осуществлении технологических операций. Для борьбы с вибрацией на объекте производят балансировку, установку амортизаторов, увеличивают массу основания. При коллективных средствах защиты используют амортизационные подушки в соединениях блоков, оснований, виброизолирующие хомуты на напорных линиях буровых насосов. В качестве индивидуальных средств защиты применяются: специальные виброгасящие коврики под ноги у пультов управления различными механизмами, виброобувь и виброручкавицы. Для предупреждения вредного влияния на здоровье человека на рабочем месте виброускорение не должно превышать $0,4 \text{ м/с}^2$ для 12-часового рабочего дня в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования».

Повышенный уровень шума. Шум на рабочем месте возникает в процессе работы бурового оборудования (буровые насосы и пр.), он не должен превышать 85 дБ А в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности». Для уменьшения шума на объекте используются индивидуальные (наушники, вкладыши, шлемы) и коллективные средства защиты согласно ГОСТ Р 12.4.213-99 и ГОСТ 12.1.029-80 соответственно. К коллективным средствам защиты относятся: применение звукоизолирующих кожухов и звукопоглощающих облицовок.

Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения на рабочем месте. Носит преимущественно организационный характер. Освещение рабочих мест должно отвечать требованиям, изложенным в СП 52.13330.2011 [101].

Естественное и искусственное освещение [102]. Нормы освещенности на рабочих местах также устанавливаются «Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности» [12]. Они должны иметь следующие значения (не менее): роторный стол – 100 лк; путь движения талевого блока – 30 лк; помещения вышечного и насосного блоков, превенторная установка – 75 лк; лестницы, марши, сходы, приемный мост – 10 лк.

Повышенная загазованность воздуха рабочей среды. Количество вредных примесей в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно-допустимых концентраций. Микроклимат рабочих мест должен отвечать требованиям ГОСТ 12.1005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Для исключения нежелательных последствий от запыленности и загазованности используются: индивидуальные (респираторы, противогазы) и коллективные средства защиты (вентиляция). При приготовлении бурового раствора необходимо использовать СИЗ (респираторы, очки и рукавицы) в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ «Вредные вещества, классификация и общие требования безопасности».

Наиболее распространенные газы, с которыми сталкиваются рабочие при строительстве скважин, и их ПДК следующие: метан CH_4 – 300 мг/м³; нефть – 10 мг/м³; сероводород H_2S в присутствии углеводородов (C_1 – C_5) – 3 мг/м³; сернистый газ (SO_2) – 10 мг/м³; оксид углерода (CO) – 20 мг/м³ [11].

Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. Возникает при большинстве выполняемых технологических операций при невыполнении требований безопасности, а также в случае возникновения неисправности.

Для устранения причин необходимо все работы проводить согласно «Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности» [97].

Кроме того, необходимо:

- проводить своевременно инструктажи по технике безопасности;
- при ремонте должны вывешиваться знаки, оповещающие о проведении ремонтных работ;
- весь рабочий персонал должен быть обеспечен СИЗ (касками, спецодеждой, рукавицами и т. д.) согласно нормам.

В качестве коллективных средств защиты служат различные оградительные, предохранительные и тормозные устройства.

Электрический ток. Проявление фактора возможно при прикосновении к незаизолированным токоведущим частям, отсутствии защитного заземления, при обслуживании электроустановок без применения защитных средств. Воздействие электрического тока на организм человека разнообразно и может привести к ожогам отдельных частей тела, потере зрения, нарушению дыхания, остановке сердца и др.

Предупреждение электротравматизма на объектах достигается выполнением следующих мероприятий:

- проектирование, монтаж, наладка, испытание и эксплуатация электрооборудования буровых установок должны проводиться в соответствии с требованиями, «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» [98];
- обеспечение недоступности прикосновения к оголенным токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- применение защитного заземления буровой установки;
- применение изолирующих, защитных средств (резиновые перчатки, боты, инструмент с изолированными ручками) при обслуживании электроустановок;
- допускать к работе специально обученных лиц, имеющих группу по электробезопасности не ниже 4.

Пожаро- и взрывоопасность. Пожары – возникают вследствие взаимодействия открытого огня с огнеопасными веществами, разлитыми легковоспламеняющимися жидкостями; в результате ГНВП или замазучивания территории. Пожар опасен для человека в первую очередь тепловым воздействием, а также влиянием продуктов горения, содержащих угарный газ и другие токсичные соединения.

Буровая установка должна быть обеспечена средствами пожаротушения. Противопожарные щиты располагаются: в насосной – у входа на буровую, в котельной и на складе ГСМ. В двадцати метрах откультбудки должен быть оборудован инвентарный пожарный щит. Каждый пожарный щит, согласно постановлению правительства Российской Федерации «О противопожарном режиме» (с изменениями на 21 марта 2017 года) [100], должен содержать: огнетушитель пенный (не менее 2 шт.); лопата (2 шт.); багор (2 шт.); топор (2 шт.); ведро (2 шт.); ящик с песком; кошма 2×2 м (1 шт.); бочка с водой 200 л.

Для исключения возгорания по причине короткого замыкания в электромеханизмах должны использоваться предохранители. В электросетях необходимо использовать провода с достаточно большим сечением, чтобы исключить возможность возгорания от перегрева.

Чтобы предупредить возгорание от удара молнии все буровые установки оснащаются молниезащитой согласно РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» [94].

Взрывы возможны при накоплении в ограниченном объеме достаточного количества взрывоопасного вещества с последующим его воспламенением. Они представляют опасность для человека, поскольку в результате взрыва могут образовываться осколки разрушенных конструкций; в зависимости от силы и источника взрыва могут наблюдаться термическое воздействие и ударная волна.

Во избежание возникновения взрывов при производстве буровых работ необходимо:

- исключить наличие источников возгорания;
- исключить достижение нижнего предела взрываемости (НПВ) веществами, способными образовывать такие пределы. Для нормирования могут применяться расчетные величины НПВ, который может измеряться как в объемных долях, так и в мг/м³. Согласно расчетным данным НПВ попутного нефтяного газа в зависимости от его состава и условий может варьироваться от 2,26 до 4,56% об. [97];

- согласно «Правилам безопасности в нефтяной и газовой промышленности» [97] все сосуды, работающие под давлением, должны быть испытаны на полуторократное давление. Также должны быть установлены контрольно-измерительные приборы (манометры, датчики), защитная аппаратура и таблички, сообщающие о величине давления, под которым находится сосуд.

Расположение рабочего места на значительной высоте. Возникает в процессе ВМР и СПО. Предупреждение падений верхового рабочего достигается использованием страховочного троса и оборудованием рабочего места перильным ограждением высотой не менее 1 м. Маршевые лестницы должны иметь уклон не более 60 градусов (у резервуаров - не более 50 градусов), ширина лестниц должна быть не менее 0,65 м [105].

Средства коллективной защиты (СКЗ) – это средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения. Средства коллективной защиты должны быть расположены на производственном оборудовании или на рабочем месте таким образом, чтобы постоянно обеспечивалась возможность контроля его работы, а также безопасность ухода и ремонта.

Средства нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест. Устройства для поддержания нормируемой величины барометрического давления; вентиляции и очистки воздуха;

кондиционирования воздуха; локализации вредных факторов; отопления; автоматического контроля и сигнализации; дезодорации воздуха.

Средства нормализации освещения производственных помещений и рабочих мест. Источники света; осветительные приборы; световые проемы; светозащитные устройства; светофильтры.

Средства защиты от повышенного уровня ионизирующих излучений. Оградительные устройства; предупредительные устройства; герметизирующие устройства; защитные покрытия; устройства улавливания и очистки воздуха и жидкостей; средства дезактивации; устройства автоматического контроля; устройства дистанционного управления; средства защиты при транспортировании и временном хранении радиоактивных веществ; знаки безопасности; емкости для радиоактивных отходов.

Средства защиты от повышенного уровня инфракрасных излучений. Оградительные устройства; герметизирующие устройства; теплоизолирующие устройства; вентиляционные устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации; устройства дистанционного управления; знаки безопасности.

Средства защиты от повышенного или пониженного уровня ультрафиолетовых излучений. Оградительные устройства; устройства для вентиляции воздуха; устройства автоматического контроля и сигнализации; устройства дистанционного управления; знаки безопасности.

Средства защиты от повышенного уровня электромагнитных излучений. Оградительные устройства; защитные покрытия; герметизирующие устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации; устройства дистанционного управления; знаки безопасности.

Средства защиты от повышенной напряженности магнитных и электрических полей. Оградительные устройства; устройства защитного заземления; изолирующие устройства и покрытия; знаки безопасности.

Средства защиты от повышенного уровня лазерного излучения. Оградительные устройства; предохранительные устройства; устройства

автоматического контроля и сигнализации; устройства дистанционного управления; знаки безопасности.

Средства защиты от повышенного уровня шума. Оградительные устройства; звукоизолирующие, звукопоглощающие устройства; глушители шума; устройства автоматического контроля и сигнализации; устройства дистанционного управления.

Средства защиты от повышенного уровня вибрации. Оградительные устройства; виброизолирующие, виброгасящие и вибропоглощающие устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации; устройства дистанционного управления.

Средства защиты от повышенного уровня ультразвука. Оградительные устройства; звукоизолирующие, звукопоглощающие устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации; устройства дистанционного управления.

Средства защиты от повышенного уровня инфразвуковых колебаний. оградительные устройства; знаки безопасности.

Средства защиты от поражения электрическим током. Оградительные устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации; изолирующие устройства и покрытия; устройства защитного заземления и зануления; устройства автоматического отключения; устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения; устройства дистанционного управления; предохранительные устройства; молниеотводы и разрядники; знаки безопасности.

Средства защиты от повышенного уровня статического электричества. Заземляющие устройства; нейтрализаторы; увлажняющие устройства; антиэлектростатические вещества; экранизирующие устройства.

Средства защиты от пониженных или повышенных температур поверхностей оборудования, материалов и заготовок. Оградительные устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации; термоизолирующие устройства; устройства дистанционного управления.

Средства защиты от повышенных или пониженных температур воздуха, температурных перепадов. Оградительные устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации; термоизолирующие устройства; устройства дистанционного управления; устройства для обогрева и охлаждения.

Средства защиты от воздействия механических факторов. Оградительные устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации; предохранительные устройства; устройства дистанционного управления; тормозные устройства; знаки безопасности.

Средства защиты от воздействия химических факторов. Оградительные устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации; герметизирующие устройства; устройства для вентиляции и очистки воздуха; устройства для удаления токсичных веществ; устройства дистанционного управления; знаки безопасности.

Средства защиты от воздействия биологических факторов. Оборудование и препараты для дезинфекции, дезинсекции, стерилизации, дератизации; оградительные устройства; герметизирующие устройства; устройства для вентиляции и очистки воздуха; знаки безопасности.

Средства защиты от падения с высоты. ограждения; защитные сетки; знаки безопасности.

5.3 Определение воздухообмена при испарении растворителей и лаков

Во время ВМР и переезда буровой бригады по забурке бокового ствола, обычно, производятся работы по ремонту и ревизии оборудования, в частности идет покраска гидравлических ключей, аварийной трубы, противовыбросового оборудования, а также блока ЦСГО внутри и снаружи. Следовательно, будет целесообразно произвести расчет потребного воздухообмена при испарении растворителей и лаков при покраске блока ЦСГО внутри.

Потребный воздухообмен определяется по формуле:

$$L = 1000 \cdot \frac{G}{x_B - x_H}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1)$$

где L , $\text{м}^3/\text{ч}$ – потребный воздухообмен; G , $\text{г}/\text{ч}$ – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения; x_B , $\text{мг}/\text{м}^3$ – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88; x_H , $\text{мг}/\text{м}^3$ – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест по СанПиН 1.2.3685-21.

Применяется также понятие кратности воздухообмена n , которая показывает, сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Кратность воздухообмена определяется по формуле:

$$n = \frac{L}{V}, \text{ ч}^{-1} \quad (2)$$

где V – внутренний объем помещения, м^3 . Согласно СП 2.2.3670-20, кратность воздухообмена $n > 10$ недопустима.

Испарение растворителей и лаков обычно происходит при покраске различных изделий. Количество летучих растворителей, выделяющихся в воздухе помещений можно определить по следующей формуле:

$$G = \frac{aAmn}{100}, \text{ г}/\text{ч} \quad (3)$$

где a , $\text{м}^2/\text{ч}$ – средняя производительность по покраске одного рабочего (при ручной покраске кистью – $12 \text{ м}^2/\text{ч}$, пульверизатором – $50 \text{ м}^2/\text{ч}$); A , $\text{г}/\text{м}^2$ – расход лакокрасочных материалов; $m, \%$ – процент летучих растворителей, содержащихся в лакокрасочных материалах; n – число рабочих, одновременно занятых на покраске.

Блок ЦСГО имеет площадь 60 м^2 , это два помещения с параметрами длины и ширины 10 и 3 м. соответственно. Высота стен составляет 3 м, следовательно общая площадь для покраски (с учетом всех стен и потолка) составляет 216 м^2 . Покраска ведется бесцветным винилацетатом буровой бригадой (для сохранения внутренней поверхности ЦСГО) состоящей из 3-х помощников бурильщика, бурильщик же и слесарь-ремонтник бурового оборудования, чаще всего, работой над ревизией бурового оборудования.

Проведем расчет по формуле 3:

$$G = \frac{12 \cdot 200 \cdot 92 \cdot 3}{100} = 6624, \text{ г/ч}$$

Далее рассчитаем потребный воздухообмен, используя полученное значение количество летучих растворителей, выделяющихся в воздухе по формуле 1:

$$L = 1000 \cdot \frac{6624}{(10 - 0,15) \cdot 1000} = 672, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Далее идет расчет кратности по формуле 2:

$$n = \frac{672}{90} = 7,47 < 10, \text{ ч}^{-1}$$

Условие выполняется.

5.4 Экологическая безопасность

5.4.1 Анализ возможного влияния процессов, сопровождающих строительство скважины, на окружающую среду

Учитывая, что нефтяная промышленность в силу своей специфики является отраслью загрязнителем, где все технологические процессы могут вызывать нарушение экологической обстановки, необходимо уделять большое внимание охране окружающей среды.

Селитебная зона. При строительстве скважины вполне вероятно воздействие на селитебную зону, в частности загрязнение воздуха вблизи жилых поселков, а также нередки случаи в прошлом, когда при строительстве скважины не были качественно изолированы водоносные горизонты, питающие города, в результате чего, вода в населенных пунктах становилась непригодной для использования в бытовых условиях без специальной химической обработки. Исходя из вышесказанного, территория и само оборудование должно быть изолировано

Атмосфера. Для строительства скважины необходимо оборудование, которое зачастую работает от дизельных электростанций, устанавливаемых на территории кустовой площадки, в результате чего идут массивные выбросы выхлопных газов в атмосферу. С целью снижения воздействия на атмосферу,

для работающего оборудование необходимо наличие сажевых фильтров и систем очистки выхлопных газов.

Гидросфера. При строительстве скважины используются буровых растворы, в составе которых, в большинстве случаев, идут смазочные материалы и другие компоненты, которые могут негативно влиять на гидросферу, в результате несанкционированного сброса в окружающую среду, ближайшие реки и озера. Также случаются газонефтеводопроявления, в результате которых идет выброс скважинного флюида и открытое фонтанирование. С целью недопущения негативного влияния на гидросферу, необходимо обеспечить соответствующий контроль со стороны ИТР на кустовой площадке за утилизацией отходов и оснащение соответствующего типоразмера противовыбросового оборудования

Литосфера. Строительство скважины подразумевает разбуривание горных пород, что может повлечь за собой нарушение естественного залегания пород и их обрушивание, следовательно необходим тщательный расчет и проектирование перед началом строительства скважины. Также при бурении используется буровой раствор, одним из свойств которого является фильтрация, которая может негативно сказаться на залегающих породах и их загрязнение.

Охрана окружающей среды при строительно-монтажных работах. С целью предотвращения чрезмерного загрязнения почвы, поверхностных и подземных вод на основании СН 459-74 «Нормы отвода земель для нефтяных и газовых скважин» [102] необходимо установить по периметру границы участка и по ним оборудовать обваловку. Так для выбранной буровой установки отводимые земли составляют 2,1 га.

Охрана окружающей среды при бурении и креплении скважины. На данном этапе должны выполняться следующие мероприятия:

- с целью предотвращения в аварийных ситуациях открытого фонтанирования и загрязнения нефтью прилежащих территорий устье

скважины оборудуется противовыбросовым оборудованием согласно ГОСТ 13862-90 «Оборудование противовыбросовое»;

- транспортировку неупакованных сыпучих материалов осуществлять спец. транспортом (цементовозы, смесительные машины) [103];

- транспортировку жидких веществ (нефть, химреагенты, ГСМ и др) осуществлять только в цистернах или специальных емкостях;

- образующиеся во время СПО переливы бурового раствора и сточные воды, после мытья пола буровой или оборудования, должны стекать в шламовый амбар [97].

- создать по всей длине обсадной колонны прочное цементное кольцо с целью исключения межпластовых перетоков;

- при ликвидации скважины установить под последним объектом цементный мост высотой 100 метров [104].

С целью сбора отработанного бурового раствора, сточных вод, ГСМ, химических реагентов в процессе бурения скважины, снижения до минимума их фильтрации в почву, а также повышения противопожарной безопасности необходимо обеспечить выполнение следующих мероприятий:

- размеры земельных амбаров должны быть строго соблюдены, так как эти емкости должны обеспечить сбор отработанного бурового раствора, сточных вод и шлама на весь период строительства скважины;

- хранение запасов бурового раствора, ГСМ и нефтепродуктов должно осуществляться только в металлических емкостях.

Охрана недр. Для надежной охраны недр в процессе бурения скважины должны выполняться следующие мероприятия:

Рекультивация нарушенных земель после бурения скважины осуществляется согласно ГОСТ 17.5.3.04-83. После бурения скважины и демонтажа оборудования, необходимо выполнить следующие мероприятия:

- удаление строительного мусора, нефтепродуктов и материалов, применяемых при бурении, в установленном порядке;

- засыпка резервуаров и планировка поверхности;

- выполнение мелиоративных и противоэрозионных работ;
- покрытие поверхности плодородным слоем почвы.

5.5 Анализ вероятных ЧС, возникающих при строительстве скважин

Самым опасным и наиболее распространенным видом чрезвычайных ситуаций при бурении нефтяных и газовых скважин является газонефтеводопроявление (ГНВП).

Основными причинами возникновения ГНВП являются: недостаточная плотность бурового раствора, вследствие, ошибки при составлении плана работ или несоблюдении рекомендуемых параметров промывочной жидкости буровой бригадой; недолив скважины при СПО; поглощение жидкости, находящейся в скважине; уменьшение плотности жидкости при длительных остановках за счет поступления газа из пласта; длительные остановки скважины без промывки.

В результате всех вышеперечисленных причин возможно возникновение флюидопроявления, которое постепенно переходит в открытый неуправляемый фонтан нефти, газа, смеси нефти и газа. Последствия фонтанирования глобальны, вплоть до полного уничтожения кустового оборудования, плодородного слоя земли, продуктивного горизонта и человеческих жертв.

Основное устьевое оборудование для ликвидации ГНВП – превенторная установка [107]. При вскрытии и прохождении интервалов возможных ГНВП и дальнейшем бурении до их перекрытия очередной колонной один раз в сутки производится проверка исправности противовыбросового оборудования с регистрацией в журнале.

Перед вскрытием продуктивного горизонта и при наличии во вскрытом разрезе нефтегазосодержащих отложений, а также других высоконапорных горизонтов, на объекте должны быть вывешены предупредительные надписи: «Внимание! Вскрыт продуктивный пласт!», «Недолив скважин – путь к фонтану!».

При вскрытии и бурении скважины в интервале продуктивных горизонтов (интервалах возможных ГНВП) на ведущей трубе должен быть установлен шаровой кран. Один шаровой кран и один обратный клапан, с соответствующими инструменту резьбами, должны находиться на штатном месте в открытом состоянии и окрашены в красный цвет. Вскрытие продуктивного горизонта должно осуществляться на буровом растворе в соответствии по параметрам и качеству, указанными в проекте на строительство скважины, со своевременным проведением контроля его газонасыщенности.

Действия буровой бригады при сигнале «Выброс»:

- зафиксировать показания давления в трубном и затрубном пространствах, плотность бурового раствора, объем поступившего флюида;
- загерметизировать канал бурильных труб и устье скважины(закрывать превенторы);
- оповестить руководство предприятия о ГНВП;
- действовать в соответствии с планом ликвидации аварии.

Ликвидация ГНВП проходит в два этапа:

- вымыв флюида – комплекс технологических операций, при которых производится удаление из скважины поступивших пластовых флюидов на дневную поверхность;
- глушение скважины – комплекс технологических операций, при которых скважина заполняется утяжеленным буровым раствором, обеспечивающим условия безопасного ведения работ по строительству и ремонту скважины.

В случае если предотвратить ГНВП не представляется возможным, и оно переходит в открытое фонтанирование, работы по ликвидации открытых фонтанов осуществляются противofонтанной службой (противofонтанной военизированной частью) [104].

В данном разделе были рассмотрены основные понятия вредных и опасных факторов влияющие на состояние здоровья сотрудников при строительстве скважин. Проанализированы и описаны вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при строительстве скважины, а также меры по недопущению их негативного воздействия на человека и окружающую среду.

Проанализированы соответствующие ГОСТы и нормы по безопасности труда и сохранения благоприятной экологической обстановки и, на их основе представлены меры и рекомендации по обеспечению безаварийной работы буровой бригады.

В случае возникновения чрезвычайных ситуаций рассмотрен план ликвидации аварии. Выявлены возможные источники загрязнения окружающей среды и пути их решения. Был произведен краткий анализ возможных ЧС, а также выявлены причины, последствия и меры по ликвидации наиболее вероятной чрезвычайной ситуации.

Произведен расчет требуемого воздухообмена при покраске ЦСГО внутри тремя помощниками бурильщика бесцветным винилацетатом, в результате чего требуемый воздухообмен соответствует нормативному и значение кратности воздухообмена не превышает норму.

Заключение

Наночастицы представляют собой маленькие структуры с уникальными свойствами, которые могут быть использованы для оптимизации буровых растворов. В данной работе были рассмотрены различные методы получения наночастиц, их классификация по форме, а также их применение в буровых растворах. Исследования показали, что применение наночастиц может значительно улучшить свойства буровых растворов и повысить эффективность буровых операций.

Одним из основных преимуществ использования наночастиц в буровых растворах является их способность контролировать реологические свойства раствора, такие как вязкость, плотность и фильтрационные характеристики. Наночастицы могут служить как регуляторы реологии, позволяя более точно настраивать эти свойства в соответствии с требованиями конкретной буровой операции. Это позволяет более эффективно контролировать процесс бурения и улучшить его результаты.

Кроме того, наночастицы обладают свойствами, способствующими улучшению свойств буровых растворов. Например, они могут усиливать механическую прочность раствора, предотвращать оседание и агрегацию частиц, улучшать стабильность и равномерность распределения добавок в растворе. Это позволяет улучшить процессы бурения, снизить износ оборудования и повысить безопасность операций.

Важным аспектом использования наночастиц в буровых растворах является их влияние на окружающую среду и экологическую безопасность. Наночастицы могут быть более эффективными и экологически безопасными альтернативами традиционных добавок и реагентов, что способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Однако необходимо отметить, что использование наночастиц в буровых растворах требует дальнейших исследований и разработок. Необходимо более глубокое изучение взаимодействия наночастиц с другими компонентами

раствора, оптимизация их концентрации и методов введения, а также изучение долгосрочного влияния на окружающую среду.

В ходе анализа практических исследований применения наночастиц в системах буровых растворов стоит уделить особое внимание наночастицам SiO_2 представленном в подразделе 2 раздела 2. На основе экспериментальных исследований было выявлено особое влияние на фильтрационные свойства трещин ГРП, в результате чего, при концентрации наночастиц SiO_2 1,5%, проводимость трещин сокращалась в 237 раз, что говорит о высоком потенциале их применения, для закупоривания пор и трещин при катастрофических показателях поглощения в различных пластах. Вкупе с органическими кольматантами, такими как, древесная мука, применение наночастиц SiO_2 становится актуальной темой для их развития и дальнейшего исследования.

В целом, использование наночастиц в оптимизации буровых растворов представляет собой перспективное направление развития в нефтегазовой отрасли. Это позволяет повысить эффективность и безопасность буровых операций, улучшить качество и результаты бурения, а также снизить негативное воздействие на окружающую среду. Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут привести к развитию новых технологиям и инноваций, способствующим развитию отрасли и повышению ее устойчивости и эффективности.

Список использованных источников

1. Конельская А.А. Физические свойства наночастиц // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018001930> (дата обращения: 25.04.2023);
2. Давуди Ш. Сравнительный анализ физических свойств и экономической эффективности буровых растворов с нанодобавками / Давуди Ш., Еремян Г.А., Степико А.В. [и др.] – Текст: электронный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг ресурсов. – 2021. – № 6. – С. 130-141. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-fizicheskikh-svoystv-i-ekonomicheskoy-effektivnosti-burovyh-rastvorov-s-nanodobavkami> (дата обращения: 29.05.2018). – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка.;
3. Хавкин А.Я. Сравнительный анализ физических свойств и экономической эффективности буровых растворов с нанодобавками / Хавкин А.Я. – Текст: электронный // Газохимия. – 2011. – № 1 – С. 32-37. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-nanotehnologii-v-neftegazohimicheskom-komplekse> (дата обращения: 30.05.2018). – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка.;
4. Евдокимов И.Н. Перспективные нефтегазовые нанотехнологии для разработки месторождений / Евдокимов И.Н., Елисеев Н.Ю., Лосев А.П. [и др.] – текст: электронный // – Москва: РГУНиГ И.М. Губкина, 2018. – URL: https://eee.gubkin.ru/PUBLICAT_RUS_files/SPE_06_PEPERRUSS.pdf;
5. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса, П. Аливисатоса // М.: Мир - 2002. 292 с.;
6. Дёмичев, И.А., Сидоров, А.И. Численное моделирование оптических свойств металлических наночастиц / Учеб.-метод. пособие по выполнению лабораторного практикума. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 52с.;

7. Шевченко К.Г. Разработка метода исследования комплексов гетерогенных наночастиц на основе эффекта локализованного поверхностного плазмонного резонанса и его использование для биомедицинских приложений: автореф. дис. канд. психол. наук / Шевченко Константин Георгиевич; Московский физико-технический институт. – Москва, 2019. – 96 с. – Текст: непосредственный.;

8. Zero-dimensional, one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional biomaterials for cell fate regulation / C. Zhang et al. // *Adv Drug Deliv Rev.* Elsevier. – 2018. – Vol. 132. – P. 33–56.;

9. Xianyu Yang, Jihua Cai, Guosheng Jiang, Yungen Zhang, Shi Yanping, Shuya Chen, Ye Yue, Zhaohui Wei, Dezhan Yin, Hua Li. Modeling of nanoparticle fluid microscopic plugging effect on horizontal and vertical wellbore of shale gas. – Text: electronic // *Energy*/ – 2021. – Vol.239. – P.122-130. – DOI: 10.1016/j.energy.2021.122130;

10. Калинин Н.В. Влияние сферических наночастиц на упорядочение и фазовые переходы в нематических жидких кристаллах / Калинин Н.В., Емельяненко А.В. – Текст: электронный // *Жидкие кристаллы и их практическое использование.* – 2013. – № 4(46) – С. 24-33. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sfericheskikh-nanochastits-na-uporyadochenie-i-fazovye-perehody-v-nematiceskikh-zhidkih-kristallah> (дата обращения: 24.05.2023). – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка;

11. Комплект учебных пособий по программе магистерской подготовки «Нефтегазовые нанотехнологии для разработки и эксплуатации месторождений». Часть 6. Различные виды нанотехнологий – принудительная сборка атомных и молекулярных структур и самосборка нанообъектов: Учебное пособие. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2008. – 80 с.;

12. Сергеев Г.Б. Нанохимия: учебное пособие / Сергеев Г.Б. 2-е изд, М:КДУ,2007- 336с.;

13. Патент US 5641466 A, 24.06.1997. SU 600086 A, 30.03.1978. ПУТЯТИН А.А. Химические методы извлечения алмазов из продуктов ментева. "Сверхтвердые материалы, 1982 г. с.21-25. JP 7165406 A, 27.06.1995. RU 2135409 C1, 27.08.1999. US 5753088 A, 19.05.1998. JP 2000-203820 A, 25.07.2000.;

14. Углеродные наночастицы структурные модификаторы и упрочнители полимеров и полимерных композитов / Ильченко С.И., Гуняев Г.М., Алексахин В.М. [и др.] – Текст: электронный // Индустрия. – 2002. – № 1(27) – С.12. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uglerodnye-nanochastitsy-strukturnye-modifikatory-i-uprochniteli-polimerov-i-polimernyh-kompozitov> (дата обращения: 18.05.2023). – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка;

15. Углеродные нанотрубки. – Текст: электронный // Научно-образовательные портал «Большая российская энциклопедия»: официальный сайт. – 2012. – URL: <https://bigenc.ru/c/uglerodnye-nanotrubki-8b1fb1> (дата обращения: 22.04.2023);

16. Исследование влияния добавки наночастиц на свойства буровых растворов: журнал / Минаков А.В., Михиенкова Е.И., Жигарев В.А. [и др.] – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35393298> (дата обращения: 12.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

17. R.W. Siegel. Synthesis and processing of nanostructured materials. Proc. of NATO ASI" Mechanical properties of ultrafine-grained materials / Eds M. Nastasi, D.M. Parkin, H. Gleiter. Kluwer Head Publ., Dordrecht–Boston–London 233, 509 (1993);

18. Alsaba M.T. A comprehensive review of nanoparticles applications in the oil and gas industry / M.T. Alsaba, M.F. al Dushaishi, A.K. Abbas // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. Springer. – 2020. – Vol. 10, № 4. – P. 1389–1399;

19. Stanić V. Antibacterial activity of metal oxide nanoparticles / V. Stanić, S.B. Tanasković // *Nanotoxicity*. Elsevier. – 2020. – P. 241–274;
20. Synthesis of superacid sulfated TiO₂ prepared by sol-gel method and its use as a titania precursor in obtaining a kaolinite/TiO₂ nano-hybrid composite / C.R.S. de Oliveira et al. // *Powder Technol.* Elsevier. – 2021. – Vol. 381. – P. 366–380;
21. Advances of the top-down synthesis approach for high-performance silicon anodes in Li-ion batteries / A.P. Yuda et al. // *Journal of Materials Chemistry A*. Royal Society of Chemistry. – 2021. – Vol. 9, № 35. – P. 18906–18926;
22. Современное состояние номенклатуры прекурсоров для получения оксидных покрытий методом химического парофазного осаждения (CVD): журнал / Гуськов В.Н., Гуськов А.В., Захаров М.А. [и др.] – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25904143> (дата обращения: 28.04.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;
23. Евстропьев С.К., Никоноров Н.В. Жидкостные методы получения оптических наноматериалов. Учеб. пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 84 с;
24. Оралбай Т.К. Методы исследования строения и свойств порошковых материалов / Оралбай Т.К., Жумашева А.С., Наменгенова Т.Б. – Текст: электронный // *Наука и техника Казахстана*. – 2020. – № 2. – ISSN: 1680-9165;
25. Аппаратные средства микро- и нанотехнологий [Электронный ресурс] : электрон. научно-образоват. модуль в системе дистанц. обучения MOODLE / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. А. В. Волков. - Электрон. текстовые и граф. дан. - Самара, 2012;
26. Газофазный синтез дисперсных частиц дисульфида вольфрама и их применение / Васильева Е.С., Игнатьев М.Б., Ковалев Е.П., Ли Д.В.. [и др.] – Текст: электронный // *Вестник Новгородского государственного*

университета. – 2009. – № 46 – С.7-10. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazofaznyy-sintez-dispersnyh-chastits-disulfida-volframa-i-ih-primenenie> (дата обращения: 24.04.2023). – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка;

27. Спонтанная ассоциация углеродных наночастиц при их выделении из продуктов CVD-процесса на карбонате кальция: журнал / Прудченко А.П., Хрипунов С.В., Савоськин М.В. [и др.] – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42506674> (дата обращения: 02.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

28. Александров С.Е. Закономерности процесса плазмохимического осаждения пленок нитрида кремния в установках с удаленной плазмой: журнал / Александров С.Е. – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24043286> (дата обращения: 01.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

29. Богоуславский Л.И. Методы получения наночастиц и их размерно-чувствительные физические параметры: журнал / Богоуславский Л.И. – Текст: электронный // Вестник МИТХТ: – 2010. – 2 февр. – URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/288301377.pdf> (дата обращения: 08.05.2023).;

30. Ремпель, А. А. Материалы и методы нанотехнологий : учеб. пособие / А.А. Ремпель, А.А. Валеева.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015.— 136 с;

31. НАНОХИМИЯ. Князев А.В., Кузнецова Н.Ю. Электронное учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. – 102 с.;

32. Алексеев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: статья / А.И. Алексеев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 416 с;

33. Методы создания наноструктур и наноматериалов. – Текст: электронный: учебная программа // Фундаментальная библиотека БГУ:

официальный сайт. – 2021. – URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/270974> (дата обращения: 08.05.2023).;

34. Topuch.com: электронный портал: сайт. – Москва, 2010-2023. – URL: <https://topuch.com/metodi-polucheniya-nanochastic-kurovaya-rabota/index.html#pages> (дата обращения: 03.05.2023). – Режим доступа: для всех пользователей. – Текст: электронный.;

35. Синтез меченного дейтерием и тритием допамина твердофазным методом с использованием углеродных наноматериалов: журнал / Шевченко В.П., Нагаев И.Ю., Шевченко К.В. [и др.] – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16401306> (дата обращения: 03.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

36. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: монография / Гусев А.И. – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15217380> (дата обращения: 03.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

37. Горынин И.В. Создание конструкторных и функциональных наноматериалов / Горынин И.В. – Текст: электронный // Нанотехнологии Санкт-Петербурга. – 2008. – № 6 – С.34-43. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-konstruktsionnyh-i-funktsionalnyh-nanomaterialov> (дата обращения: 26.04.2023). – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка;

38. Гурьянов А.М. Нанодобавки и наномодификаторы для цементосодержащих строительных материалов: статья / Гурьянов А.М. – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25831359> (дата обращения: 04.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

39. Исмагилова В.С. Использование нанотехнологий при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти: журнал / Исмагилова

В.С. – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44495732> (дата обращения: 27.04.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

40. Макарова А.О. Использование гидрогелей с углеродными нанотрубками в качестве реагентов для нефтеотдачи: тезисы доклада на конференции / Макарова А.О., Зуева О. С, Зуев Ю.Ф. – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44277855&pf=1> (дата обращения: 12.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

41. Ситков Н.О. Импедансные методы детектирования для миниатюрных аналитических систем / Ситков Н.О., Зими́на Т.М. – Текст: электронный // Нанотехнологии и наноматериалы. – 2008. – № 6(48) – С.44-53. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/impedansnye-metody-detektirovaniya-dlya-miniaturnyh-analiticheskikh-sistem> (дата обращения: 29.04.2023). – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка;

42. Богданов Ф.В. Оптимизация состава полимерного бурового раствора для качественного вскрытия продуктивных горизонтов: статья / Богданов Ф.В. – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44470693> (дата обращения: 27.04.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.;

43. Оптимизация состава буровых растворов и оперативное управление их свойствами: научная статья / Линд Ю.Б., Клеттер В.Ю., Ахмадинов Ф.Н. [и др.] – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12514365> (дата обращения: 12.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

44. Харламов С.Н. Импедансные методы детектирования для миниатюрных аналитических систем / Харламов С.Н., Джанхорбани М. –

Текст: электронный // Нанотехнологии и наноматериалы. – 2022. – № 8 – С.91-108. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-reologicheskikh-svoystv-burovogo-rastvora-intensifitsiruyuschih-transport-i-ochistku-gorizontalnyh-skvazhin-ot-shlamov> (дата обращения: 01.05.2023). – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка;

45. Vc.ru: электронная платформа для стартапа и бизнеса: сайт. – Москва, 2018-2023. – URL: <https://vc.ru/u/1291782-inti/496995-potencial-primeneniya-nanochastic-v-processe-stroitelstva-neftyanyh-i-gazovyh-skvazhin> (дата обращения: 02.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

46. Barbara Słomka-Słupik. Self-Immobilizing Metals Binder for Construction Made of Activated Metallurgical Slag, Slag from Lignite Coal Combustion and Ash from Biomass Combustion / Barbara Słomka-Słupik. – Text: electronic // Department of Building Structures, Faculty of Civil Engineering, Silesian University of Technology. – 2021. – Vol. 39. – DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14113101> ;

47. Галиуллин М.Ф. Наночастицы в буровом растворе: научная статья / Галиуллин М.Ф., Вафин Р.М. – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50361516> (дата обращения: 23.04.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

48. Линд Ю.Б. Оптимизация состава буровых растворов и оперативное управление их свойствами: научная статья / Линд Ю.Б., Клеттер В.Ю., Ахмадинов Ф.Н. [и др.] – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12514365> (дата обращения: 07.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

49. Лысакова Е.И. Влияние добавок наночастиц на течения бровых растворов: автореф. дис. канд. физ.мат. наук / Лысакова Е.И.; Сибирский

федеральный университет. – Красноярск, 2022. – 44 с. – Текст: непосредственный;

50. Загородный В.Л. Современные аспекты применения органоглин в буровых растворах на углеводородной основе (РУО): научная статья / Загородный В.Л., Воеводин Л.И. – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37611352> (дата обращения: 06.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

51. Композиции на основе органоглины, содержащие ион четвертичного аммония, имеющий один или более разветвленных алкидных заместителей: патент / Идждо Ваутер, Дино Дэвид, Чэнь Яньхой [и др.] – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39390258> (дата обращения: 09.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

52. Каталитическое влияние нафтената марганца на состав и свойства тяжелой нефти ашальчинского месторождения при паротепловом воздействии на пласт: научная статья / Сувейд М.А., Аль-Мунтасер А.А., Михайлова А.Н. [и др.] – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49205001> (дата обращения: 06.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

53. Быданов Д.А. Стабилизация эмульсий отрицательно заряженными наночастицами SiO₂, модифицированными катионогенным ПАВ: научная статья / Быданов Д.А., Королева М.Ю., Юртов Е.В. [и др.] – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26260069> (дата обращения: 06.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

54. Adilbekova, A. Pickering emulsions stabilized by some inorganic materials / Adilbekova, A., Yertayeva, A. – Text : electronic // Chemical Bulletin of

Kazakh National University. – 2021. – Vol. 100. – P.30-49. – DOI: 10.15328/cb1135;

55. Bridges S. A practical handbook for drilling fluids processing / S. Bridges, L.H. Robinson // Gulf Professional. – 2020.;

56. Novel hydrophobic associated polymer based nano-silica composite with core-shell structure for intelligent drilling fluid under ultra-high temperature and ultra-high pressure / H. Mao et al. // Progress in Natural Science: Materials International. Elsevier. – 2015. – Vol. 25, № 1. – P. 90–93.;

57. PH-Responsive Water-Based Drilling Fluids Containing Bentonite and Chitin Nanocrystals / M.C. Li et al. // ACS Sustain Chem Eng. American Chemical Society. – 2018. – Vol. 6, № 3. – P. 3783–3795.;

58. Sajjadian M. Experimental evaluation of nanomaterials to improve drilling fluid properties of water-based muds HP/HT applications / M. Sajjadian, V.A. Sajjadian, A. Rashidi // J Pet Sci Eng. Elsevier. – 2020. – Vol. 190. – P. 107006.;

59. Application of Nanoparticles in Improving Rheological Properties of Water Based Drilling Fluids / M.T. Al-Saba et al. – 2018. – P. 23–26.;

60. Effect of high temperature ageing on TiO₂ nanoparticles enhanced drilling fluids: A rheological and filtration study / M. Beg et al. // Upstream Oil and Gas Technology. Elsevier. – 2020. – Vol. 5. – P. 100019.;

61. Cayeux E. Modelling of Drilling Fluid Thixotropy OMAE2018-77203-asme/terms-of-use / E. Cayeux, A. Leulseged. – 2018.;

62. Ahmed N. Experimental analysis of drilling fluid prepared by mixing iron (III) oxide nanoparticles with a KCl–Glycol–PHPA polymer-based mud used in drilling operation / N. Ahmed, M.S. Alam, M.A. Salam // J Pet Explor Prod Technol. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. – 2020. – Vol. 10, № 8. – P. 3389–3397.;

63. Al-Shargabi M.A.T.S. Comparative analysis of programs for assessing the risk of stuck drill pipes in an oil and gas well / M.A.T.S. Al-Shargabi, A.H.A. Al-Musai // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXV

Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию горно-геологического образования в Сибири. – 2021. – Т. 2. – С. 502–504.

64. Saadoon Al-Yasiri M. How the Drilling Fluids Can be Made More Efficient by Using Nanomaterials / M. Saadoon Al-Yasiri, W. Tareq Al-Sallami // American Journal of Nano Research and Applications. – 2015. – Vol. 3, № 3. – P. 41–45;

65. Abdo J. Nano-Enhanced Drilling Fluids: Pioneering Approach to Overcome Uncompromising Drilling Problems / J. Abdo, M.D. Haneef // J Energy Resour Technol. ASME International. – 2012. – Vol. 134, № 1.;

66. Improving the rheology, lubricity, and differential sticking properties of water-based drilling muds at high temperatures using hydrophilic Gilsonite nanoparticles / E. Pakdaman et al. // Colloids Surf A Physicochem Eng Asp. Elsevier. – 2019. – Vol. 582. – P. 123930.;

67. Hydrophobic associated polymer based silica nanoparticles composite with core-shell structure as a filtrate reducer for drilling fluid at ultra-high temperature / H. Mao et al. // J Pet Sci Eng. Elsevier. – 2015. – Vol. 129. – P. 1–14.;

68. Perumalsamy J. Performance evaluation of esters and graphene nanoparticles as an additives on the rheological and lubrication properties of water-based drilling mud / J. Perumalsamy, P. Gupta, J.S. Sangwai // J Pet Sci Eng. Elsevier. – 2021. – Vol. 204. – P. 108680.;

69. Effect of nanoparticles on the modifications of drilling fluids properties: A review of recent advances / R. Rafati et al. // Journal of Petroleum Science and Engineering. Elsevier B.V. – 2018. – Vol. 161. – P. 61–76.;

70. Krishnan S. Characterization of Boron-Based Nanomaterial Enhanced Additive in Water-Based Drilling Fluids : A study on Lubricity, Drag, ROP and Fluid Loss Improvement / S. Krishnan, Z. Abyat, C. Chok. – 2016.;

71. Preparation and application of melamine cross-linked poly ammonium as shale inhibitor / L. Zhang et al. // Chem Cent J. BioMed Central Ltd. – 2018. – Vol. 12, № 1.;

72. Аль-Шаргаби М. Стадии и механизм набухания глин при бурении скважин / М. Аль-Шаргаби // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: сборник статей по материалам LXX студенческой международной научно-практической конференции: Ассоциация научных сотрудников “Сибирская академическая книга”. – 2018. – P. 47–52.;
73. Alcázar-Vara L.A. Drilling Fluids for Deepwater Fields: An Overview / L.A. Alcázar-Vara, I.R. Cortés-Monroy // Recent Insights in Petroleum Science and Engineering. InTech. – 2018.;
74. Crystal-chemistry control of the mechanical properties of 2:1 clay minerals / J. Berthonneau et al. // Appl Clay Sci. Elsevier. – 2017. – Vol. 143. – P. 387–398.;
75. Karpiński B. Clay Minerals – Mineralogy and Phenomenon of Clay Swelling in Oil & Gas Industry / B. Karpiński, M. Szkodo // Advances in Materials Science. Walter de Gruyter GmbH. – 2015. – Vol. 15, № 1. – P. 37–55.;
76. Basfar S. Barite–Micromax mixture, an enhanced weighting agent for the elimination of barite sag in invert emulsion drilling fluids / S. Basfar, A. Mohamed, S. Elkatatny // J Pet Explor Prod Technol. Springer. – 2020. – Vol. 10, № 6. – P. 2427–2435.;
77. Study the effect of synthesized graft copolymer on the inhibitive water based drilling fluid system / R. Jain et al. // Egyptian Journal of Petroleum. Elsevier. – 2017. – Vol. 26, № 4. – P. 875–883.;
78. Improving the stability of multi-walled carbon nano-tubes in extremely environments: Applications as nano-plugging additives in drilling fluids / L. Ma et al. // J Nat Gas Sci Eng. Elsevier. – 2020. – Vol. 74. – P. 103082.;
79. Caenn R. Composition and properties of drilling and completion fluids / R. Caenn, H.C.H. Darley, G.R. Gray. – Gulf Professional Pub, 2011. – 701 p.;
80. Saboori R. Improvement of rheological, filtration and thermal conductivity of bentonite drilling fluid using copper oxide/polyacrylamide nanocomposite / R. Saboori, S. Sabbaghi, A. Kalantariasl // Powder Technol. Elsevier. – 2019. – Vol. 353. – P. 257–266.;

81. Development of a Nanocomposite Gel for Lost Circulation Treatment / E. Lécolier et al. – 2005.;
82. Ezeakacha C.P. Lost circulation and filter cake evolution: Impact of dynamic wellbore conditions and wellbore strengthening implications / C.P. Ezeakacha, S. Salehi, R. Kiran // J Pet Sci Eng. Elsevier B.V. – 2018. – Vol. 171. – P. 1326–1337.;
83. Feng Y. Lost Circulation and Wellbore Strengthening / Y. Feng, K.E. Gray. – 2018. – P. 13–14.;
84. Saboori R. Improvement of rheological, filtration and thermal conductivity of bentonite drilling fluid using copper oxide/polyacrylamide nanocomposite / R. Saboori, S. Sabbaghi, A. Kalantariasl // Powder Technol. Elsevier. – 2019. – Vol. 353. – P. 257–266.;
85. Improvement in filtration properties of water-based drilling fluid by nanocarboxymethyl cellulose/polystyrene core–shell nanocomposite / R. Saboori et al. // J. Pet Explor Prod Technol. Springer Verlag. – 2018. – Vol. 8, № 2. – P. 445–454.;
86. Сергеев В.В. Экспериментальное исследование влияния коллоидных систем с наночастицами на фильтрационные характеристики трещин гидравлического разрыва пласта: научная статья / Сергеев В.В., Шарапов Р.Р., Кудымов А.Ю. [и др.] – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42781674> (дата обращения: 15.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.;
87. Ташполотов Ы. Разработка технологии получения наноструктурных материалов на основе местных минерально-сырьевых ресурсов: автореф. курс. / Ташполотов Ы., Жогаштиев Н.Т., Турдубаева Ж. [и др.]; Ошский технологический университет. – Москва, 2017.–44с.– Текст:непосредственный;
88. Сечин Д.Ю. Применение нанотехнологий в нефтегазовом бурении: научная статья / Сечин Д.Ю. – eLIBRARY.RU: научная электронная

библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37337552> (дата обращения: 12.05.2023). –

Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

89. Шамилов В.М. Перспективы применения углеродных наноматериалов в нефтедобыче / Шамилов В.М. – eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000-2023. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44715620> (дата обращения: 12.05.2023). –

Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный;

90. СН 462-74 Нормы отвода земель для сооружения геологоразведочных скважин;

91. ФЕР 01-02-099-01 Валка деревьев мягких пород с корня, диаметр стволов: до 32 см;

92. ФЕР 01-02-100-01 Трелевка древесины на расстояние до 300 м тракторами мощностью: 59 кВт (80 л.с.), диаметр стволов до 32 см;

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

94. ГЭСН 04-01-005-04. URL: https://www.defsmeta.com/rgsn/gsn_04/giesn-04-01-005-04.php (дата обращения: 03.05.2023);

95. ГЭСН 04-02-001-12. URL: https://www.defsmeta.com/rgsn14/gsn_04/giesn-04-02-001-12.php (дата обращения: 03.05.2023);

96. Индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, индексы изменения сметной стоимости проектных и изыскательных работ для строительства [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_39473/ (дата обращения: 02.05.2023);

97. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95;

98. СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование

99. МР 2.2.7.2129-06 Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях
100. РД 10-525-03 Рекомендации по проведению испытаний грузоподъемных машин.
101. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
102. СНиП 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях.
103. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
104. Приказ от 12 марта 2013 года N 101 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности".
105. Приказ Минэнерго России №204 от 08.07.2002 об утверждении «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ).
106. Приказ Минтруда и социальной защиты России №328н от 24.07.2013 об утверждении «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».
107. Постановление Правительства Российской Федерации №390 от 25.04.2012 «О противопожарном режиме».
108. О.А. Зуева Концентрационные пределы горения попутных нефтяных газов//Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника – 2014. – №37.– С. 140 – 153.
109. СН 459-74 «Нормы отвода земель для нефтяных и газовых скважин».
110. Постановление Правительства РФ от 15.04.2011 N 272 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом».
111. РД 08-492-02 «Инструкция о порядке ликвидации, консервации скважин и оборудования их устьев и стволов».

112. Логанов Ю.Д., Соболевский В.В., Симонов В.М. Открытые фонтаны и борьба с ними: Справочник. — М.: Недра, 1991. — 189 с.: ил.

113. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.06.2003). 3. Указ Президента РФ от 10 апреля 1994 г. № 1200.

114. Постановление Правительства РФ от 25.02.2000 г. №162 «Об утверждении перечня тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда женщин».

Приложение А

(справочное)

Optimization of drilling fluid systems using nanoparticles

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ13	Андреев Никита Вадимович		

Консультант отделения нефтегазового дела:

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

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения иностранных языков	Айкина Татьяна Юрьевна	к.ф.н.		

Introduction

The optimization of drilling fluid systems is a crucial task in the oil and gas industry. Well drilling is a complex and costly process that requires effective solutions to enhance productivity and reduce expenses. In recent years, increasing attention has been given to the utilization of nanoparticles to improve the properties of drilling fluids.

Nanoparticles are materials with sizes ranging from 1 to 100 nanometers. The unique properties of nanoparticles, such as a large surface area and high reactivity. It make them promising for various applications, including the oil and gas industry. The utilization of nanoparticles in drilling fluid systems can lead to significant improvements in their rheological and filtration properties [1].

One of the key challenges in drilling is the efficient management of the rheological properties of drilling fluids. Nanoparticles can be utilized to modify the viscosity, density, and filtration properties of the fluids. This can result in a more effective penetration of the fluid into the porous structure of rock formations, improving the speed and quality of the drilling process. [6]

In turn, the application of nanotechnology has allowed for the creation of "smart" technological fluids. Such fluids are used for enhanced oil recovery, improving reservoir productivity, and during well drilling.

Nanofluids can be engineered to be compatible with reservoir fluids and rock formations, while also being environmentally safe. Some of them are already being applied and will soon address a range of critical challenges encountered during drilling, completion, and well operation.

1. Definition and Properties of Nanoparticles

Nanoparticles are structural units with sizes ranging from 1 to 100 nanometers (nm). They exhibit unique properties distinct from their macroscopic counterparts. The size of nanoparticles approaches the scale of molecules, atoms, and ions, leading to alterations in their physical and chemical properties [1].

One of the most significant properties of nanoparticles is the surface effect. As the surface area of nanoparticles increases proportionally with decreasing size, a

significant portion of atoms and molecules reside on the surface. This leads to changes in their electronic structure and behavior, making nanoparticles more active from a chemical, physical, and catalytic standpoint [5].

On the other hand, the properties of nanoparticles can be modified through controlled manipulation of their composition, shape, size, and surface [6]. The synthesis and functionalization of nanoparticles enable the creation of materials with desired properties for various processes, such as catalysis, sensing, medicine, and energy applications.

Overall, nanoparticles represent a unique class of materials with a wide range of properties and tremendous potential for innovation in various fields of science and technology. Understanding and controlling their properties play a crucial role in the development of new materials and the enhancement of existing technologies. [1]

2. Application of nanoparticles in the oil and gas industry

The application of nanoparticles in the oil and gas industry opens up new possibilities and methods for optimizing the processes of oil and gas extraction, processing, and transportation. Nanoparticles can be utilized in various aspects of the oil and gas industry. Their application can lead to improvements in operational efficiency and cost-effectiveness.

One of the important applications of nanoparticles is the improvement of well drilling. Nanoparticles can be added to drilling fluids with the aim of enhancing their rheological properties, reducing friction and equipment wear, as well as improving lubrication properties [18, 19]. This allows for increased drilling speed and efficiency, as well as reduced costs for equipment maintenance and repairs.

Another application of nanoparticles in the oil and gas industry is enhancing oil recovery from reservoirs. Nanoparticles can be used to create specialized polymer composites that are employed in enhanced oil recovery methods. The nanoparticles help improve the permeability and mobility of oil fluids, leading to more efficient extraction of oil from reservoirs. [39]

Moreover, nanoparticles can be utilized in oil and gas processing operations. For instance, they can serve as catalysts for various reactions, such as hydrogenation

or oxidation. This would enhance the processes of purification, desulfurization, and conversion of oil and gas. Nanoparticles can also be employed to reduce the viscosity of oil, improving its mobility and reducing energy requirements for transportation [40].

Another promising application of nanoparticles in the oil and gas industry is the development of sensor systems for monitoring and control processes. Nanoparticles can be integrated into sensors to detect and measure various parameters, such as pressure, temperature, composition, and physicochemical properties of oil and gas. This helps to achieve more precise control over processes in the oil and gas industry [41].

Nanoparticles can also be utilized in the creation of new materials and coatings with unique properties such as strength, corrosion resistance, and thermal stability. This contributes to enhancing the reliability and durability of equipment and infrastructure in the oil and gas industry. [17, 25, 32]

3. Classification of nanoparticles used in drilling fluids

The nanoparticles used in drilling fluids can be divided into 4 groups [45].

The first group includes nanoparticles of synthetic polymers. SiO₂/acrylic resin allows for the improvement of rheological and thermal properties of water-based drilling fluids. Silica nanopolymers can alter the wettability of shale formations. ZnO-acrylamide affects the yield point (a component of the drilling fluid's resistance to flow, a measure of electrochemical forces of attraction in the drilling fluid), gel strength, lubricating properties, as well as thermal and chemical properties. Synthetic polymers can also influence the plugging of clayey shale pores, preventing swelling. [2, 45]

The nanoparticles of the second group are ceramic nanoparticles that can significantly reduce the usage of conventional drilling fluids. It has been found that hydrophilic silica nanoparticles can help reduce hydrate formation in the drilling fluid. Their application in water-based drilling fluids reduces their interaction with shale formations [16]. ZnO nanoparticles can be used for hydrogen sulfide removal from water-based drilling fluids. The use of TiO₂ nanoparticles allows for a

reduction in yield point and plastic viscosity of water-based solutions. Clay nanoparticles and CuO₂ nanoparticles can improve the rheological and thermal properties of drilling fluids [45, 46].

The third group consists of metal nanoparticles. Adding boron nitride and iron nanoparticles to drilling fluids reduces the coefficients of mechanical friction of the drilling fluid. Iron nanoparticles can reduce static fluid loss of the drilling fluid. Several studies have shown the potential for increasing hydraulic fracturing pressure by more than 60% when using optimal calculated concentrations of calcium nanoparticles. Silver nanoparticles enable the regulation of drilling fluid filtrate losses, resulting in a reduction in the yield point of the drilling fluid [45].

The fourth group consists of carbon nanoparticles and graphene. Carbon nanoparticles help maintain the homogeneity of the drilling fluid over an extended period of time. Graphene, on the other hand, allows for density control of the drilling fluid and significantly enhances thermal stability. Graphene can also be used as a filter in oil-based drilling fluids. [3, 45]

4. The role of nanoparticles in drilling fluid systems

In recent years, nanotechnology has garnered significant interest in the oil and gas industry due to its wide applicability. Drilling fluids that incorporate nanoparticles are often referred to as "smart" drilling fluids [47].

With the rapid advancement of nanotechnology, nanoparticles are gradually finding their way into various aspects of drilling fluids. They will play a significant role in formulating new drilling fluid systems [39].

Indeed, nanomaterials can be used to synthesize new additives and drilling fluid systems. These additives and systems have the ability to withstand high temperatures, pressures, reduce fluid loss into the formation, and enhance the strength of the wellbore. By incorporating nanomaterials, the properties and performance of drilling fluids can be improved, leading to more efficient and effective drilling operations. [47,48]

Indeed, the application of a nanomembrane on the surface of drilling tools and wellbore can help prevent differential sticking and borehole collapse. The

nanomembrane acts as a barrier, reducing the friction between the drilling fluid and the wellbore walls, thereby minimizing the risk of sticking and ensuring smooth drilling operations. Additionally, the nanomembrane can provide mechanical reinforcement to the wellbore, enhancing its stability and preventing collapse or damage during drilling processes [47-49].

In summary, the application of nanomaterials in the field of drilling fluids has proven to be highly beneficial for enhancing the stability of the wellbore, protecting the reservoir, and increasing oil and gas recovery. This holds great significance for safe drilling practices. In the near future, nanomaterials are expected to have important practical implications and broad prospects. Moreover, they will contribute to a new breakthrough in drilling efficiency.

Nanometer-sized organoclay. A new type of nanometer-sized bentonite composites has been developed using an intercalation method. The bentonite composites are synthesized using organic cationic salts as intercalating agents for sodium bentonite. This indicates that the intercalating agent has penetrated the crystalline layers of bentonite. This will increase the interlayer spacing, and the bentonite platelets will become smaller [42, 45].

Nanocatalysts can be defined as nanoscale metal particles used as catalysts for aquathermolysis reactions. Steam injection into heavy oil reservoirs reduces the viscosity of the oil. It also leads to chemical reactions occurring between steam and oil, known as aquathermolysis reactions. Aquathermolysis reactions are conducted with the aim of breaking the sulfur-carbon bonds in asphaltenes, increasing the amount of light hydrocarbons and aromatic compounds in the oil. Aquathermolysis results in an irreversible reduction in the viscosity of heavy oil. Nickel and iron catalyze the reactions occurring between steam and oil in the reservoir [52].

5. Advancement of manufacturing technologies for nanoparticles for drilling fluids

Improvement of manufacturing technologies for nanoparticles for drilling fluids is a key aspect of the oil and gas industry's development. These nanoparticles

play a crucial role in optimizing drilling processes, enhancing efficiency, and ensuring the reliability of well drilling.

Despite the achievements in this field, there is a constant need for further advancement in the manufacturing technologies of nanoparticles. This will improve their quality and applicability in the oil and gas industry.

One of the main directions for improving nanoparticle manufacturing technologies is the development of new synthesis methods [20]. Chemical precipitation and physical methods have their limitations, such as difficulty in controlling particle size and shape, as well as the potential formation of agglomerates. Therefore, new synthesis methods are actively being researched and implemented. These methods include plasma-based techniques, ultrasonic spraying, and microemulsion methods. These approaches enable the production of nanoparticles with narrow size distributions, more uniform shapes, and increased stability [24].

Furthermore, the improvement of nanoparticle manufacturing technologies involves better control over their properties and characteristics. Particle size control is an important aspect as it influences their surface properties and effectiveness. The primary research area focuses on developing methods that precisely control the size of nanoparticles. Enhancing the stability and dispersion of nanoparticles is also crucial. This ensures their uniform distribution in the solution and prevents agglomeration [25].

Another significant aspect of improving manufacturing technologies for nanoparticles in drilling fluids is the exploration and implementation of new materials and compositions. Stability at high temperatures and pressures, as well as selectivity towards components of well fluids, are actively researched areas. The utilization of novel materials can lead to efficient utilization of nanoparticles and enhance the characteristics of drilling fluids. [22-25]

6. Study on the Influence of Colloidal Systems with Nanoparticles on Filtration Characteristics of Fractures

In order to investigate the water-blocking properties of emulsion systems with nanoparticles (ESN) used in oil production intensification technologies and enhancing reservoir oil recovery, two experiments were conducted to determine the residual conductivity of hydraulic fracture models. In these experiments, the pore pressure was set at 3.45 MPa [86]. The experimental conditions and nanoparticle concentrations in ESN-1 and ESN-2 systems are provided in Tables A.1 and A.2, respectively.

During the preparation stage of materials and technological fluids for conducting the experiments, the following laboratory samples of colloidal systems were prepared: an emulsion system with silicon dioxide nanoparticles (ESN), used as a water-blocking agent in oil production intensification technologies and reservoir oil recovery; an emulsion-suspension system with silicon dioxide nanoparticles (ESS), used as a blocking packer in the construction and underground repair processes of oil and gas wells. On Figure A.1, the samples are shown before the use of ESN. [86]

Table A.1 – Content of silicon dioxide nanoparticles and water in the compositions of laboratory samples of colloidal systems

Sample Name	Content of Silicon Dioxide Nanoparticles, %	Content of Liquid Model, %
ESN-1	0,5	81,5
ESN-2	1,0	71
ESS-1	0,5	89,5
ESS-2	1,5	85,5



Figure A.1 – Photographs of fracture models after the application of ESN-1 and ESN-2

The results of the experiments investigating the effect of the water-blocking agent ESN on the filtration characteristics of the hydraulic fracture models are presented in Table A.2 and Figure A.2.

Table A.2 – Assessment of the impact of ESN on the filtration characteristics of fracture models.

Sample Name	Pressure in the fracture, MPa	Permeability, mD·m		Permeability, Darcy		Reduction in permeability, times
		before	after	before	after	
ESN-1	8	76738	3331	1131	49	23
ESN-2	8	86307	4809	1365	77	18

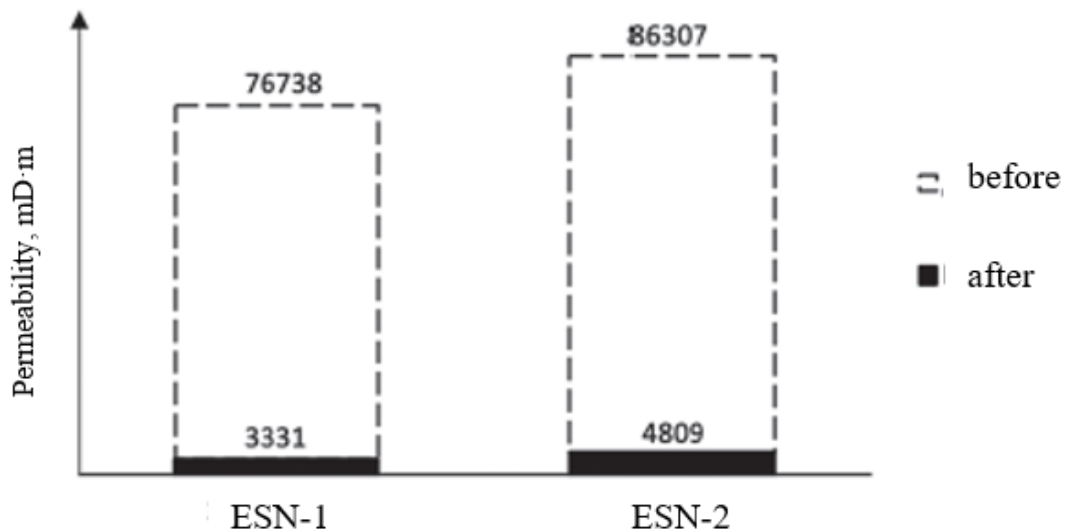


Figure A.2 – Evaluation of the influence of ESN on the conductivity of fracture models

The results of the experiments investigating the effect of the blocking agent ESS on the filtration characteristics of fracture models are presented in Table A.3 and Figure A.4. The photographs of the fracture models are shown in Figure A.3.

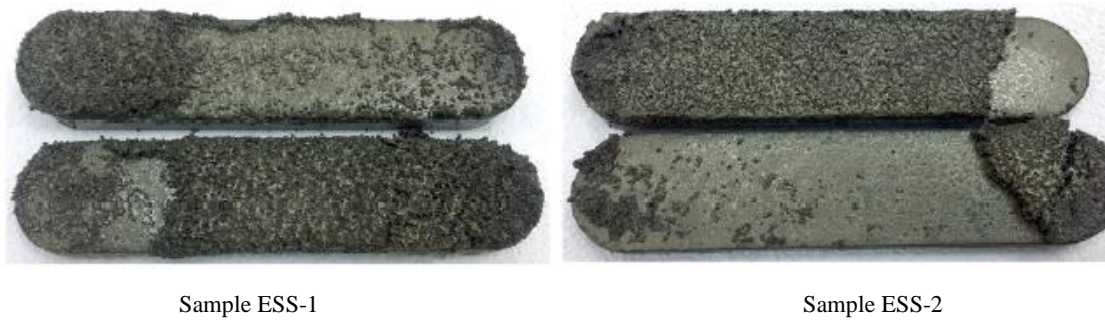


Figure A.3 - Photographs of fracture models after the application of ESS-1 and ESS-2

Table A.3 - Assessment of the impact of ESS on the filtration characteristics of fracture models.

Sample Name	Pressure in the fracture, MPa	Permeability, mD·m		Permeability, Darcy		Reduction in permeability, times
		before	after	before	after	
ESS-1	19,9	2430	36	397	6	66
ESS-2	19,9	2480	10	389	2	237

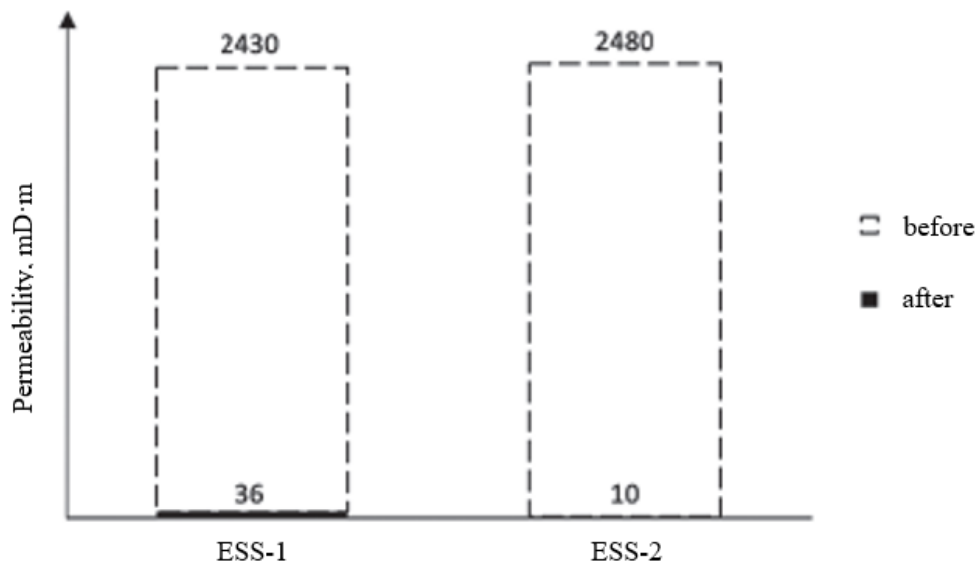


Figure A.4 - Assessment of the impact of ESS on the conductivity of fracture models

The results of the comprehensive filtration experiments allowed for the investigation and evaluation of the blocking properties of colloidal systems represented by emulsion and emulsion-suspension systems with a solid

nanoparticles content of up to 1.5% by volume. These results indicate the potential high technological effectiveness of the developed emulsion (ESN) and emulsion-suspension (ESS) systems in various reservoir development processes such as enhanced oil recovery, increased oil production, construction, and underground repair of oil and gas wells. [86]

7. The economic benefits of using nanoparticles

Reduced drilling time. The application of nanoparticles significantly reduces the time spent on drilling operations. Due to their unique properties, nanoparticles can reduce friction and wear on drilling tools. This reduces the need for tool replacement and downtime [9, 32].

Decreased reagent and additive costs. The use of nanoparticles reduces the expenses associated with reagents and additives for drilling fluids. Nanoparticles exhibit high activity and efficiency, requiring smaller quantities of additives to achieve desired fluid properties. This helps to lower the costs of purchasing and transporting reagents. [32]

Enhanced drilling process control. Incorporating nanoparticles in drilling fluids allows for more precise and controlled drilling processes. Nanoparticles can be specifically designed to achieve certain properties, enabling engineers and operators to have more accurate control over drilling parameters. [9, 17]

8. Environmental benefits of using nanoparticles

Reduction of environmental impact: The use of nanoparticles allows for a decrease in the environmental impact of drilling operations. There is efficient utilization of solutions and a reduction in the amount of additives, resulting in potential reduction of soil, water, and air pollution. Additionally, the improved drilling efficiency achieved through the use of nanoparticles leads to a reduction in the time required for drilling [2, 16, 89].

Water and soil pollution reduction: Nanoparticles can be employed to enhance filtration and purification of drilling fluids, aiding in the removal of harmful impurities and contaminants from the drilling process. This promotes more effective treatment and recycling of used water. [16, 89]

Waste volume reduction: The application of nanoparticles enables the optimization of the composition and properties of drilling fluids, potentially reducing the volume of waste generated during the drilling process. Nanoparticles exhibit high activity and efficiency, requiring smaller amounts of additives to achieve desired outcomes. This leads to a reduction in the use of chemicals and, consequently, a decrease in the volume of waste that needs to be treated and disposed of [2, 89].

9. Prospects for implementing nanoparticle technologies in well drilling

Prospects for the use of nanoparticles in optimizing drilling fluids represent significant potential for improving the efficiency of the well drilling process. Nanoparticles possess unique properties and characteristics that can offer significant advantages in various aspects of drilling, including increasing productivity, reducing costs, and improving environmental sustainability [32].

One of the main prospects of using nanoparticles is their ability to enhance reservoir permeability. Nanoparticles can be added to drilling fluids to create a nanoporous structure, which improves the fluid penetration into the reservoir [18]. This leads to increased oil and gas production, particularly in complex and low-permeability formations. [32]

Another prospect is improving control over drilling fluid filtration. Nanoparticles can form stable colloidal solutions that prevent particle invasion into the reservoir and provide filtration control. This helps prevent the formation of sand plugs and blockages, enhancing the overall drilling performance [2, 32,17].

Furthermore, the prospects of using nanoparticles to create "smart" drilling fluids are worth noting [2]. Nanoparticles can be functionalized with various additives and molecular groups, enabling them to perform specific functions and respond to changing conditions in the well [2, 32]. For example, nanoparticles can be programmed to change their physicochemical properties in response to temperature variations. This opens up possibilities for creating more adaptive and efficient drilling fluids that can automatically adjust their characteristics based on the well conditions [2].

Overall, the prospects for utilizing nanoparticles in well drilling offer opportunities for optimizing drilling fluids, improving reservoir permeability, enhancing filtration control, and creating advanced "smart" fluids that can adapt to changing well conditions. These advancements have the potential to enhance drilling efficiency, increase production yields, and contribute to more sustainable drilling practices.

Conclusion

The prospects of using nanoparticles in the optimization of drilling fluids present tremendous potential for improving the efficiency and energy efficiency of the drilling process. Nanoparticles can enhance reservoir permeability, control solution filtration, regulate the rheological properties of the fluid, provide stability, and reduce environmental impacts. Further research and development in this field may lead to the development of innovative solutions that can change and enhance modern drilling methods and increase the efficiency of the oil and gas industry.

By using nanoparticle additives, it is possible to adjust the key technological and physicochemical properties of hydrocarbon-based drilling fluids over wide ranges without significantly altering their density. This is particularly important when drilling rock formations prone to absorption and hydraulic fracturing. It also significantly improves drilling efficiency in complex geological conditions.

Improving the production technologies of nanoparticles for drilling fluids is an important task for the oil and gas industry. Continuing research in this field will help increase the efficiency and reliability of well drilling, further advancing the oil and gas industry and ensuring the sustainable and efficient use of resources.

Приложение Б

Таблица Б.1 – Сметная стоимость строительства скважины

№ сметных расчетов	Наименование работ или затрат	Полная сметная стоимость в ценах 1984г.	в том числе заработная плата рабочих
2	3	4	5
	ГЛАВА 1		
	Подготовительные работы к проведению мероприятий по строительству скважины		
1.1.	Подготовка площадки (валка, трелевка)	87 578,30	7 269,75
	ИТОГО по главе 1:	87 578,30	7 269,75
	ИТОГО по главе 1 с учетом коэффициента перерасчета сметной стоимости (K1=1,445, K2=51,69) Kп=85,526:	7 490 221,72	621 752,55
	ГЛАВА 2		
	Строительство и разборка вышки, привышечных сооружений, монтаж и демонтаж бурового оборудования, монтаж и демонтаж установки для испытания скважины		
2.1.	Строительство и монтаж	18 650,00	1 343,00
2.1.	Разборка и демонтаж	1 369,97	350,65
	ИТОГО по главе 2:	20 019,97	1 693,65
	ИТОГО по главе 2 с учетом коэффициента перерасчета сметной стоимости:	1 712 228,21	144 851,33
	ГЛАВА 3		
3.1.	Работы по строительству скважины	18 809 863,68	2 063 534,31
3.2.	Работы по креплению скважины	433 940,17	56 248,78

Продолжение таблицы Б.1

	ИТОГО по главе 3:	19 243 803,85	2 119 783,10
	ГЛАВА 4		
	Освоение скважины на продуктивность		
4.1.	Освоение скважины на продуктивность в эксплуатационной колонне	14 158,62	1 986,24
	ИТОГО по главе 4:	14 158,62	1 986,24
	ИТОГО по главе 4 с учетом коэффициента перерасчета сметной стоимости:	1 210 930,52	169 875,36
	ГЛАВА 5		
	Дополнительные затраты при строительстве скважины в зимнее время		
пп.6.1., 6.2. (ВСН 39-86) приложение 2 зона κ=1	Дополнительные затраты при производстве строительных и монтажных работ в зимнее время		
	Зимнее удорожание при СМР от суммы 1,6%×1,0*1,08	129 431,03	10 743,88
	ИТОГО по главе 5:	129 431,03	10 743,88
	ИТОГО по главам 1-5	29 786 615,34	3 067 006,23
	ГЛАВА 6		
	Накладные расходы		
Пояснительная записка	Накладные расходы на итог прямых затрат по главам 1-5 (20%)	5 957 323,07	613 401,25
	ИТОГО по главам 1-6	35 743 938,41	3 680 407,47
	ГЛАВА 7		
Пояснительная записка	Плановые накопления (8%) на итог прямых затрат по главам 1-5 и главы 6	2 859 515,07	294 432,60
	ИТОГО по главам 1-7	38 603 453,48	3 974 840,07

Продолжение таблицы Б.1

	ГЛАВА 8		
	Прочие работы и затраты		
Расчет- обоснование ООО "Геосервис"	Затраты на выплату премий, льготы и надбавки за работу в районах, приравненных к районам Крайнего Севера, полевое довольствие - 23,5%	9 071 811,57	934 087,42
П. 9.6. (ВСН 39-86) Пояснительная записка	Лабораторные работы (0,15%) по итогам глав 3 и 4 ССР	30 682,10	3 434,49
	ИТОГО по главе 8	9 102 493,67	937 521,90
	ИТОГО по главам 1-8	47 705 947,15	4 912 361,97
	ГЛАВА 9		
	Авторский надзор		
п. 10 пр. 12 ВСН 39-86	Авторский надзор - 0,2%	95 411,89	
	ГЛАВА 10		
	Проектные и изыскательные работы		
	Проектные работы, без НДС в ценах 1985 г.		
	ИТОГО по главам 1-10	47 801 359,04	4 912 361,97
	ГЛАВА 11		
ВСН 39-86	Резерв средств на непредвиденные работы и затраты - 2%	956 027,18	98 247,24
	Всего с учетом резерва	48 757 386,23	5 010 609,21
Мин. нефт. пром-ти.	Возврат материалов - всего	571 702,28	
	Прочие работы и затраты в текущих ценах		

Продолжение таблицы Б.1

Коммерческое предложение от ООО "Геофизсервис"	Промыслово-геофизические работы	2 924 576,00	
Локальный сметный расчет	Обустройство скважины	3 072 737,00	
	ИТОГО прочих работ и затрат в текущих ценах	5 997 313,00	
	ВСЕГО по сводному сметному расчету	55 326 401,50	5 010 609,21
	Кроме НДС 18%	9 958 752,27	
	Всего с НДС	65 285 153,77	5 010 609,21

Таблица Б.2 – Сметная стоимость бурения скважины

№	Шифр	Наименование	Единицы измерения	Расход	Стоимость	Всего
					единицы	Руб.
1	2	3	4	5	6	7
Эксплуатация машин и механизмов						
1	021141	Краны на автомобильном ходу при работе на других видах строительства 10 т	маш.-ч	1,99	1303,9	2594,76
2	060337	Экскаваторы одноковшовые дизельные на пневмоколесном ходу при работе на других видах строительства 0,25 м3	маш.-ч	3,23	815,13	2632,87
3	070149	Бульдозеры при работе на других видах строительства 79 кВт (108 л.с.)	маш.-ч	2,4	920,61	2209,46
4	100204	Установки и агрегаты буровые для роторного бурения скважин	маш.-ч	88,2	7599,15	670245,03
5	110501	Глиномешалки, 4 м3	маш.-ч	59,58	308,54	18382,81

Продолжение таблицы Б.2

6	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	2,99	1014,92	3034,61
Итого						18665957,96
Расход материалов						
7	103-0592	Трубы бурильные из стали группы Д с высаженными внутрь концами и муфты к ним наружный диаметр 127 мм	м	3,78	1374,84	5196,90
8	103-1023	Трубы бурильные утяжеленные с резьбой на концах, наружный диаметр 229 мм	м	0,09	2142,58	192,83
9	109-9031	Долота трехшарошечные	шт.	2,24	0	0,00
10	109-9032	Долота PDC	шт.	1,6	0	0,00
Итого						143905,72
Трудозатраты						
11		Затраты труда рабочих-строителей Разряд 4	чел.-ч	281,24	174,34	49031,38
12		Затраты труда машинистов	чел.-ч	186,98	151,11	28254,55
Итого						2063534,31
Итого (Всего, при бурении 5324 метров)						20873397,99

Таблица Б.3 – Сметная стоимость крепления скважины

№	Шифр	Наименование	Единицы измерения	Расход	Стоимость	Всего
					единицы	Руб.
1	2	3	4	5	6	7
Эксплуатация машин и механизмов						
1	021141	Краны на автомобильном ходу при работе на других видах строительства 10 т	маш.-ч	0,18	111,99	20,16

Продолжение таблицы Б.3

2	040202	Агрегаты сварочные передвижные с номинальным сварочным током 250-400 А с дизельным двигателем	маш.-ч	0,56	14	7,84
3	100204	Установки и агрегаты буровые для роторного бурения скважин	маш.-ч	2,4	652,68	1566,43
4	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,28	87,17	24,41
Итого						432229,69
Расход материалов						
5	101-0782	Поковки из квадратных заготовок, масса 1,8 кг	т	0,0003	5989	1,80
6	101-1518	Электроды диаметром 4 мм Э50А	т	0,0004	11524	4,61
7	103-9001	Трубы	м	0	0	0,00
8	109-9058	Башмаки колонные для обсадных труб	шт.	0	0	0,00
9	109-9180	Центраторы пружинные для обсадных труб	шт.	0	0	0,00
Итого						1710,48
Трудозатраты						
10		Затраты труда рабочих-строителей Разряд 4	чел.-ч	12,03	9,62	115,73
11		Затраты труда машинистов	чел.-ч	6,85	13,86	94,94
Итого						56248,78
		Итого (Всего, при креплении 2670 метров)				490188,96

Таблица Б.4 – Сметная стоимость освоения скважины

Номер расценки ЕРЕР	Затраты	Освоение			
		измерения	единицы	кол-во	Всего
			основная зарплата		основная зарплата
<u>Затраты, зависящие от времени</u>					

Продолжение таблицы Б.4

49-2008	Оплата труда буровой бригады	сут.	20,16	12,6	254,02
49-2046, к=0,89 п 1.14	Оплата труда слесаря по обслуживанию буровой и электромонтера	сут.	5,85	12,6	73,71
49-4369	Спецтранспорт автомобильный на 40 км	сут.	19,06	12,6	240,16
См. расчет №2.1.2	Амортизация	сут.	436,51	12,6	5500,07
49-2457 Приложение №1 к см.р.3.1 и 3.2 с к=0,189	Стоимость материалов и запасных частей	сут.	51,86	12,6	653,44
49-2424	Содержание бурового оборудования и инструмента (3 станка)	сут.	166,87	12,6	2102,56
49-2676 т.7стр.10, к=0,62	Эксплуатация ДВС ((313,69-32,42)/1,3*1,396+32,42)*0,5*0,62	сут.	163,47	12,6	2059,72
49-2706	Эксплуатация ПЭС ТМЗ-ДЭ-104-СЗ	сут.	27,31	12,6	344,11
49-2443	Содержание средств контроля и диспетчеризации	сут.	20,01	12,6	252,13
49-4432	Дежурный бульдозер	час	3,50	100,8	352,80
49-2417 с к=0,63	Износ инструмента	сут.	5,42	12,6	68,27
49-2420 с к=0,63	Износ ловильного инструмента	сут.	1,47	12,6	18,57
См. Р. №4.4.1	Транспортировка грузов	руб			76,00
	Итого по затратам, зависящим от времени, без транспортировки вахт:	руб			11995,55
	Корректировка зарплаты				
	основная зарплата рабочих				1391,67
	дополнительная зарплата рабочих 7,9%				109,94

Продолжение таблицы Б.4

	отчисления от ФОТ 30,4%				456,49
	Итого зарплата с учетом корректировки				1958,10
	ИТОГО по затратам, зависящим от времени с учетом корректировки зарплаты				12561,98
	Стоимость одних суток испытания	руб			952,03
	Стоимость одних суток испытания с учетом корректировки зарплаты				996,98
					315,82
<u>Затраты, зависящие от объема работ</u>					
49-2740, к=0,6	Дежурство ЦА-320	сут.	10,51	151,2	1588,51
	(27,83*0,6*12)		8,52		20,00
	Итого по затратам, зависящим от объема работ				1588,51
	Всего по затратам, зависящим от объема работ				
	Корректировка зарплаты				
	основная зарплата рабочих				20,00
	дополнительная зарплата рабочих 7,9%				1,58
	отчисления от ФОТ 30,4%				6,56
	Итого зарплата с учетом корректировки				28,14
	ИТОГО по затратам, зависящим от объема работ с учетом корректировки зарплаты				1596,65
	ИТОГО по сметному расчету без транспортировки вахт				13584,05

Продолжение таблицы Б.4

ИТОГО по сметному расчету без транспортировки вахт с учетом корректировки зарплаты																		14158,62	
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--

Таблица Б.5 – Расчетное время на бурение скважины

Наименование работ	Интервалы нормирования				Долото			Время бурения мех Тмех.бур, час		Количество долблений Nдол	Наращивание				СПО					Итого времени, час	Время бурения 1 метра, час
	№ пп.	От Н1, м	До Н2, м	Проходка Линт, м	Проходка Р, м	размер	метра	всего	Количество свечей наращивание Нсв.нар.		Количество свечей в скважине всего Нсв.	Время наращивания 1 свечи, час	Время наращивания свечей Тнар., час	Время подъема Тп и спуска Тс 1 свечи, мин	Время СП 1 свечи, час	Время СП свечей, час	Время разборки (сборки) 1 УБТ Тразб (Тсборки), мин	Время разборки (сборки) колонны, час			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Бурение под направление	1	0	70	70	400	393,7	0,250	17,500	1	1,8	1,8	0,967	1,740						19,240	0,275	
Подъем колонны бурильных труб с разборкой														1,10	0,018	0,033	17	1,020	1,053		
Смена долота																			0,233		
Спуск колонны бурильных труб со сборкой														1,10	0,018	0,033	20	1,200	1,233		
Разборка ЦКОД																			0,433		
Бурение под кондуктор	2	90	800	710	800	295,3	0,323	229,032	1	28,4	31	0,967	27,453						256,486	0,361	
Подъем колонны бурильных труб с разборкой														1,10	0,018	0,568	17	17,567	18,135		
Смена долота																			0,233		
Проверка турбобура																			0,367		
Спуск колонны бурильных труб со сборкой														1,10	0,018	0,568	20	20,667	21,235		
Разборка ЦКОД																			0,433		
Бурение под эксплуатационную колонну	3	800	1450	650	800	215,9	0,172	111,492	2	26	57	0,967	25,133	1,10	0,018	1,045			112,537	0,173	
Бурение под эксплуатационную колонну	4	1450	2156	706	800	215,9	0,339	239,322	2	28,24	85,24		27,299		0,018	1,563				240,885	0,341

Продолжение таблицы Б.5

Бурение под эксплуатационную колонну	5	2156	2654	498	800	215,9	0,488	242,927	2	19,92	105,16		19,256		0,018	1,928		244,855	0,492	
Бурение под эксплуатационную колонну	6	2654	2947	293	800	215,9	0,333	97,667	3	11,72	116,88		11,329		0,018	2,143		99,809	0,341	
Бурение под эксплуатационную колонну	7	2947	5324	2377	800	215,9	0,400	950,800	3	95,08	211,96		91,911		0,018	3,886		954,686	0,402	
Итого	7	0	5324	5324				1888,740	14,000	211,16	211,96		204,121			11,767		40,453	1971,854	0,341
Промывка скважины, час																			0,783	
Смена обтираторов, час																			35,327	
Проверка превертора, час																			1,350	
Дефектоскопия, час																			17,974	
Переоснастка талевой системы, час																			0,000	
Опрессовка УБТ, час																			24,729	
Установка УБТ за палец, час																			28,261	
Прочие работы (ЕНВ), час																			68,148	
Ремонтные работы (ЕНВ), час																			138,030	
Крепление, час																			118,874	
Итого по скважине, час																			2405,329	
Прием и сдача вахты, час																			10,100	
Нормативное время, час																			2415,429	

Таблица Б.6 – Расчетное время на крепление скважины

Наименование обсадной колонны	Интервал, м		Длина обсадной трубы, м	Количество труб	Наружный диаметр, мм	Время спуска обсадной трубы, час	Время спуска колонны обсадных труб, час	Время подготовительных работ, час	Диаметр ствола скважины, мм	Объем цилиндра ствола скважины в интервале при цементации, м3	Объем цилиндра обсадной колонны в интервале цементирования, м3	Объем цемента, м3	Объем продажной жидкости, м3	Время на закачку 1 м3, мин	Время на закачку 1 м3 продажной жидкости, мин	Время цементирования интервала ОК, час	Время на закачку продажной жидкости, час	ОЗЦ, час	Итого при креплении, час
	от, м	до, м																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Направление	0	70	10,0	7,0	323,9	0,117	0,817	1,092	393,7	8,517	5,765	2,752	5,765	2,5	1,8	0,115	0,173	16	18,196
Кондуктор	0	800	12,5	64,0	244,5	0,100	6,400	1,092	295,3	54,763	37,542	17,221	37,542	2,2	1,1	0,631	0,688	32	40,811

Продолжение таблицы Б.6

Эксплуатационная колонна	0	4582	12,5	366,6	168,3	0,075	27,492	1,717	215,9	156,683	95,210	61,472	101,88 1	2,1	1,4	2,152	2,377	48	81,737
Итого		4582					34,709	3,900				81,446				2,898	3,238	96	140,745