

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



Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность): «Нефтегазовое дело» («Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»)

Кафедра бурения скважин

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование облегченных тампонажных растворов с использованием воздухововлекающих добавок

УДК 622.257.122-022.12

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	До Хоай Нам		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шарф Ирина Валерьевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Немцова Ольга Александровна	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
бурения скважин	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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



Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность): «Нефтегазовое дело» («Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»)

Кафедра бурения скважин

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) _____ (Дата) Ковалев А.В.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы
в форме магистерской диссертации

Студенту:

Группа	Фамилия Имя Отчество
2БМ5Д	До Хоай Нам

Тема работы:

«Исследование облегченных тампонажных растворов с использованием воздухововлекающих добавок»
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2017 года
--	------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<u>Проблема:</u> большие фильтрационные потери жидкости и седиментационная неустойчивость облегченных тампонажных растворов. <u>Объект исследования:</u> облегченные тампонажные растворы. <u>Предмет исследования:</u> современные воздухововлекающие добавки. <u>Методы и средства исследования:</u> аналитические и экспериментальные.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования,</i>	<u>Цель диссертации:</u> разработать и исследовать свойства облегченных тампонажных растворов с использованием воздухововлекающих добавок. <u>Задачи диссертации:</u> 1. Провести литературный обзор по плану 1.1. Современные системы облегченных тампонажных растворов

проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	1.2. Применение воздухововлекающих добавок в рецептурах тампонажных смесей 1.3. Свойства и строение воздухововлекающих добавок 2. Разработать рецептуры модельных облегченных тампонажных растворов 3. Провести исследование свойств модельных облегченных тампонажных растворов с использованием воздухововлекающих добавок 4. Сформулировать выводы и рекомендации
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Необходимость в графических материалах отсутствует
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шарф Ирина Валерьевна, к.э.н., доцент каф. экономики природных ресурсов
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна, ассистент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности
Раздел, выполненный на иностранном языке	Епихин Антон Владимирович, ст. преп-ль каф. Бурения скважин; Ульянова Оксана Сергеевна, к.и.н., доцент каф. иностранных языков ИПР.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
1. Литературный обзор	

Дата выдачи задания на выполнение магистерской диссертации по линейному графику	1 февраля 2017 г.
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	До Хоай Нам		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ5Д	До Хоай Нам

Институт	природных ресурсов	Кафедра	бурения скважин
Уровень образования	магистратура	Направление/ специальность	«Нефтегазовое дело» / «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):</i>	Оценка затрат на приобретение оборудования для криоструктурирования грунта,
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормативы расхода материалов на технологический процесс; трудозатрат
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговый кодекс РФ ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. № 55-ФЗ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Сравнение двух методов ликвидации приустевых воронок: криостируктурирования грунта и обсыпки грунта песком
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Экономическое обоснование применения криогелей, расчет стоимости реагентов и стоимости получения криогелей
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка эффективности использования криогелей при обустройстве скважин в зоне вечной мерзлоты

Перечень графического материала

1. Расчетные формулы
2. Таблицы:
 - Расчет амортизационных отчислений
 - Затраты на приобретение исходных реагентов
 - Затраты на топливо
 - Надбавки и доплаты к заработной плате работника
 - Расчёт затрат на ЗП работников
 - Расчет страховых взносов
 - Общие суммы затрат

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф Ирина Валерьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	До Хоай Нам		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ5Д	До Хоай Нам

Институт	природных ресурсов	Кафедра	бурения скважин
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	«Нефтегазовое дело» / «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно- геологических условиях»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – облегченные тампонажные растворы. Материалы – портландцемент, микросферы, химические реагенты. Рабочая зона – лаборатория по тампонажным растворам
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	При исследовании облегченных тампонажных растворов возможно возникают следующие вредные факторы: - отклонение показателей микроклимата в помещении; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - химические факторы. При исследовании облегченных тампонажных растворов возможно возникают следующие опасные факторы: - пожароопасность; - повышенный уровень статического электричества; - движущиеся машины и механизмы; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования.
2. Экологическая безопасность	Охрана окружающей среды при строительстве нефтяных и газовых скважин
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях 3.1. Перечень возможных источников чрезвычайных ситуаций техногенного характера	К ЧС техногенного характера относятся: - пожары, взрывы; - аварии с выбросом аварийно-химически опасных веществ; - аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения. К ЧС природного характера относятся:

3.1. Перечень возможных источников чрезвычайных ситуаций природного характера	- землетрясение; - наводнение
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	- специальные правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Немцова Ольга Александровна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	До Хоай Нам		

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



Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность): «Нефтегазовое дело» («Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»)

Уровень образования: магистратура

Кафедра бурения скважин

Период выполнения: осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы: магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения магистерской диссертации**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2017 г.
--	----------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
1 марта 2017 года	Проведение литературного обзора	25
2 апреля 2017 года	Разработать рецептуры модельных облегченных тампонажных растворов	20
3–7 апреля 2017 года	Промежуточная аттестация выполнения диссертации в виде доклада на XXI Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр»	5
15 мая 2017 года	Провести исследование свойств модельных облегченных тампонажных растворов с использованием воздухововлекающих добавок	40
20 мая 2017 года	Формулирование выводов и рекомендаций	5
25 мая 2017 года	Предварительная защита диссертации	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Бурения скважин	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 96 с., 6 рис., 22 табл., 35 литературных источников.

Ключевые слова: цементирование скважин, облегченные тампонажные растворы, облегчающие добавки, воздухововлекающие добавки, полые микросферы, цементный камень, фильтрация тампонажных растворов.

Объектом исследования являются облегченные тампонажные растворы.

Цель работы – разработка цементных тампонажных растворов с повышенной прочностью, пониженной плотностью и водоотдачей, эффективных для цементирования нефтяных и газовых скважин.

В процессе исследования проводились литературный обзор традиционных систем облегченных тампонажных растворов, свойств современных воздухововлекающих добавок – полых микросфер и их применения в рецептурах тампонажных смесей, подбор рецептур модельных облегченных тампонажных растворов, исследование свойств модельных облегченных тампонажных растворов с использованием полых микросфер, изучение влияния гидроксипропилцеллюлозы ГЭЦ-400 на свойства разработанных облегченных тампонажных растворов.

В результате исследования показали, что применение полых микросфер позволяет эффективному снижению плотности тампонажных растворов, полученный тампонажный раствор имеет хорошую подвижность, и формируемый цементный камень обладает высокой прочностью. Введение реагента ГЭЦ-400 с оптимальной концентрацией в разработанные тампонажные смеси дает возможность получить облегченные тампонажные растворы, обладающие повышенной прочностью и пониженной водоотдачей, эффективные для цементирования нефтяных и газовых скважин.

Область применения: цементирование скважин.

В будущем планируется подбор рецептуры облегченных тампонажных растворов с использованием полых стеклянных микросфер, исследование их свойства, продолжение испытания разработанных тампонажных растворов с

целью поиска оптимальной концентрации ГЭЦ-400 для каждой рецептуры цементных растворов, поиск других реагентов для совершенствования свойства цементного камня, испытание свойств обработанных цементных растворов при условиях давлений и температур, равных условиям в скважине, проведение цементирования скважины в полевых условиях полученными тампонажными растворами, оценка качества их применения.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ПЦТ – портландцемент тампонажный

ППМС – полые полимерные микросферы

ПАМС – полые алюмосиликатные микросферы

ПСМС – полые стеклянные микросферы

АПСМС – аппертированные полые микросферы

ПМ – перлитовые микросферы

ОЦГ – облепченный цемент для горячих скважин

ЦТО – цемент тампонажный облегченный

ГТС – газонаполнительные тампонажные системы

ГЖТС – газожидкостные тампонажные смеси

МГГМ – мелкогранулированный метериал

ГКМ – газоконденсатное месторождение

ГЭЦ – гидроксипропилцеллюлоза

ПАЦ – полианионная целлюлоза

КМОЭЦ – карбоксиметилоксиэтилцеллюлоза

ТЭС – тепловая электростанция

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	16
1.1. Традиционные системы облегченных тампонажных растворов на основе портландцемента	18
1.2. Воздухововлекающие добавки и их применение	26
1.3. Обоснование для разработки тампонажного раствора с хорошими фильтрующими свойствами.....	33
1.4. Выводы по главе 1	36
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ. ОБОРУДОВАНИЯ	39
2.1. Методика определения растекаемости раствора	39
2.2. Методика определения плотности раствора	40
2.3. Методика определения времени загустевания раствора	41
2.4. Методика определения водоотделения раствора	43
2.5. Методика определения водоотдачи раствора	43
2.6. Методика определения прочности при изгибе образцов цементного камня	44
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	47
3.1. Результат испытания облегченных тампонажных растворов с использованием бентонита	48
3.2. Результат испытания облегченных тампонажных растворов с использованием микросфер	50
3.3. Изучение влияния добавок полисахаридов на свойства разработанных облегченных тампонажных растворов.....	55
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	60
4.1. Затраты на амортизационные отчисления.....	60
4.2. Затраты на приобретение материалов.....	61
4.3. Затраты на оплату труда.....	62
4.4. Затраты на страховые взносы	63
4.5. Определение ресурсной эффективности	64
ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	67

5.1. Производственная безопасность	67
5.2. Экологическая безопасность.....	78
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	81
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	94

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Тампонажный портландцемент и растворы на его основе уже более ста лет применяются для крепления нефтяных и газовых скважин. Цементный раствор заполняет заколонное и межколонное пространство, твердеет и превращается в практически непроницаемый камень. От этой важной операции зависит эффективность и надежность скважины при ее эксплуатации.

В последние годы увеличиваются объемы бурения скважин в новых регионах с очень усложненными геологическими условиями, особенно в регионах, характеризующихся пониженными температурами в верхней части разреза в условиях ММП (многолетних мерзлых пород), высокими забойными температурами и слабосвязанными горными породами с АНПД (аномально-низкими пластовыми давлениями). При цементировании в этих регионах возможно происходить поглощение тампонажного раствора, что вызывает его недоподъем до устья скважин. Решением этой проблемы является применение облегченного тампонажного раствора с необходимой и стабильной плотностью, подходящего конкретным условиям региона.

Однако, применение облегченных тампонажных растворов, приготовленных на основе традиционных облегчающих наполнителей, не всегда дает решение требуемой задачи согласно высококачественному креплению, так как при повышенном давлении в скважине происходит разрушение облегчающих добавок, плотность раствора сильно увеличивается, и он становится непрокачиваемым. По причине этого, использование тампонажных материалов с применением воздухововлекающих добавок, в том числе полых микросфер позволяет решить проблему по строительству долговечных и эффективных скважин.

Одним из проблем, возникающих при цементировании пластов с аномально низкими пластовыми давлениями, является загрязнение пластов фильтратом тампонажного раствора, это вызывает отрицательное влияние на продуктивные свойства этих пластов, особенно при загрязнении интервала

продуктивного пласта происходит снижение дебита скважин в процессе их эксплуатации. Поэтому кроме того приобретения хороших показателей по плотности, однородности, растекаемости, и прочности тампонажные растворы должны обладать лучшими фильтрационными свойствами с целью сохранения продуктивного пласта от загрязнения.

Цель работы. Основной целью магистерской работы является разработка цементных тампонажных растворов с повышенной прочностью, пониженной плотностью и водоотдачей, эффективных для цементирования нефтяных и газовых скважин.

Основные задачи. Для решения поставленных целей работы необходимо решить следующие задачи:

1. Провести обзор российских и зарубежных литератур по разработкам и исследованиям современных облегченных тампонажных растворов, в том числе облегченные тампонажные растворы с применением воздухововлекающих добавок, для анализа их свойств, характеристик и различных рецептур.

2. Разработать рецептуры модельных облегченных тампонажных растворов, соответствующих стандарту ГОСТ 1581-96 «Портландцемент тампонажный. Технические условия».

3. Провести исследование свойств модельных облегченных тампонажных растворов с использованием воздухововлекающих добавок.

4. Совершенствовать разработанные рецептуры путем введения в состав тампонажной смеси добавок, понижающих фильтрацию раствора.

Объект исследования – облегченные тампонажные растворы.

Предмет исследования – современные воздухововлекающие добавки – микросферы.

Методы и средства исследования. При написании данной работы были применены такие методы научного исследования, как изучение научной литературы, аналитические и экспериментальные методы.

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Тампонажный портландцемент и растворы с его применением используют для крепления газовых и нефтяных скважин. Ими наполняется затрубное пространство после спуска в скважину обсадных колонн. От этой значимой операции зависит надежность и эффективность скважин при ее эксплуатации.

Главной целью применения цементного раствора, и затем полученного камня, является создание герметизации затрубного пространства и ликвидация межколонных проявлений и перетоков из пластов в пласты, уменьшающих пластовое давление продуктивных горизонтов. По этой причине цементные растворы на этапе приготовления и в состоянии твердения должны иметь необходимые реологические и структурно-механические свойства в связи с горно-геологическими условиями строительства скважины.

Наиболее простой способ цементирования скважины представляется собой нагнетание тампонажного раствора насосами в трубное пространство колонн сверху вниз и его обратно поднимается по затрубному пространству до заданной высоты. При этом способе цементный раствор протекает различные пласты, которые могут поглощать его при наличии малой их несущей способности.

При цементировании скважин на месторождениях Крайнего Севера, Западной Сибири, Ближнего Востока, шельфов морей и др. области возникает проблема, связанная с геолого-техническими условиями строительства скважин. Они характеризуются низкими температурами в верхней части разреза, высокими забойными температурами и слабосвязанными горными породами с аномально низкими пластовыми давлениями. Эти породы, имеющие склонность к трещинообразованию и гидроразрыву, поглощают тампонажный раствор при цементировании, в результате того цемент не поднимается до устья скважины. Неполная герметичность затрубного пространства ведет к уменьшению дебита скважины и нарушению законов по охране недр.

К тампонажному цементу одновременно представляют требования по однородности, плотности и растекаемости раствора, прочности на растяжение при изгибе для камня. При цементировании скважины не всегда удается зацементировать растворами на традиционных облегчающих добавках, потому что при большом давлении в скважине они разрушаются и раствор становится непрокачиваемым.

Коренным решением проблемы, который позволяет эффективно сократить затраты на цементирование скважины, является применение облегченного тампонажного раствора с стабильной и необходимой плотностью. Традиционные облегчающие добавки: керамзит, шлак, вермикулитовый песок, опока, трепел, мел, угольная пыль, резиновая крошка, гипс, глина – обладают большим водопотреблением. Их применение не разрешает получить облегченные тампонажные смеси с плотностью меньше $1,3 \text{ г/см}^3$ из-за расслоения и ее сильного повышения при нарушении этих добавок. При использовании таких наполнителей невозможно получить раствора плотностью ниже 1 г/см^3 с одновременным выполнением указанных требований.

Таким образом требуется разработать тампонажные растворы, имеющие низкую и стабильную независимо от давления среднюю плотность, высокую однородность и растекаемость, а также повышенную прочность, трещиностойкость и теплозащитное свойство в затвердевшем состоянии.

Такие свойства тампонажных растворов могут получить путем введения в их состав полых микросфер, имеющих не только малую плотность и размеры, но и высокую удельную прочность при объемном сжатии. По причине этого растворы превращаются в практически несжимаемые, несмотря на низкую плотность, что способствует способности закачивать их на любую глубину за один прием с обратным подъемом до уровня земли, чего не получается при применении традиционных облегченных тампонажных растворов. Повышенная прочность и трещиностойкость камня позволяет исключению повторных изоляционных работ при перфорации колонн, а высоко прочное сцепление создает высокую герметизацию затрубного пространства.

Следовательно, требуется разработать и многосторонне изучить свойства облегченных тампонажных растворов с применением полых микросфер, выявить роль микросфер и эффективность их использования в растворах.

Итак, решение проблемы устойчивого дебита нефтегазовых скважин в огромной мере находится в зависимости от качества тампонажного раствора, применяемого для цементирования скважин, его свойства и способа получения.

1.1. Традиционные системы облегченных тампонажных растворов на основе портландцемента

В качестве облегчающих добавок используют, как правильно, керамзит, вермикулит, фильтроперлит, вспученный перлит, шлифованная пыль, кероген, асбест, глинопорошок, опока, мел, диатомит, трепел, шлак, резиновая крошка, гидролизный лигнин, зола-унос, зола.

Широкое распространение в качестве облегченных тампонажных растворов получили гельцементные растворы. Они представляются собой смесь портландцемента и глинопорошка. Такие растворы имеют плотность 1,45–1,65 г/см³ и возможно применяются в температурах от -5 до +60°C.

В практике применяют два способа приготовления гельцементных растворов: смешивание порошкообразного цемента и глинопорошка посредством подготовительного перетаривания из смесителя в смеситель не менее одного раза, и затворение цемента на глинистой суспензии. Первый способ получает большое применение, хотя полученная смесь недостаточно гомогенизирована. Применяют второй способ в меньших масштабах, несмотря на то, что все свойства гельцементного раствора и камня лучше, чем у цементно-бентонитовой смеси. Например, контракция камня в 2,0–2,5 раза меньше, нулевая газопроницаемость и уменьшение гидравлических потерь при продавке на 20 – 35%. У второго способа существуют недостатки: трудность работы в зимний период, меньшие сроки схватывания и темп набора ранней прочности [1].

Опыт применения гелцементных растворов подробно описан в многих работах. В работе Крутицкого Н.Н. [2] рекомендован способ введения палыгорскитовой глины с концентрацией 5–7 % от веса тампонажного раствора. В.С. Данюшевский [3] рекомендовал затворение портландцемента на водной суспензии палыгорскита.

В.Ф. Горским [4] предположил, что перед затворением портландцемента диспергируют водную суспензию палыгорскита до выравнивания вязкости, и после затворения цемента дополнительно диспергируют полученную цементно-глинистую смесь под давлением. Такой способ уменьшает концентрацию добавки палыгорскита в 5–10 раз. При этом процессы гидратации ускоряются, и полученный камень обладает более прочным, плотным и безусадочным свойствами. Использование данной технологии дает возможность получить облегченный тампонажный раствор плотностью 1300–1700 кг/м³.

Некоторые авторы [5] предлагают мелкогранулированный материал – МГГМ в качестве глиносодержащей добавки. Такой материал образуется при высокотемпературной распылительной сушке отработанных глинистых буровых растворов со соотношением компонентов по массе: портландцемент 65–90 %, МГГМ 10–35 %. Плотность полученного тампонажного раствора 1390–1600 кг/м³.

При добавке глинопорошка 22 % и хлористого кальция 4 % плотность гелцементного раствора возможно менять в достаточно широких пределах (от 1,70 до 1,45 г/см³). Однако, при плотности выше 1,55 г/см³ растворы не текут (растекаемость менее 10 см), а при плотности растворов 1,45 г/см³ увеличивает водоотстой (более 3%). При температуре 0°С сроки схватывания удлиняются, а при снижении плотности прочность гелцементного камня уменьшается. При уменьшении добавки глинопорошка с постоянным соотношением глинистой суспензии к цементу возможно уменьшить плотность, увеличить растекаемость, водоотдачу и водоотделение.

При условиях низких температур, процесс структурообразования тампонажного раствора замедляется, и при добавлении облегчающих

наполнителей, не имеющих вяжущие свойства и еще более снижающих интенсивность этого процесса, следует принимать меры по ускорению последнего. Для этой цели рекомендована гамма рецептуры активированных облегченных тампонажных смесей, плотность которых можно изменять в широком диапазоне. Также при низких температурах происходит изменение свойств и агрегативного состояния жидкой фазы тампонажного раствора, укрупнение молекул воды затворения, изменение её вязкость и проникающей способности. Следствиями этих изменений являются замедление процессов гидратации клинкерных минералов, снижение прочности цементного камня и повышение его проницаемости. В этих условиях предложена активация тампонажных растворов путем ввода в них добавок полифункционального действия, которые снижают температуру замерзания жидкой фазы, ускоряют процесс гидратации цементных минералов и способствуют снижению концентрации водной фазы за счет пластифицирующего воздействия [6].

Анализ литературных источников позволил сказать, что гелецементные растворы имеют серьезные недостатки: недостаточно низкая плотность – $1,65 \text{ г/см}^3$, высокая хрупкость камня при долгосрочном хранении. Глинопорошок ослабляет структуру цементного камня. При применении глинопорошка с целью получения требуемой плотности необходимо повышать водосодержание, что вызывает замедление структурообразования, снижение прочности и повышение проницаемости формируемого цементного камня. Такой тампонажный раствор не обеспечивает нужного контакта с металлом обсадной трубой и с породой стенок скважины. И в конечном итоге создает негерметичность затрубного пространства, низкую способность изоляции полученной крепи и быструю обводненность продукции скважины.

Как облегчающие наполнители цементных растворов широкое применение получили минеральные добавки – кремнеземистые и карбонатные.

В качестве кремнеземистых облегчающих добавок используют породы осадочного происхождения (трепел, диатомит, опока), вулканического (пемза, перлит, туф), техногенного (кремнегель, зола ТЭЦ, силикагель).

Цементы с кремнеземистыми добавками более стойки к сульфатной и сероводородной агрессии, но недостаточно стойки к полиминеральной и сероводородной коррозии. У таких тампонажных растворов, по сравнению с портландцементом, имеет менее низкое водоотделение, но более высокие усадка и набухание. Полученный цементный камень имеет более плотное сцепление с стенкой скважины и с трубой, но прочность камня после длительного хранения понижается быстрее, чем у портландцемента [7].

Облегченные тампонажные растворы с применением вспученного перлита достаточно подробно исследовали. Но на практике они не нашли широкого использования, т.к. при давлении больше 4 МПа они сильно меняют свои свойства: плотность повышает на 150–260 кг/м³, растекаемость снижает на 5 – 9 см, что вызывает нежелательные осложнения в процессе цементирования. Раствор с использованием вспученного перлита нестабилен, и при его модифицировании добавкой бентонитовой глины концентрацией 4–6 % затрудняет процесс приготовления однородного тампонажного раствора.

Однако, вышесказанные недостатки были успешно удалены при применении тончайшей фракции вспученного перлита – фильтровального перлита. Но у такого тампонажного цемента существует следующий недостаток: из-за большой разности насыпной массы цемента (1200–1400 кг/м³) и фильтроперлита (75–125 кг/м³) трудно получение однородной тампонажной смеси.

К карбонатным облегчающим добавками относятся тонкоизмельченные известняк и мел. Облегченные тампонажные растворы на основе этих добавок обладают относительно невысокой плотностью 1550 – 1750 кг/м³.

Применяли известково-глинистые композиции для приготовления облегченных тампонажных растворов, полученные растворы имеют плотность до 1150 кг/м³ и возможно используются для цементирования скважины при температуре 80–170°C. Также исследовали и использовали известково-диатомитовый тампонажный раствор плотностью 1250–1270 кг/м³ для цементирования скважины, образуемый камень обладает удовлетворительной

прочностью. В КазНИГРИ были проведены исследования известково-кремнегелевых (50:50) тампонажных растворов с плотностью 1290 кг/м^3 . Однако из-за короткого срока сохраняемости и низкой коррозионной стойкости камня у такой смеси ограничивают их практическое применение.

В УфНИИ, УкрПИИгазе были проведены исследования легких тампонажных растворов, содержащих газонаполнительные микробаллоны (пламилон). Их производят либо из фенолформальдегидной смолы (плотность шариков 420 кг/м^3), либо из мочевиноформальдегидной смолы (плотность шариков 160 кг/м^3), размер микробаллонов колеблется в пределах $30 - 50 \text{ мкм}$. При этом полученный тампонажный раствор имеет плотность до $1330 - 1210 \text{ кг/м}^3$ при водотвердом отношении $0,5 - 0,65$ и содержании количества микробаллонов $5 - 10 \%$. Однако раствор обладает удлинёнными сроками схватывания, имеет малую прочность.

Исследовали легкие тампонажные растворы плотностью менее 1300 кг/м^3 с применением гранулы полиэтилена, либо его отходов при производстве. Но данные растворы приобретают нестабильное свойство (всплывает полиэтилен), частицы полиэтилена не термостойки при температуре более $100 - 130^\circ\text{C}$, цементный камень имеет слабое сцепление с гидратообразованиями, приводит к резкому снижению прочности цементного камня, особенно при температуре менее 40°C .

В нашей стране большое распространение приобрели перлитоглиноцементные растворы, в которых глина используется как стабилизатор и замедлитель схватывания тампонажного раствора. Одним из эффективных облегчающих добавок является фильтровальный перлит. При введении фильтровального перлита в тампонажную смесь возможно получают облегченные тампонажные растворы с максимальным снижением плотности при минимальной массе добавки. Такой эффект снижения плотности тампонажного раствора добивается из-за результат относительно низкой плотности фильтровального перлита и большой его водоудерживающей способности. Однако, тампонажные растворы с применением фильтровального перлита также

имеют недостатки: усложненность образования однородной сухой тампонажной смеси, довольно высокая гигроскопичность раствора.

Широкое применение в качестве облегчающей добавки в Западной Сибири приобрел вермикулит, который является продуктом вспучивания гидрослюда. Эта добавка обладает способностью выдерживать давление за счет минимального расстояния между слоями слюды, способствует закупоривать проницаемый коллектор, предотвращает поглощение и гидроразрыв пласта. Рекомендовали его применение при содержании 8–17% от массы раствора. Однако отмечали, что при использовании вермикулито-цементных растворов появляются осложнения, связанные с невозможностью проведения продавки после кратковременной приостановки циркуляции. Это объясняется из-за расслоения и образования вермикулитовых пробок, водяных поясов, нерегулируемого сокращения сроков схватывания [6].

В.П. Детков [8, 9] предлагает применить аэрированные тампонажные растворы. С помощью аэрирования можно получить тампонажный раствор плотностью 0,3–1,3 г/см³. Однако такие растворы не получили широкого практического применения, потому что эти растворы неустойчивы, их растекаемость составляют не более 14 см, эффект аэрации теряется при давлении 4,5 МПа и температуре 75°C. Аэрированные цементные камни в возрасте 2 сут имеют практически нулевую прочность при изгибе и 1,3–1,4 МПа при сжатии. В работе В.Г. Григулецкого [10] было предложено использование газонаполнительных тампонажных систем (ГТС) в качестве тампонажного раствора. Газирование системы происходит за счет компрессоров буровой установки через эжектор, установленный на входе в цементирующую головку. Плотность раствора при газонасыщении цементного раствора равна 300 и более кг/м³, его растекаемость составляет 12 см. Полученный камень имеет прочность на сжатие в возрасте 2 сут равна 1,4 МПа, а его прочность на изгиб равна 1,5 МПа, такого быть не может. Следовательно, такие тампонажные системы не соответствуют стандартам РФ по растекаемости и по прочности. При переходе от начального возрастающего к уменьшающемуся гидростатическому давлению

они могут стать непрокачиваемыми. Поэтому аэрированные тампонажные растворы не получили широкого использования при цементировании нефтегазовых скважин.

В таблице 1.1 представлены свойства некоторых распространенных облегченных тампонажных растворов и камня.

Таблица 1.1 – Свойства распространенных облегченных тампонажных растворов и камня

Наполнитель	Средняя плотность, г/см ³	В/Т	Прочность через 2 сут, МПа			
			Сжатие		Изгиб	
			22°C	75°C	22°C	75°C
Бентонит	1,3 – 1,6	1 – 1,8	0,3 – 3	1 – 11	0 – 1,5	0,5 – 4
Диатомит	1,3 – 1,6	0,8 – 1,8	0,1 – 0,8	6 – 25	0 – 0,4	1,6 – 4
Мел	1,6 – 1,66	0,6 – 0,7	1,5 – 2,4	4 – 9	2 – 9	3 – 4,3
Трепел, опока	1,3 – 1,6	0,8 – 1,8	0 – 0,4	0,8 – 5	0,8 – 3,5	5 – 12
Угольный порошок	1,49 – 1,55	0,6 – 0,7	-	1,2 – 2	-	1,9 – 3,7
Гидролизный лигнин	1,32 – 1,4	0,95 – 2,2	-	-	-	1 – 1,65
Шлак, глинопорошок	1,5 – 1,56	0,75 – 0,8	-	2,2 – 3	-	1 – 2,6
Торф	1,42 – 1,6	0,64 – 1	-	-	1 – 3,3	-
Вспученный вермикулитовый песок	1,5 – 1,6	0,6 – 0,8	-	1 – 1,7	-	2,2 – 3,5
Резиновая крошка	1,2 – 1,5	0,6 – 0,9	1 – 3,8	2,5 – 6,6	1 – 2,6	1 – 3,8
Зола	1,6 – 1,65	0,7 – 0,8	3 – 4,5	6,2 – 9,8	2 – 2,6	4 – 5
Фильтроперлит	1,32 – 1,6	1,2 – 1,8	-	2,3 – 2,5	-	1 – 2,7
Вспученный перлитовый песок	1,4 – 1,6	0,6 – 1,1	-	2 – 3,4	-	0,5 – 2

Таким образом, для облегчения тампонажного раствора используют, как правило, вермикулит, керамзит, кероген, асбест, нефтяной кокс, глинопорошок, опока, диатомит, трепел, торф, мел, шлак, резиновая крошка, зола, шлифованный пыль, гидролизный лигнин, зола-унос.

Большинство наполнителей требует повышенное водопотребление, за счет чего уменьшается плотность тампонажного раствора до 1,3–1,6 г/см³, но при этом снижается стабильность раствора, увеличивается водоотделение и снижаются физико-механические свойства камня.

Как было отмечено выше, при креплении некоторых скважин плотность тампонажного раствора действительно не обладает достаточно облегченной. Тем не менее при резком повышении содержания воды плотность менее $1,3 \text{ г/см}^3$ невозможно получить из-за расслоения смеси и катастрофического уменьшения прочности.

Большинство ученых согласны о том, что используя традиционные облегчающие добавки, при исполнении требований согласно однородности, растекаемости раствора, прочности камня невозможно приобрести тампонажную цементную смесь с плотностью менее $1,3 \text{ г/см}^3$. Причем, под действием давления добавки разрушаются, при этом создаются новые активные поверхности, адсорбирующие на себе воду из раствора. В следствии этого, раствор превращается непрокачиваемый.

Все добавки для облегчения тампонажного раствора с насыпной плотностью до 300 кг/м^3 не выносят давления при объемном сжатии больше 5 МПа, а с насыпной плотностью от 350 кг/м^3 и более – 10 МПа. При этом разрушение происходит катастрофически.

Таким образом, для качественного цементирования скважин при малой несущей способности пласта следует применение облегченных тампонажных растворов. Такие растворы можно получить:

- высоким водозатворением раствора портландцемента с облегчающим добавками, которое приводит к уменьшению прочности камня меньше допустимых значений и расслоению раствора. Поэтому при таком способе невозможно получить раствор плотностью менее единицы. Повышение содержания воды в случае, при котором плотность раствора менее плотности воды, будет происходить увеличение средней плотности раствора;
- использованием существующих облегчающих добавок, которые сейчас не гарантируют нужной средней плотности раствора и одновременно необходимой прочности. Под действием давления в скважине они разрушаются и плотность раствора будет повышаться;
- аэрацией тампонажного раствора.

Таким образом существует проблема образования облегченных тампонажных растворов для цементирования скважин в сложных горно-геологических условиях. Следовательно, наиболее эффективными облегчающими добавками, которые способствуют более эффективному уменьшению плотности раствора, являются добавки, обладающие низкой плотностью и высокой прочностью, т.е. высокой удельной прочностью. Лучшими показателями по этим оценкам обладают полые микросферы.

1.2. Воздухововлекающие добавки и их применение

Воздухововлечением является процесс создания в цементном камне огромного числа воздушных пузырьков, равномерно распределенных в матрице. Несмотря на то, что воздушные пузырьки размещены в объеме тампонажного раствора, они остаются независимой фазой. Это достигается тем, что вовлеченный воздух, равномерно размещаясь в цементном объеме, образует замкнуто-пористую структуру камня в твердеющей системе. Поэтому плотность этого цемента будет пониженной по сравнению с обычным тампонажным раствором.

В настоящее время самым эффективным воздухововлекающим наполнителем являются полые микросферы.

Полые микросферы представляют собой порошок из сферических тонкостенных частиц размером от 10 до 500 мкм, насыпной плотностью от 100 до 450 кг/м³ и теплопроводностью от 0,05 до 0,067 Вт/(м·°C), с химическим составом SiO₂ (51–70%), Al₂O₃ (18–40%). Внутренняя полость их заполнена аммиаком, углекислым газом, сернистым газом или азотом.

По способу получения и количеству сырьевых компонентов микросферы выделяются на несколько групп: полимерные, силикатные, углеродные, алюмосиликатные (керамические, зольные) и стеклянные. В таблице 1.2 представлен химический состав используемых полых микросфер.

Таблица 1.2 – Химический состав некоторых полых микросфер [11]

Компоненты	Состав микросфер, %		
	Полимерные	Стеклообразные	Алюмосиликатные
Фенолформальдегид	100	-	-
SiO ₂	-	60 – 80	55 – 59
Al ₂ O ₃	-	4 – 10	27 – 31
Fe ₂ O ₃	-	-	4,6 – 5,5
CaO	-	5 – 25	1,1 – 1,8
K ₂ O	-	5 – 16	3,2 – 3,7
Na ₂ O	-	5 – 16	1,0 – 2,0
MgO	-	0 – 15	1,3 – 1,7
MnO ₂	-	0 – 10	-
B ₂ O ₅	-	10 – 20	-
SiO ₂ /SiO ₃	-	-	0,05 – 0,1
P ₂ O ₅	-	0 – 5	-
Cl	-	-	<0,1

Полые полимерные микросферы (ППМС) – газонаполненные сферические частицы размером 50–500 мкм и насыпной плотностью 100–250 кг/м³. Они образуются из фенолформальдегидной смолы (плотностью 420 кг/м³) или мочевиноформальдегидной смолы (плотностью 160 кг/м³). Оптимальное содержание этих микросфер в тампонажных растворах равно 5–10% (допускается 20%). При использовании ППМС возможно получить тампонажный раствор с плотностью до 1200 кг/м³, прочность на изгиб получаемого камня при 22°С равна от 0,8 до 1,8 МПа (через 2 и 4 сут. соответственно).

Однако при применении ППМС имеют следующие недостатки: сложность получения гомогенизированной системы, недостаточная устойчивость и разрушение микросфер при повышенном давлении в скважине (при 30 МПа плотность смеси повышается на 220–260 кг/м³), в результате чего снижается объем раствора.

Полые алюмосиликатные микросферы (ПАМС) являются продуктом сжигания топлива в ТЭС или на других производствах, где зола от сгорания угля удаляется в виде водной пульпы. Они создаются вследствие своеобразной грануляции расплава минеральной части углей, которая при дроблении сформирует мелкие частицы, раздувающиеся из-за повышений газовых включений. Минералогический компонентный состав представлен в большей степени SiO₂ – 50–60 %, Al₂O₃ – 25–35 %. Прочность на разрушение до 28 МПа.

Полые стеклянные микросферы (ПСМС) по наружному виду подобны ПАМС. Их получают из натрийборсиликатного стекла, посредством пропускания мелких частиц, содержащих порообразователь, через высокотемпературную зону. Стеклянные микросферы характеризуются сравнительно значительной удельной прочностью до 18 МПа. Прочность на гидростатическое сжатие ПСМС равна 50 МПа, цементный камень с их прибавлением обладает высокой трещиностойкостью, его прочность в 1,5– 2,0 раза больше прочности облегченных тампонажных цементов ОЦГ (облегченный цемент для горячих скважин) и ЦТО (цемент тампонажный облегченный), которая может быть повышена пластифицирующими и гидрофобизирующими добавками. ПСМС имеют в большей степени следующий минералогический компонентный состав: SiO_2 – 78%, Na_2O – 8%, CaO – 6%, B_2O_3 – 3,5%, ZnO – 2%, остальные примеси [11].

Анализ результатов использования микросфер показывает, что полые микросферы позволяют получить тампонажные растворы с существенно пониженной плотностью, полученный цементный камень обладает высокой прочностью, превышающей требования отраслевых стандартов на облегченные тампонажные растворы.

Выбор полых алюмосиликатных микросфер в качестве облегчающим наполнителем объясняется, во-первых наличием алюминатной и силикатной фаз, способствующих участию микросфер в процессе формирования структуры цементного камня, во-вторых они играют роль центров кристаллизации в цементном растворе, уменьшающих энергетический барьер для выполнения реакций гидратации [12].

При применении микросфер плотность тампонажного раствора эффективно снижается, это в первую очередь объясняется низкой плотностью самой добавки. Хотя повышенное водоцементное отношение – 0,6–0,7, тампонажный раствор стабилен, обладает допустимыми показателями водоотстоя. Прочностные характеристики цементного камня превышают

требования стандартов на облегченные тампонажные растворы. Полученные результаты можно объяснить следующими факторами:

- высокой дисперсностью микросфер. Благодаря этому, микросферы играют в роль как центры кристаллизации в тампонажном растворе, что приводит к уменьшению энергетического барьера для осуществления гидратации и кристаллизации новообразований, в результате чего процесс твердения тампонажного раствора ускоряется. Кроме того, за счет высокой дисперсности микросферы связывают большое количество молекул воды затворения, в результате этого седиментационная устойчивость тампонажного раствора повышается. В итоговом счете, образуется малопроницаемый цементный камень с повышенной прочностью;

- наличием силикатной и алюмосиликатной фаз в составе микросфер, что приводит к участию микросфер в формировании структуры цементного камня и дополнительному повышению прочности камня.

Применяли микросферы для приготовления термостойких тампонажных составов. За счет образования низкоосновных гидросиликатов кальция микросфер при взаимодействии с минералами цемента сразу же на начальных стадиях твердения, они способствуют обеспечению достаточно высокой долговечности образуемого цементного камня при высоких температурах окружающей среды. Повышение давления приводит к повышению удельной поверхности добавки, увеличению количества центров кристаллизации новообразований, что эффективно повышает прочность камня. При температурах около 75°C и более отметили наличие области увеличения прочностных показателей камня в возрасте 7 и более суток. Рекомендовали оптимальную концентрацию микросфер, равную 5–10%, при которой прочность образцов достигается максимальным значением. Также наблюдали увеличение прочностных показателей и количества низкоосновных силикатов со временем твердения. При дальнейшем повышении температуры не отметили увеличения субкапиллярных пор. В итоговом счете можно сказать, что применение микросфер в качестве добавки тампонажного раствора способствует повышению

термостойкости цементного камня, образуемого в условиях высоких температур [13].

В работе [14] описан эффект ПАМС при его добавлении в газожидкостные тампонажные смеси (ГЖТС). Ввод ПАМС в ГЖТС позволяет уменьшить кратность и одновременно сохранить низкую плотность смеси. Уменьшение кратности аэрированного раствора способствует увеличению прочности получаемого цементного камня и его сцеплению с горными породами и обсадными трубами. Комбинация газовых пузырьков и полых микросфер в составе тампонажной смеси дает возможность приобрести довольно прочный облегченный цементный камень.

Анализ работ [11, 12, 15] показывает, что применение ПАМС в состав тампонажных растворов позволяет снизить их плотность при относительно невысокой водопотребности, обеспечить подъем раствора до проектной высоты, повышать прочность и трещиностойкость формируемого камня. Повышенная прочность и трещиностойкость камня позволяет исключить повторного цементирования при перфорации колонны, а достаточно высокое сцепление обеспечит герметизацию затрубного пространства. Полученный цементный камень с включением микросфер обладает низкой теплопроводностью, что позволяет их применение при цементировании скважин в криолитозоне.

Наиболее перспективной облегчающей добавкой являются полые стеклянные микросферы.

У тампонажных растворов с микросферами обладают высокими сроками схватывания и прокачиваемостью, это оказывает положительное влияние на технологии цементирования. Микросферы равномерно размещаются в цементном растворе и играют роль макроцентров кристаллизации тампонажного раствора.

Растворы с ПСМС обладают пластической прочностью $(4-16) \cdot 10^{-3}$ МПа при средней плотности раствора 810–1370 кг/м³. Использование цементных растворов с полыми стеклянными микросферами эффективно помогает ликвидации поглощений бурового раствора и образует плотное цементное

кольцо в затрубном пространстве при малой несущей способности пластов. При помощи поверхностной активности, скользящей и закупоривающей способности в тампонажном растворе, полые стеклянные микросферы обеспечивает раствор высокие реологические свойства. При использовании данных микросфер в растворе образуются высокопрочные низкоосновные гидросиликаты кальция. Поэтому облегченный цементный раствор в продолжительность закачивания в скважину имеет высокую текучесть, а в завершающей стадии интенсивно схватывается и набирает прочность [16, 17].

Изучения [18] показали, что существенно увеличивается трещиностойкость тампонажных камней при применении и повышении количества ПСМС в тампонажном растворе, что приводит к значительному уплотнению структуры камня. Помимо этого, увеличение содержания микросфер в составе раствора приводит к повышению прочности сцепления с обсадными трубами и горными породами.

Обладая поверхностной активностью, закупоривающей и одновременно скользящей способностью, полые стеклянные микросферы обеспечивают высокие реологические свойства. Облегченный тампонажный раствор в период закачивания имеет высокую подвижность, при этом его прокачиваемость достигается до значения пластической прочности $10 \cdot 10^{-3}$ МПа и более, за счет этого такой раствор эффективно применяют при ликвидации поглощения бурового раствора при бурении скважины.

Облегченный тампонажный раствор с применением ПСМС имеет однородность по плотности и прочности, не расслаивается во времени. За счет низкой теплопроводности такой раствор применяют для эффективной пассивной защиты многолетних мерзлых пород от растепления. Оптимальным с точки зрения защиты многолетних мерзлых пород от растепления был принят состав с 50% ПСМС и 1% суперпластификатор от массы портландцемента.

Проводили рассмотрение структуры и свойств облегченных тампонажных растворов с ПСМС после пулевой перфорации, прочности его сцепления с горной породой и обсадной трубой. По результатам исследований

установили, что после пулевой перфорации тампонажного камня с полыми стеклянными микросферами происходит значительное уплотнение структуры за счет действия пули. Происходит двухкратное увеличение удельного сопротивления увеличению местной трещины за счет создания уплотненного кольца вокруг перфорационного канала. Уплотнение стенок пулевого канала и упрочнение камня приводят к увеличению трещиностойкости. В итоговом счете можно сказать, что облегченный тампонажный раствор с применением полых стеклянных микросфер приходит для цементирования призабойной зоны нефтяных и газовых скважин [19].

Наблюдали, что при использовании полых стеклянных микросфер под действием давления и температуре в цементном камне образуется тоберморит. Он обладает меньшей средней плотностью, чем традиционные продукты гидратации портландцемента, занимает огромный объем и этим самым упрочняет и уплотняет структуру. При этом прочность повышает более чем в 2 раза, средняя плотность и теплопроводность остаются приблизительно такими же, как у камня, образуемого при атмосферном давлении. Это приводит к образованию высокопрочной матрицы. Поэтому, тампонажный раствор с использованием полых стеклянных микросфер могут быть применены при глубинах на забое более 3000 м [20].

Для повышения трещиностойкости тампонажного камня поверхность полых стеклянных микросфер намеренно обрабатывается (процесс аппретирования). Внедрение кремне-органического аппрета меняет структуру облегченного тампонажного материала с ПСМС, которая уплотняется и содействует повышению прочности. Использование аппретированных полых стеклянных микросфер (АПСМС) дает возможность уменьшать водопотребность раствора и упрочнить контактную зону [11].

В работе Первушина Г.Н. [21] был приведен анализ результатов цементирования 20-ти эксплуатационных газовых скважин на Заполярном ГКМ Севера Тюменской области, использовались облегченные тампонажные растворы на основе АПСМС. По результатам анализа показывали, что при

цементировании с применением данной добавки на большинстве исследованных скважин межколонные давления отсутствуют или имеют незначительных значений. Главной причиной вызывания межколонных давлений признали негерметичность резьбовых соединений обсадных труб. Эти результаты доказывают высокую надежность теплоизоляционного материала с полыми стеклянными микросферами повышенной трещиностойкости в процессе крепления, это позволяет обеспечить надежность всей конструкции скважины в целом.

Таким образом, применение полых микросфер, особенно алюмосиликатных и стеклянных микросфер, в тампонажных растворах позволяет эффективному снижению их плотности, обеспечивает подъем цемента до проектной высоты. При этом формируемый цементный камень обладает повышенной прочностью и трещиностойкостью. Эти наполнители могут быть применяемы при цементировании глубоких скважин с сложными геологическими условиями.

1.3. Обоснование для разработки тампонажного раствора с хорошими фильтрующими свойствами.

При заканчивании скважины происходит ухудшение коллекторских свойств продуктивного пласта в результате проникновения фильтратов жидкости заканчивания в призабойную зону пласта, а также необходимых физико-химических, баротермических и др. процессов взаимодействия их с пластовыми флюидами и породоразрушающими минералами пласта. Это приводит к снижению фильтрационных характеристик нефтегазовых коллекторов вследствие закупорки набухающими глинистыми частицами и продуктами взаимодействия фильтратов буровых технологических жидкостей с пластовыми флюидами и породой пласта, блокирования водонефтяной эмульсией и т.д. поэтому контроль фильтрации жидкости заканчивания является одним из ключевых вопросов проектирования и заканчивания скважины.

Основным направлением работ по увеличению качества заканчивания скважины, с точки зрения ее производительности, считается решение задачи по максимально возможному сохранению проницаемости продуктивных пород в призабойной зоне пласта.

Отрицательное влияние однотипных технологических воздействий на фильтрационные свойства пород продуктивных пластов может быть различным, что обуславливается природным многообразием петрофизических свойств коллекторов и особенностями их флюидонасыщения. Поэтому, универсальных, одинаково высокоэффективных технологических решений, пригодных для практической реализации на различных площадях даже при вскрытии одновозрастных пластов не существует.

Проблема увеличения качества заканчивания скважин с точки зрения повышения их производительности может быть разрешена посредством применения во всех технологических операциях таких рабочих жидкостей, которые при проникновении в призабойную зону пласта в минимальной степени уменьшали бы ее проницаемость для углеводородов в условиях определенного объекта вскрытия. При этом состав и свойства жидкостей заканчивания, режимные параметры технологических операций в скважине должны обеспечить минимально возможные размеры зон их проникновения.

Установлено, что при цементировании заколонного пространства в интервале продуктивного пласта его продуктивность уменьшается в 2 раза, что связано со следующим:

- проникновением фильтрата цементного раствора в поры коллектора;
- цементированием микро и макротрещин пластов, существующих каналы фильтрации;
- повышением фильтрационных сопротивлений в призабойной зоне из-за наличия цементного кольца.

Известно, что при условии полного использования возможностей продуктивных пластов (если бы добывающие способности скважин не ограничивались возможностями применяемой технологии их строительства)

добыча нефти и газа на одну скважину была бы в 2 – 4 раза больше в зависимости от геологических условий.

Одним из способов уменьшения проникновения фильтрата тампонажных растворов в пласт является уменьшение репрессии, например, использование облегченного тампонажного раствора. Также известен способ временного блокирования интервала продуктивного пласта с применением специальных блокирующих жидкостей с наполнителем перед цементированием. Причем во многих работах указывается о применении в качестве блокирующей жидкости пены. Пена обладает большей по сравнению с тампонажным раствором вязкостью (движение тампонажного раствора к пласту останавливается вследствие роста гидравлических сопротивлений) и плохо проникает в пористую среду.

Загрязнение продуктивного пласта можно значительно снизить правильным подбором рецептуры тампонажного раствора. Многообразие различных условий не позволяет в настоящее время разработать универсальную рецептуру тампонажного раствора, способную максимально сохранить естественную проницаемость горных пород, слагающих призабойную зону. Поэтому в зависимости от конкретных условий в стволе скважины требуется свой подход к подбору состава тампонажного раствора.

Наиболее перспективным способом предупреждения загрязнения продуктивных пластов при их креплении является снижение водоотдачи и увеличение седиментационной устойчивости тампонажных материалов. Как альтернативный вариант в работах проведено изучение возможности применения промышленно выпускаемых типов латекса для гидроизоляции пластов.

В настоящее время в качестве понизителей водоотдачи хорошо зарекомендовали органические высокомолекулярные полимеры. Они воздействуют как закупоривающие материалы, задерживаясь между частицами цемента, за счет создания мостичных связей между частицами цемента. Формирование таких связей значительно упрочняет коллоидную структуру

тампонажного раствора. Наиболее эффективными добавками, которые понижающие водоотдачу, оказывают органические полимеры при концентрации их приблизительно 1% в цементных растворах всех видов. Широкое применение нашли различные виды полисахаридов, поливиниловые спирты, акриловые полимеры, полиэтиленоксид и комплексные реагенты [22].

1.4. Выводы по главе 1

1. Цементирование является одним из завершающих этапов строительства нефтегазовых скважин. От его качества зависит надежность и эффективность эксплуатации скважин. В состав облегченных тампонажных растворов входят основные компоненты: тампонажный портландцемент (ПЦТ), облегчающая добавка, вода. Состав и свойства ПЦТ, производственные в России, примерно одинаковые. Отсюда от добавок зависит качество облегченных тампонажных материалов. Большинство ученых согласны о том, что основными свойствами для таких систем являются: средняя плотность и прочность при объемном сжатии.

2. В настоящее время строительство нефтегазовых скважин в России и мире совершается, в главном, в районах со сложными горно-геологическими условиями, характеризующимися малой несущей способностью пластов, пересекающих ствол при проводке скважины. Эти породы обладают аномально низкими пластовыми давлениями и могут поглощать тампонажный раствор. В таких районах цементирование завершается облегченными тампонажными растворами. Большая стоимость строительства не разрешает проведение неудачного цементирования. Следует создать новые облегченные тампонажные растворы с плотностью до 1 г/см^3 . Такие материалы дают возможность поднимать тампонажные растворы за один прием применяемым в настоящее время цементировочным оборудованием.

3. Снижение плотности тампонажного раствора путем ввода традиционных облегчающих добавок: керамзит, вермикулит, и др. требует повышенное водозатворение. Причем, существующие облегчающие добавки

имеют неудовлетворительную прочность при объемном сжатии вплоть до 5–8 МПа (можно использовать до глубины 500–1000 м), и под действием горного давления в скважине они разрушаются. При их разрушении происходит резкое повышение средней плотности раствора, при этом возникают новые активные поверхности, адсорбирующие в себе воду из раствора, в результате того раствор становится непрокачиваемым. С другой стороны, увеличение содержание воды приводит к неоднородности раствора и камня: повышению плотности и водоотделению, ухудшению структуры, и вследствие уменьшению прочности, повышению проницаемости.

4. Сложность подбора рецептуры облегченного тампонажного раствора и камня заключается в одновременном удостоверении требований по средней плотности, растекаемости и однородности раствора, также по прочности при изгибе и сжатии, однородности и непроницаемости камня.

5. По результатам анализа применения традиционных облегчающих наполнителей, а также воздухововлекающих добавок можно сказать, что алюмосиликатные и стеклянные полые микросферы являются наилучшими по рассматриваемым показателям наполнителями в облегченные тампонажные растворы. Однако для приобретения нужной растекаемости в цементный раствор на их основе вводится большую долю воды, что приводит к разрушению однородности структуры и повышению водоотделению, и вследствие увеличению фильтрации раствора.

Таким образом, основной целью магистерской диссертации является разработка цементных тампонажных растворов с повышенной прочностью, пониженной плотностью и водоотдачей, эффективных для цементирования нефтяных и газовых скважин.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать рецептуры модельных облегченных тампонажных растворов, соответствующих стандарту ГОСТ 1581-96 «Портландцемент тампонажный. Технические условия».

2. Провести исследование свойств модельных облегченных тампонажных растворов с использованием воздухововлекающих добавок.

3. Совершенствовать разработанные рецептуры путем введения в состав тампонажной смеси добавок, понижающих фильтрацию раствора.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ. ОБОРУДОВАНИЯ

2.1. Методика определения растекаемости раствора

Растекаемость тампонажного раствора является показателем его прокачиваемости. В течение времени, пока тампонажный раствор закачивают в интервал цементирования он должен оставаться легкоподвижным.

Средства контроля. Растекаемость определяется конусом АзНИИ (рисунок 2.1) по ГОСТ 26798.1-96 [23]. Он состоит из усеченного конуса 1, имеющего внутренний диаметр верхнего основания $37\pm 0,5$ мм, нижнего $70\pm 0,5$ мм, высоту $60\pm 0,5$ мм, объем – 120 см^3 и столика 2, на котором имеется шкала в виде концентрических окружностей с минимальным диаметром 70 и максимальным не менее 250 мм. Цена деления шкалы должна быть не более 5 мм. Столик должен быть покрыт стеклом.

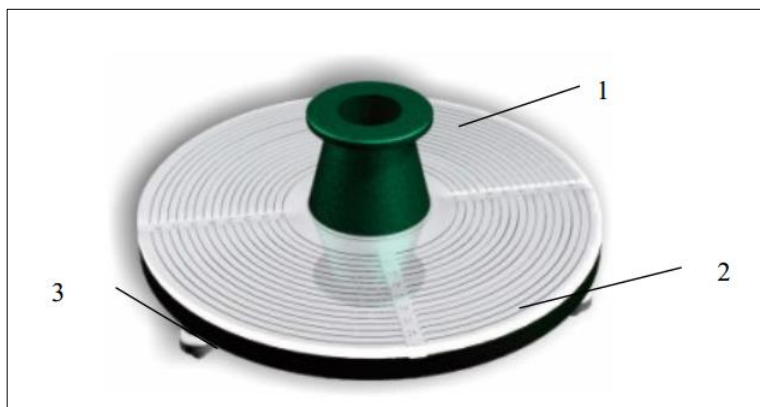


Рисунок 2.1 – Конус АзНИИ

Подготовка и проведение испытания. Форму-конус устанавливают на стекло в центре измерительного столика подобным способом, чтобы внутренняя окружность формы совпадала с начальной окружностью шкалы столика. Внутреннюю поверхность конуса и стекло перед испытанием протирают увлажненной материей.

Готовят цементное тесто. Наполняют цементным тестом форму-конус вплоть до верхнего торца. Промежуток времени от момента завершения перемешивания цементного теста до момента начала заполнения им формы-конуса не должно быть более 5 с. По завершении наполнения формы излишек

теста удаляют ножом, размещенным под небольшим углом к торцевой поверхности. Далее форму-конус резко поднимают в вертикальном направлении.

Диаметр растекания цементного теста меряют линейкой в 2-ух взаимно перпендикулярных направлениях, результат округляют вплоть до 1 мм.

За растекаемость принимают среднеарифметическое значение результатов 2-ух измерений, несходство между которыми не должно быть больше 10 мм.

2.2. Методика определения плотности раствора

Средства контроля. Для определения плотности тампонажного раствора используются рычажные весы-плотномеры ВРП-1.

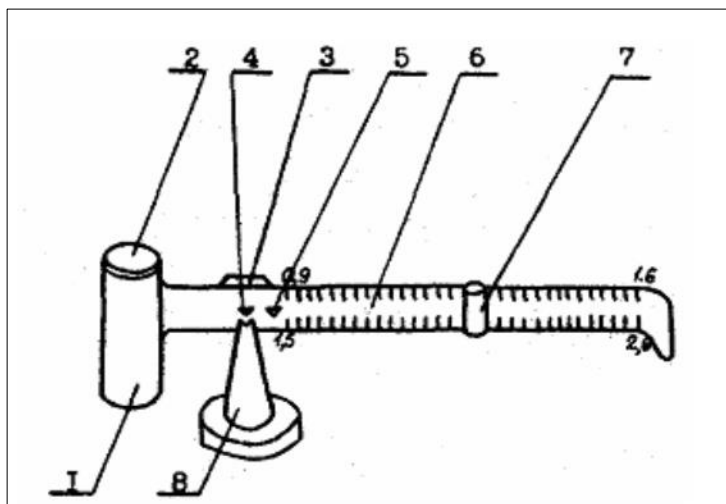


Рисунок 2.2 – Рычажные весы-плотномеры ВРП-1:

1 – стакан; 2 – крышка стакана; 3 – подушки; 4, 5 – призмы; 6 – рычаг со шкалой; 7 – груз передвигной; 8 – стойка.

Рычажные весы-плотномер ВРП-1 (рисунок 2.2) состоят из стойки 8, подвижной части, включающей в себя рычаг 6, жестко закрепленный с мерным стаканом 1, на который надевается крышка 2, призм 4 и 5, укрепленных на рычаге 6, подушки 3, соединяющей подвижную часть весов со стойкой двух измерительных шкал (верхней и нижней); замеры по верхней шкале осуществляются путем установки весов на правую призму и перемещения подвижного груза 7, замеры по нижней шкале осуществляются путем установки весов на левую призму и перемещения подвижного груза 7.

Подготовка и проведение испытания. Принцип работы ВРП-1 основан на уравнивании моментов левой и правой сторон подвижной части весов относительно опоры на призмах.

Заливают раствор в измерительный стакан вплоть до верхней кромки и закрывают крышкой. Избытки раствора, вытекшие через специальное отверстие, устраняют. Устанавливают подвижную часть весов на стойке при помощи правой призмы. Передвигая в правую сторону или в левую сторону подвижной груз, устанавливают рычаг в состояние равновесия и снимают показания плотности раствора по верхней шкале. В случае если плотность раствора окажется больше, чем порог замера по верхней шкале, то подвижную часть весов переставляют на левую призму и ведут измерения по нижней шкале. После замера крышку стакана снимают и изливают раствор из стакана. Промывают измерительный стакан и крышку водой, протирают досуха.

Источником ошибок определения истинной плотности раствора может быть загрязнение воды (плотность воды в ведре не должна отличаться более $\pm 3 \text{ кг/м}^3$), вовлечение воздуха в цементный раствор при его изготовлении, дефект прибора, пузырьки воздуха, задерживающиеся на торцовых поверхностях и углублениях в деталях прибора.

2.3. Методика определения времени загустевания раствора

Консистенция является показателем подвижности тампонажного раствора. По консистенции судят о возможности прокачивания тампонажного раствора в заданный интервал при креплении скважин.

Средства контроля. Требования ГОСТ 26798.1-96 и 26798.2-96 [23, 24].

Консистометр, работающий при атмосферном давлении, с целью испытания цементов, предназначенных для низких, нормальных и умеренных температур. Консистометр предполагает собою герметичную камеру, в которую помещен цилиндрический контейнер для цементного теста с лопастным размешивающим механизмом. Пространство между контейнером и стенками камеры должно быть заполнено маслом, вязкостью от 5 до 100 Вс.

Скорость вращения контейнера с цементным тестом (150 ± 15) об/мин.

Консистометр должен иметь нагреватель, предоставляющий увеличение температуры масляной ванны со скоростью $2,8 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, приборы для замера и регулировки температуры масляной ванны и цементного теста с погрешностью не более $\pm 1,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$, таймер с погрешностью не более $\pm 30 \text{ с/ч}$, а также потенциометрическое приспособление для определения величины консистенции цементного теста.

Подготовка и проведение испытания.

1. При подготовке консистометра к эксперименту следует провести его свободной запуск. В рабочем положении рамка с лопастями не должна касаться внутренней поверхности крутящегося стакана, что подтверждается нулевым показанием на шкале при включении двигателя и остановки.

2. Снимать стакан и заливать в него вплоть до риски на внутренней поверхности тампонажный раствор.

3. Фиксировать стакан в рабочем состоянии с помощью байонетного замка.

4. Снаружи устанавливать электронагревательное устройство, заполненное необходимым количеством воды.

5. Время от момента затворения тампонажного материала до момента пуска прибора не должно превышать 10 мин.

6. Контролировать скорость нагревания по показателям термометра и корректировать посредством изменения напряжения питания электронагревателя. Интенсивность нагрева устанавливают в соответствии с заданием на испытание как правильно $0,6\text{--}2,5^{\circ}\text{C}$ в мин.

7. После включения электродвигателя и системы нагрева через каждые 5 минут делать запись температуры раствора и показания по шкале прибора.

8. За время загустевания цементного теста принимать время от начала затворения цемента водой до момента достижения цементным тестом консистенции 30 Вс.

2.4. Методика определения водоотделения раствора

В первоначальный период твердения существенное количество воды затворения находится в несвязанном виде, силы взаимодействия между частицами незначительны. По этой причине существует возможность седиментации твердой фазы тампонажного раствора. Процесс оседания цементных частиц приводит к потере однородности раствора по высоте – нарушению сплошности столба тампонажного раствора в затрубном пространстве (формирование водяных поясов) и способствует повышению проницаемости цементного камня.

Средства контроля. Мерные цилиндры по ГОСТ 1770 вместимостью 20 см³ с ценой деления не более 0,2 см³ и 250 см³ высотой градуированной части не менее 230 и не более 250 мм. Пипетки по ГОСТ 29227.

Подготовка и проведение испытания. Цементное тесто заливают в 2 цилиндра до отметки 250 см³ в каждом и оставляют для отстаивания. В течение всего времени испытания цилиндры обязаны находиться бездвижно и не подвергаться толчкам. Через 2 ч ±5 мин отделившуюся на поверхности цементного теста воду отнимают пипеткой в мерный цилиндр вместимостью 20 см³ и измеряют объем отделившейся воды в каждом цилиндре.

Объем отделившейся воды (водоотделение) в миллилитрах фиксируют.

За водоотделение получают среднеарифметическое значение результатов 2-ух параллельных определений, несходство между которыми не должно быть более 0,2 мл. Результат вычисления округляют до 0,1 мл.

2.5. Методика определения водоотдачи раствора

Требование к водоотдаче тампонажного раствора ГОСТом 1581-96 не регламентируется. Способность цементного раствора удерживать воду при наличии фильтрующей среды и перепада давления характеризуется скоростью водоотдачи. Водоотдачей называется объем жидкой фазы, отфильтровавшейся из пробы тампонажного раствора при замере, проведенном в стандартных условиях, за определенный период времени.

Средства контроля. Прибор фильтр-пресс АНИ, секундомер.

Подготовка и проведение испытания.

1. Соберите элементы чистого и сухого фильтр-пресса, применяя стандартную для устройства фильтровальную бумагу. Процедура сбора показана в его паспорте.
2. Залейте раствор в контейнер так, чтобы он примерно на 1/2 дюйма не доходил до верха и поставьте его на опору рамы фильтр-пресса. Верхнюю крышку установить на контейнер, прижать винтом рамы вплоть до упора, клапан подачи газа – в рабочее состояние (в камеру).
3. Установите мерный цилиндр для приема фильтрата и с помощью редуктора подайте давление 7атм ($100 \pm 5 \text{psi}$), включив при этом таймер или секундомер.
4. Через 30 минут давление стравливают (клапан подачи газа в состоянии стравливания), в мерном цилиндре отмечают объем фильтрата (в миллилитрах), который и является показателем фильтрации. Разобрав фильтр-пресс (в обратном порядке) и вылив раствор из контейнера, аккуратно снимите фильтровальную бумагу с фильтрационной коркой и под слабой струей воды смойте излишек раствора.
5. После испытания тщательно вымойте и вытрите насухо части прибора.

2.6. Методика определения прочности при изгибе образцов цементного камня

Цементный камень воспринимает часть нагрузок, приходящихся на колонну, поэтому повышение механической прочности приводит к некоторому повышению несущей способности обсадных труб. Определяющим фактором является упругость материала и его жесткость. Чем более «жесткий» материал, тем при больших перепадах давления трудно деформироваться трубе, если в такой же мере увеличится и прочность камня. Источниками разрушающей нагрузки являются: гидростатическое давление столба, горное давление,

внутреннее давление в обсадной колонне, ударные нагрузки в результате спускоподъемных операций при бурении скважин и давлений, проведении гидроразрыва пластов, перепад давления при испытании и освоении скважин.



Рисунок 2.3 – Машина MATEST модель E160

Средства контроля. При испытании цементов для низких, нормальных и умеренных температур используют формы для цементных образцов размерами 40x40x160 мм. Отклонения поперечных размеров балочек от номинала не должно превышать 0,2 мм. Отдельные элементы форм для удобства сборки должны быть занумерованы. Продольные и поперечные стенки форм должны быть отшлифованы сверху и снизу и плотно прилегать к отшлифованной поверхности поддона. Применяют шкаф для воздушно-влажного хранения и ванну для водного хранения. Для измерения прочности при изгибе используют машины для определения прочности материалов при сжатии MATEST модель E160 (рисунок 2.3).

Подготовка и проведение испытания.

1. Подготовка форм: для этого необходимо очистить форму, смазать маслом. Герметизировать пластилином места соединений элементов формы. Проверить герметичность формы, заполнив её водой.

2. Форму заполняют тампонажным раствором в 2 приема: сначала их наполняют наполовину, а затем до верхнего обреза надставки. После загустевания излишек раствора срезать вровень с краями формы.

3. Форму с раствором помещают в термостат или шкаф воздушно-влажного хранения, где хранят при температуре 75°C. После выхода на режим температура должна поддерживаться с точностью $\pm 3^\circ\text{C}$.

4. Форму с образцами покрывают стеклянной или металлической пластинкой и загружают в термостат, прогретый до температуры 75°C. Через 2 суток образцы вынимают из термостата, расформировывают, охлаждают в ванне с водой при температуре $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 1 ч 30 мин, и маркируют.

5. Образцы обязаны храниться в один ряд на расстоянии не менее 1 см один от другого, уровень воды обязан закрывать поверхность образцов не менее чем на 2 см.

6. Непосредственно перед испытанием с поверхности образцов капли воды удаляют.

7. Для испытания применяют три образца. Образец-балочку устанавливают на опоры устройства той гранью, которая при формировании образца контактировала с перегородкой формы.

8. Предел прочности при изгибе рассчитывают как среднеарифметическую величину из 3-х значений. Расчет ведется до второй значащей цифры.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При экспериментах автором данной магистерской диссертации был приведен сравнительный анализ свойства облегченных тампонажных растворов, применяемых с использованием микросфер, с тампонажным раствором на основе бентонита. Данное исследование дает возможность выявления преимуществ и недостатков использования микросфер в тампонажные растворы. В процессе проведения работы также было приведено изучение влияния некоторых добавок – понизителей фильтрации на свойства разработанных тампонажных растворов. На основе этого изучения автором предложена рецептура облегченного тампонажного раствора, который отвечает поставленной цели диссертационной работы, обладающего пониженной водоотдачей и повышенной прочностью.

Процесс исследования данной работы заключается в трех этапах.

На первом этапе проводил разработку рецептуры облегченного тампонажного раствора с использованием бентонита, являющего самым популярным традиционным облегчающим наполнителем, измерение основных параметров полученного раствора.

Второй этап работы заключается в испытании тампонажных растворов, приготовленных с применением микросфер. Для этого были приготовлены цементный раствор на основе алюмосиликатных микросфер и раствор на основе перлитовых микросфер, было приведено испытание их параметров.

Третий этап исследования заключается в рассмотрении влияния добавок полисахаридов на свойства разработанных тампонажных растворов. При этом проводили ввод этих реагентов в тампонажные растворы при разных концентрациях, рассмотрели изменение свойств растворов и цементного камня в зависимости от концентрации модификации.

3.1. Результат испытания облегченных тампонажных растворов с использованием бентонита

С целью исследования облегченного тампонажного раствора, применяющего традиционную облегчающую добавку, было приведено приготовление цементного раствора на основе бентонита. При экспериментах использовали портландцемент ПЦТ-100. Были приготовлены 4 рецептуры тампонажного раствора, проводили измерение их основных параметров: плотность, растекаемость, водоотделение, фильтрация, время загустевания (при температуре 75°C), и прочность на изгиб цементного камня через двое суток при температуре 75°C. Результаты испытания полученных облегченных тампонажных растворов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результат испытания облегченных тампонажных растворов с использованием бентонита

Измеряемые параметры	Смесь I (94% цемент ПЦТ-100, 6% бентонит)			Смесь II (92% цемент ПЦТ-100, 8% бентонит)	Требования ГОСТ 1581-96
	В/Т			В/Т	
	0,76	0,88	0,98	1,11	
Плотность, г/см ³	1,6	1,55	1,5	1,45	1,4–1,5
Растекаемость, см	25	25	25	25	Не менее 180
Водоотделение, мл	7,8	10	12,1	12,4	Не более 7,5
Время загустевания, мин – 30 Вс (75°C)	90	130	125	125	Не менее 90
Фильтрация, мл	145*	162*	195*	215*	Не регламентируется
Прочность на изгиб через двое суток, МПа (75°C)	2,26	1,76	1,71	1,21	Не менее 1,0
Примечание: * – время измерения фильтрации в течение 3 – 5 мин; ПЦТ – портландцемент тампонажный.					

Согласно результатам аналитического исследования и эксперимента видно, что при использовании бентонита в качестве облегчающей добавки, для снижения плотности тампонажного раствора требует большое количество воды. Это объясняется большой плотностью бентонита 2300 – 2600 кг/м³, поэтому снижение плотности достигается в основном за счет значительного увеличения водосодержания.

Содержание большого количества воды приводит к нарушению однородности тампонажной смеси и возникновению большого количества свободной воды, в результате чего раствор отделяет из него слишком воду. Как показаны в таблице 3.1. у всех приготовленных тампонажных растворов имеет высокое водоотделение, которое не отвечает требованию ГОСТа.

Из таблицы 3.1. также видим, что у приготовленных тампонажных смесей имеют низкое время загустевания, формируемые цементные камни из них обладают низкой прочностью. Это является существенными недостатками, которые ограничивают применение таких растворов в практике.

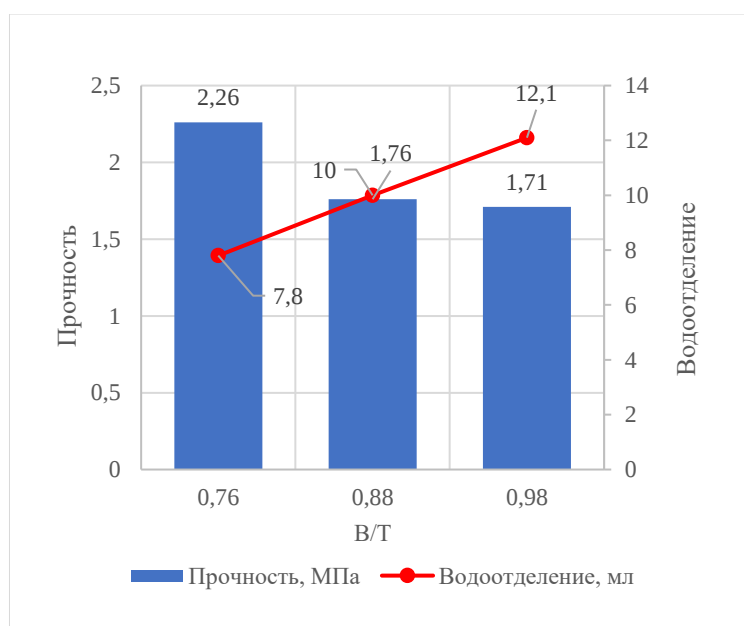


Рисунок 3.1 – Изменение основных параметров тампонажного раствора смеси III с увеличением водоцементного отношения

На рисунке 3.1. показано изменение основных параметров тампонажных смесей при увеличении водосодержания раствора. Видно, что с увеличением количества воды ухудшаются свойства тампонажного раствора и цементного камня.

Таким образом, несмотря на то, что облегченный тампонажный раствор с бентонитом имеют некоторые преимущества, такие как: раствор доступен, низкая стоимость бентонита, у такого раствора еще существуют некоторые недостатки: высокое водоотделение, большие сроки схватывания, низкое время загустевания и плохая прочность цементного камня. Эти недостатки

ограничивают его применение при цементировании в глубоких скважинах, а также в скважинах, существующих породы с высокой проницаемостью.

3.2. Результат испытания облегченных тампонажных растворов с использованием микросфер

Как известно в настоящее время самым эффективным наполнителем из воздухововлекающих добавок являются полые микросферы.

Для выявления преимуществ и недостатков использования полых микросфер в тампонажный раствор, автором были приготовлены 2 облегченных тампонажных смеси с применением алюмосиликатных микросфер и 2 раствора с использованием перлитовых микросфер.

Результат испытания облегченных тампонажных растворов с использованием алюмосиликатных микросфер приведен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результат испытания облегченных тампонажных растворов с использованием алюмосиликатных микросфер

Измеряемые параметры	Смесь III (92% цемент ПЦТ-100, 8% ПАМС)	Смесь IV (83% цемент ПЦТ-100, 17% ПАМС)	Требования ГОСТ 1581-96
В/Т	0,82	0,8	-
Плотность, г/см ³	1,5	1,4	1,4–1,5
Растекаемость, см	25	25	Не менее 180
Водоотделение, мл	46	29	Не более 7,5
Время загустевания, мин – 30 Вс (75°С)	245	225	Не менее 90
Фильтрация, мл	163*	140*	Не регламентируется
Прочность на изгиб через двое суток, МПа (75°С)	4,64	3,78	Не менее 1,0
Примечание: * – время измерения фильтрации в течение 3 – 5 мин; ПАМС – алюмосиликатные микросферы; ПЦТ – портландцемент тампонажный.			

По результатам экспериментальных исследований физико-механических свойств данных растворов в таблице 3.2 показывает, что алюмосиликатные микросферы эффективно снижают плотность тампонажного раствора, это объясняется в первую очередь низкой плотностью данных добавок за счет наличия воздуха внутри в них. Несмотря на то, что повышенное количество водосодержания – 0,8–0,82, тампонажные смеси стабильны. Полученные

цементные камни обладают высокой прочностью, намного превышающей требования ГОСТа для облегченных тампонажных растворов. Повышение прочности цементного камня объясняется наличием аморфного кремнезема в составе микросфер, что участвует в формировании цементного камня и способствует упрочнению его структуры [13].

В момент приготовления тампонажных смесей наблюдали небольшое всплытие данных микросфер, это говорит о их частичном разрушении. Но это разрушение приводит к увеличению удельной прочности, что положительно влияет на формирование цементного камня. Причем воздух, который выделяет из разрушенных полых алюмосиликатных микросфер, обладает недостаточно сильной физико-химической связью с нагнетаемым в скважину раствором, в результате того он может удаляться в процессе перемешивания раствора, накапливать и образовывать пузыри в заколонном пространстве, вызывая повышение плотности раствора и соответственно прочности формируемого камня [25].

Из таблицы 3.2 видно, что полученные тампонажные растворы имеют высокое время загустевания, это оказывает положительное влияние на процесс прокачивания в скважину тампонажного раствора.

Полученные результаты можно объяснить следующими факторами:

- высокой дисперсностью микросфер. Благодаря этому, микросферы играют в роль как центры кристаллизации в тампонажном растворе, что приводит к уменьшению энергетического барьера для осуществления процессов гидратации и кристаллизации новообразований, в результате чего процесс твердения тампонажного раствора ускоряется. Кроме того, за счет высокой дисперсности микросферы связывают большое количество молекул воды затворения, в результате этого седиментационная устойчивость тампонажного раствора повышается. В итоговом счете, образуется малопроницаемый цементный камень с повышенной прочностью;

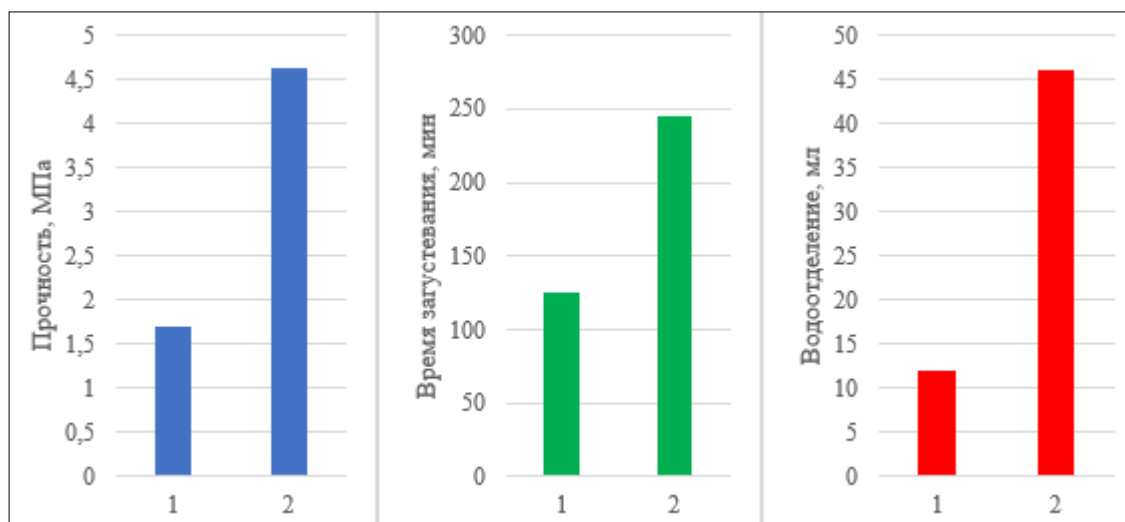
– наличием силикатной и алюмосиликатной фаз в составе микросфер, что приводит к участию микросфер в формировании структуры цементного камня и дополнительному повышению прочности камня.

Однако при использовании алюмосиликатных микросфер полученный тампонажный раствор имеет слишком большое водоотделение, высокую фильтрацию. Это по мнению автора данной диссертации является главным недостатком таких добавок. При большом значении водоотделения показывает, что раствор имеет плохую седиментационную способность, это вызывает расслоение тампонажного раствора при его отстое, образуя водяные пояса, продольные каналы, что приводит к ухудшению физико-механических свойств образуемого цементного камня.

Поэтому для улучшения свойств цементного камня следует применить добавки, способствующие повышать водоудерживающую способность раствора и снижать его фильтрацию. Это применение будет рассматривать в пункте 3.3 данной работы.

Из таблицы 3.2 видим, что при увеличении содержания микросфер прочностные показатели цементного камня, время загустевания тампонажного раствора снижаются. Это позволяет сказать, что увеличение количества микросфер приводит к снижению физико-механических свойств самого цементного раствора и формируемого камня. Поэтому существует ограничение применения количества микросфер в тампонажный раствор. В практике рекомендовали их применять при содержании до 20 мас.% тампонажной смеси. Однако с повышением концентрации микросфер происходит снижение водоотделения цементного раствора, это, как и результаты исследования многих ученых, доказывает водоудерживающую способность данных добавок.

Для выявления преимуществ использования алюмосиликатных микросфер с применением бентонит в тампонажный раствор был построен график сравнения основных параметров двух этих тампонажных растворов с одной и той же плотностью. График сравнения представлен на рисунке 3.2.



1 – Облегченный тампонажный раствор с использованием бентонита плотностью 1,5 г/см³; 2 – Облегченный тампонажный раствор с использованием алюмосиликатных микросфер плотностью 1,5 г/см³.

Рисунок 3.2 – График сравнение основных параметров облегченных тампонажных растворов с использованием бентонита и алюмосиликатных микросфер

Из результатов сравнения на рисунке 3.2 можно сказать, что у тампонажной смеси с алюмосиликатными микросферами имеют более высокую прочность, время загустевания, чем у тампонажного раствора с бентонита. Это обосновывает эффективное применение алюмосиликатных микросфер в качестве облегчающей добавки. С полученными хорошими показателями разработанный тампонажный раствор может использовать при цементировании глубоких скважин.

К воздухововлекающим добавкам относятся перлитовые микросферы. В рамках данной диссертации было проведено исследование свойств тампонажных растворов с использованием перлитовых микросфер. Результат исследования представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Результат испытания облегченных тампонажных растворов с использования перлитовых микросфер

Измеряемые параметры	Смесь V (99% цемент ПЦТ-100, 1% ПМ)	Смесь VI (98% цемент ПЦТ-100, 2% ПМ)	Требования ГОСТ 1581-96
В/Т	0,8	0,8	-
Плотность, г/см ³	1,5	1,4	1,4–1,5
Растекаемость, см	25	25	Не менее 180
Водоотделение, мл	7,25	8,25	Не более 7,5
Время загустевания, мин – 30 Вс (75°С)	155	160	Не менее 90
Фильтрация, мл	154*	117*	Не регламентируется
Прочность на изгиб через двое суток, МПа (75°С)	3,53	2,36	Не менее 1,0
Примечание: * – время измерения фильтрации в течение 3 – 5 мин; ПМ – перлитовые микросферы; ПЦТ – портландцемент тампонажный.			

По полученным результатам в таблице 3.3 можно сказать, что перлитовые микросферы также эффективно снижают плотность тампонажного раствора, это достигается за счет низкой плотности данных добавок. Такие наполнители имеют сходный химический состав по алюмосиликатным микросферам, поэтому они действительно участвуют в формировании структуры цементного камня, в результате чего полученный камень обладает высокой прочностью.

В момент приготовления тампонажного теста заметили частичное разрушение (всплытие) микросфер. Но как и в случае использования алюмосиликатных микросфер, это оказывает положительное влияние на прочность цементного камня. При приготовлении образцов на испытание прочности наблюдалась трудность в процессе вытеснения цементных образцов из формы, это доказывает хорошее сцепление цементного камня с металлом, следовательно с обсадной трубой.

По сравнению с цементным раствором с алюмосиликатными микросферами данные тампонажные смеси имеют менее низкое водоотделение, но это значение водоотделения еще не отвечает требования ГОСТа. У этих цементных тестов также обладают высокой фильтрацией. Поэтому разработанные тампонажные растворы еще должны обработать химическим

реагентом, способствующим увеличению седиментационной способности и снижению фильтрации раствора.

При исследовании свойств тампонажных смесей с перлитовыми микросферами также отметили, что с увеличением количества микросфер прочностные показатели цементного камня уменьшаются. Это является причиной ограничения изменения большого количества микросфер в составе тампонажного теста.

Таким образом, по результатам исследований свойств тампонажных растворов с использованием микросфер можно сказать, что полые микросферы позволяют эффективному снижению плотности раствора. При этом раствор имеет удовлетворительные значения по растекаемости и по времени загустевания, полученный цементный камень обладает очень высокой прочностью, намного больше значения требования ГОСТа. Но при их использовании еще существуют недостатки: тампонажный раствор имеет высокое водоотделение, особенно в случае применения алюмосиликатных микросфер, и высокую фильтрацию. Поэтому для улучшения свойств цементного камня предлагали вводить в разработанные тампонажные растворы добавки полисахаридов с целью уменьшения фильтрации и увеличения седиментационной способности тампонажной смеси.

3.3. Изучение влияния добавок полисахаридов на свойства разработанных облепченных тампонажных растворов

Как известно большая водоотдача приводит к значительному изменению соотношения фаз раствора, т.е. к уменьшению его водоцементного отношения, при снижении которого происходит сокращение сроков схватывания тампонажных растворов. Высокая водоотдача тампонажного раствора вызывает большое вредное влияние на самый продуктивный пласт, и при загрязнении пристволенной зоны большим количеством фильтрата продуктивные свойства пластов сильно ухудшаются и отбор флюидов уменьшается.

Водоотделение является показателем фильтрационных свойств цементного раствора, характеризующих его водоудерживающую способность или седиментационную устойчивость. Большое водоотделение вызывает сильную седиментацию цементного раствора, что приводит к плохим следствиям:

- изменению плотности по высоте цементного камня;
- увеличению проницаемости камня вдоль оси скважины;
- образованию продольных каналов;
- образованию водяных поясов.

Поэтому для создания качественного цементирования скважин требуют применить тампонажные растворы с низким водоотделением и пониженной водоотдачей.

По мнению большинства ученых, для снижения водоотдачи и увеличения седиментационной устойчивости тампонажных смесей применяют понизители водоотдачи. В настоящее время в качестве понизителей водоотдачи хорошо зарекомендовали органические высокомолекулярные полимеры. Широкое применение получают различные виды полисахаридов, поливиниловые спирты, акриловые полимеры и полиэтиленоксид в качестве добавок, понижающих водоотдачу.

В данной диссертационной работы по результатам анализа литератур и экспериментальных исследований свойств некоторых полимерных растворов, результат которых был представлен в таблице 3.4, выбрали гидроксипропилцеллюлозу ГЭЦ-400 в качестве понизителя водоотдачи, и проводили изучение ее влияния на свойства облегченных тампонажных растворов с микросферами.

В дальнейших исследованиях взяли облегченные тампонажные растворы смеси III (92% цемент ПЦТ-100, 8% полые алюмосиликатные микросферы, водоцементное отношение 0,82) и смеси V (99% цемент ПЦТ-100, 1% перлитовые микросферы, водоцементное отношение 0,8), проводили введение ГЭЦ-400 в эти растворы. Результаты испытания этих тампонажных смесей с добавкой приведены в таблицах 3.5 и 3.6.

Таблица 3.4 – Реологические параметры некоторых полимерных растворов

Полимерный раствор	Условная вязкость УВ, с	Пластическая вязкость PV, мПа·с	Эффективная вязкость AV, мПа·с	Динамическое напряжения сдвига ДНС, дПа
ПАЦ-Н 1%	23	9	10,5	14,4
КМОЭЦ 1%	41	14	17,5	33,6
ГЭЦ-25 1%	28	10	13	28,8
ГЭЦ-400 1%	Не течет	22	51	278,4

Таблица 3.5 – Результаты испытания облегченного тампонажного раствора смеси III с добавлением ГЭЦ-400

Измеряемые параметры	Смесь III + 0,3% ГЭЦ-400	Смесь III + 0,6% ГЭЦ-400	Смесь III + 0,9% ГЭЦ-400	Требования ГОСТ 1581-96
Плотность, г/см ³	1,5	1,5	1,5	1,4 – 1,5
Растекаемость, см	25	25	22,5	Не менее 180
Водоотделение, мл	3,9	0	0	Не более 7,5
Фильтрация, мл	185,2**	143,6**	49,4**	Не регламентируется
Прочность на изгиб через двое суток, МПа (75°C)	3,18	2,28	2,02	Не менее 1,0
Примечание: ** – время измерения фильтрации в течение 30 мин; ГЭЦ – гидроксипропилцеллюлоза.				

Таблица 3.6 – Результаты испытания облегченного тампонажного раствора смеси V с добавлением ГЭЦ-400

Измеряемые параметры	Смесь V + 0,3% ГЭЦ-400	Смесь V + 0,4% ГЭЦ-400	Смесь V + 0,6% ГЭЦ-400	Требования ГОСТ 1581-96
Плотность, г/см ³	1,5	1,5	1,5	1,4 – 1,5
Растекаемость, см	25	25	22,5	Не менее 180
Водоотделение, мл	0	0	0	Не более 7,5
Фильтрация, мл	187**	145**	56**	Не регламентируется
Время загустевания, мин – 30 Вс (75°C)	175	185	175	Не менее 90
Прочность на изгиб через двое суток, МПа (75°C)	2,73	2,71	2,49	Не менее 1,0
Примечание: ** – время измерения фильтрации в течение 30 мин; ГЭЦ – гидроксипропилцеллюлоза.				

По полученным результатам можно сказать, что при добавлении ГЭЦ-400 в разработанные облегченные тампонажные растворы их фильтрация сильно снижается, при этом их водоотделение резко уменьшаются, даже при какой-то концентрации добавки водоотделение растворов достигается к нулевому значению.

Полученные результаты можно объяснять механизмами работы данного полимера. Во-первых, такой реагент увеличивает динамическую вязкость цементного фильтрата, который фильтрует из жидкой фазы, это приводит к замедлению скорости фильтрации. Во-вторых, анионные заряды полимера адсорбируются на поверхности гидратированных частиц минерала цемента и перекрывают пустые пространства на цементном отфильтрованном слое с помощью сегментов полимера, ветви которых свободно торчат в порах или соединяют цементные частицы. В результате того уменьшается проницаемость через цементный слой, и следовательно фильтрация снижается. В-третьих, данный полимер может занимать пространства между цементными частицами за счет образования полимерной пленки, которая может задерживать большое количество свободной воды в своей внутренней сфере. Поэтому огромная часть воды затворения физически связана друг с другом и не будет освобождена во время процесса фильтрации.

Несмотря на улучшение фильтрационных показателей тампонажного раствора, при добавлении данного полимера и при увеличении его концентрации наблюдали снижение прочностных показателей цементного камня и уменьшение растекаемости тампонажного теста, т.е. снижение его подвижности. Поэтому следует применить этого реагента в необходимом содержании в составе цементной смеси для получения тампонажного раствора с пониженной фильтрацией и повышенной прочностью, отвечающего всем требованиям ГОСТа.

На рисунке 3.3 приведен график изменения фильтрации тампонажных растворов в зависимости от концентрации добавки ГЭЦ-400.

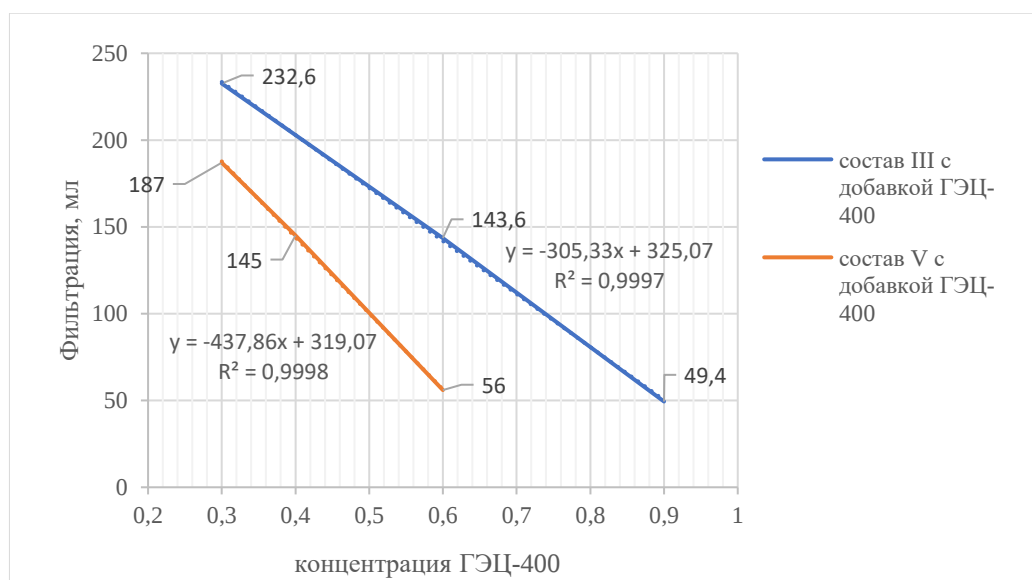


Рисунок 3.3 – График изменения фильтрации тампонажных растворов в зависимости от концентрации ГЭЦ-400

Как показано на рисунке 3.3 при увеличении содержания полимера наблюдалась линейная зависимость фильтрации от концентрации данной модифицированной целлюлозы. По этим зависимостям можно найти концентрацию реагента, при которой фильтрация раствора достигается к нулю. Но при этом следует рассматривать остальные параметры полученных тампонажных растворов, эти параметры нужно удовлетворять требованиям ГОСТа.

По результатам анализа литератур показывает, что у данного полимера имеет недостаток, он сильно повышают время начала схватывания и твердения цементных тестов. Поэтому он ограничивается применить в областях, имеющих высокие температуры. Отмечено, что чем выше концентрация эфиров целлюлозы, тем больше время схватывания при температуре 75°C.

Таким образом, ГЭЦ-400 при использовании в разработанных облегченных тампонажных растворах уменьшает водоотделение и фильтрацию растворов, т.е. улучшает свойства данных тампонажных смесей. Это является обоснованием для разработки рецептуры облегченных тампонажных растворов с использованием микросфер, обладающих пониженной плотностью, водоотдачей и повышенной прочностью.

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В магистерской диссертации описывается целесообразность использования криогелей – материалов для предупреждения и ликвидации последствий оттаивания грунта с образованием приустьевых воронок. В настоящий момент, мероприятием, устраняющим негативные последствия оттаивания, является подсыпка грунта песком в приустьевую воронку, образующуюся в результате просадок. Необходимо рассчитать эффективность криоструктурирования грунта для нефтяных месторождений в районах Крайнего Севера. С этой целью необходимо сравнить два варианта ликвидации приустьевых воронок: применение исследуемых криогелей и применение песка.

4.1. Затраты на амортизационные отчисления

Обработка грунта вокруг скважины будет проводиться с помощью установки для распыления гидропосева прицепного Turbo Turf HS-1000-XPW-P, стоимостью 1553120 руб, срок службы 11 лет.

При выполнении работ по ликвидации воронки понадобится следующая техника:

- Бульдозер, стоимостью 10500000 руб, срок службы 7 лет;
- Экскаватор, стоимостью 5150000 руб, срок службы 11 лет;
- Автосамосвал, стоимостью 4140000 руб, срок службы 8 лет.

Время работы установки составляет 3 часа. Необходимо разрыхлить 150 м³ грунта. На засыпку потребуется 8 м³ песка. Тогда время работы экскаватора составляет 2 ч, время работы бульдозера – 2 ч, и время работы автосамосвала – 1,5 ч.

Затраты определяются исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части. Нормы амортизации для установки, экскаватора, бульдозера и автосамосвала выбираем согласно постановлению Правительства РФ от

01.01.2002 N 1 (ред. от 06.07.2015) "О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы".

Расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расчет амортизационных отчислений

Объект	Стоимость (руб.)	Срок службы, год	Норма амортизации (%)	Норма амортизации в год (руб.)	Норма амортизации в час (руб.)	Время работы, час.	Сумма амортизации, руб.
Экскаватор	5150000	11	9,09	468181,82	53,45	2,00	106,89
Бульдозер	10500000	7	14,29	1500000	171,23	2,00	342,47
Самосвал	4140000	8	12,50	517500	59,08	1,50	88,61
Установка для распыления гидропосева	1553120	11	9,09	141192,73	16,12	3,00	48,35
Итого, руб:							
При использовании криогелей							497,7
При обсыпке песком							538,0

4.2. Затраты на приобретение материалов

Расчет стоимости необходимых реагентов для криоструктурирования грунта вокруг скважины представлен в таблице 4.2. Для обработки 150 м³ грунта необходимо 450л 5%. водного раствора ПВС. Стоимость 1л водного раствора ПВС 5% с учетом энергозатрат составляет 60,51 рубль. Затраты на доставку груза с Томска до месторождения будут равны 6500 рублей. Итого стоимость 5% раствора ПВС с учетом энергозатрат и доставки будет 33729,5 рублей.

Расчет стоимости необходимого количества песка для подсыпки грунта вокруг скважины представлен в таблице 4.2. На засыпку воронки требуется примерно 8 м³ грунта песчаного карьерного. Стоимость 1м³ грунта песчаного карьерного вместе с доставкой составляет 850 рублей. Итого стоимость необходимого количества песчаного грунта составит 6800 рублей.

Расчет затрат на дизельное топливо представлен в таблице 4.3.

Таблица 4.2 – Затраты на приобретение исходных реагентов

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Стоимость, рублей
1	Раствор ПВС 5%	л	450	33729,5
2	Грунт песчаный карьерный	м ³	8	6500

Таблица 4.3 – Затраты на топливо

	Бульдозер Zoomlion ZD220-3	Экскаватор Doosan DX160 W	Самосвал Камаз 6520
Время работы (ч)	2	2	1,5
Расход топлива (л)	74,8	75,4	50,18
Стоимость 1л ДТ (руб.)	35,4		
Затраты на ДТ (руб.)	2647,92	2669,16	1776,372
Итого (руб.):			
При криоструктурировании	5317,08		
При обсыпке песком	7093,452		

4.3. Затраты на оплату труда

Расчет суммы, начисленной по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда.

Таблица 4.4 – Надбавки и доплаты к заработной плате работника

Районный коэффициент	1,7
Северная надбавка	0,8
Доплата за вредность	1,12
Компенсационная выплата за время нахождения в пути на вахту/с вахты	1,1

Таким образом, с учетом показателей в таблице 4.4, а также количеством используемой техники рассчитывается количество работников, необходимых для ликвидации приустьевой воронки и затраты на их заработную плату. Результаты расчета затрат приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Расчёт затрат на ЗП работников

	Экскаваторщик	Бульдозерист	Водитель	Инженер-технолог
Часовая тарифная ставка	53,80	59,70	51,00	72,30
Районный коэффициент, руб.	91,46	101,49	86,70	122,91
Северная надбавка, руб.	43,04	47,76	40,80	57,84
Доплата за вредность, руб.	60,26	66,86	57,12	80,98
Время нахождения в пути, руб.	67,25	74,63	63,75	90,38
Вахтовый метод работы, руб.	59,18	65,67	56,10	79,53
Итого, руб./час	374,99	416,11	355,47	503,93
Время работы	2,51	2,51	1,75	3,50
Итого, руб.	941,21	1044,43	622,07	1763,76
Общая сумма ЗП, руб.:				
При криоструктурировании	3749,41			
При обсыпке песком	2607,72			

4.4. Затраты на страховые взносы

Затраты на страховые взносы в пенсионный фонд, фонд социального страхования, фонд обязательного медицинского страхования и обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве представлены в таблице 4.6. Рассчитывая затраты на страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, выбираем класс I с тарифом 0,2 для предоставления услуг, связанных с добычей нефти и газа (код по ОКВЭД - 11.20.4).

Все рассчитанные показатели можно свести в общую таблицу расходов, согласно которой общая сумма затрат при криоструктурировании грунта составит 1853435,69 руб., а при обсыпке грунта песком 20717,26 руб.

Таблица 4.6 – Расчет страховых взносов

Показатель	Экскаватор-щик	Бульдозерист	Водитель	Инженер-технолог
ЗП, руб.	941,21	1044,43	622,07	1763,76
ФСС (2,9%)	27,30	30,29	18,04	51,15
ФОМС (5,1%)	48,00	53,27	31,73	89,95
ПФР (22%)	207,07	229,77	136,86	388,03
Страхование от несчастных случаев (тариф 0,2%)	1,88	2,09	1,24	3,53
Всего, руб.	284,25	315,42	187,87	532,66
Общая сумма, руб.:				
При криоструктуриро-вании	1132,32			
При обсыпке песком	787,53			

Таблица 4.7 – Общие суммы затрат

Статья затрат	Криоструктурирование грунта	Обсыпка грунта песком
Затраты на материалы, руб	33729,50	6500
Затраты на оборудование, руб	1553120	-
Амортизационные отчисления, руб	497,7	538,0
Затраты на топливо, руб	5317,08	7093,452
Затраты на заработную плату, руб	3749,41	2607,72
Затраты на страховые взносы, руб	1132,32	787,53
Общие затраты	1597546,02	17526,67
Накладные расходы (16%), руб.	255607,36	2804,27
Итого, руб	1853153,38	20330,94

4.5. Определение ресурсной эффективности

Для криогелей сезонные колебания температур, часто наблюдаемые во многих областях России, способствуют увеличению их прочности упругости и усиливают их сцепления с породой. Таким образом, с каждым годом прочность

криогелей будет увеличиваться в течение первых 2-5 лет. Срок эксплуатации криогелей равен примерно 100 годам.

На нефтяных месторождениях подсыпка песка на кустовых площадках происходит периодически в весенне-летний сезон после схода снежного покрова и прогрева верхнего слоя грунта. Через год воронки вновь образуются. Таким образом, мероприятия по ликвидации воронки необходимо повторять ежегодно. Поэтому наиболее экономичным является вариант с использованием криогелей.

Также следует отметить, что использование криогелей может снизить затраты на штрафы за антропогенное разрушение экосистем, которые составляют от десятков миллионов до нескольких миллиардов рублей, так как криоструктурирование грунта положительно влияет на почвенно-растительный покров и может применяться как метод защиты почвенно-растительного покрова от техногенного воздействия объектов нефтяной добычи.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \times b_i \quad (4.1)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности двух способов укрепления грунта вокруг нефтяной скважины проводился в форме таблицы 4.8.

Таблица 4.8 – Сравнительная оценка характеристик способов ликвидации приустьевой воронки

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Способ 1	Способ 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	5	3
3. Энергосбережение	0,20	4	3
4 Надежность	0,25	5	3
5. Материалоемкость	0,15	3	5
Итого	1	-	-

На данной таблице способ 1 – способ использования криогелей, а способ 2 – способ обсыпки грунта песком. Подставляя значения из таблицы 4.8 в формулу (4.1) получаем:

$$I_{p-ucn1} = 5 \times 0,1 + 5 \times 0,3 + 4 \times 0,2 + 5 \times 0,25 + 3 \times 0,15 = 4,5;$$

$$I_{p-ucn2} = 4 \times 0,1 + 3 \times 0,3 + 3 \times 0,2 + 3 \times 0,25 + 5 \times 0,15 = 3,40.$$

Таким образом, расчет интегрального показателя эффективности двух способов укрепления грунта вокруг нефтяной скважины и ликвидации приустьевой воронки подтвердила ресурсоэффективность использования криогелей при обустройстве нефтяных скважин в районах вечной мерзлоты.

ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность – ответственность перед людьми и данными им обещаниями (обязательствами) когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров. Основными законодательными актами по охране труда являются Конституция России, Основы законодательства и др. В этих документах отражены правовые вопросы охраны труда и здоровья трудящихся. На основании вышеперечисленных источников, а также исходя из соответствующих правил безопасности и норм производственной санитарии в данном проекте, разрабатываются основные мероприятия по созданию безопасных условий работы операторов при интерпретации результатов гидродинамических исследований нефтяных скважин.

5.1. Производственная безопасность

Человек подвергается воздействию опасностей и в своей трудовой деятельности. Эта деятельность осуществляется в пространстве, называемом производственной средой. В условиях производства на человека в основном действуют техногенные, т.е. связанные с техникой, опасности, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами.

Опасным производственным фактором (ОПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Травма – это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием. Травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случай воздействия опасного производственного фактора на работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ.

Вредным производственным фактором (ВПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в

определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникающие под действием вредных производственных факторов, называются профессиональными.

К опасным производственным факторам следует отнести, например:

- электрический ток определенной силы;
- раскаленные предметы;
- возможность падения с высоты самого работающего либо различных деталей и предметов;
- оборудование, работающее под давлением выше атмосферного, и т.д.

К вредным производственным факторам относятся:

- неблагоприятные метеорологические условия;
- запыленность и загазованность воздушной среды;
- воздействие шума, инфра- и ультразвука, вибрации;
- наличие электромагнитных полей, лазерного и ионизирующих излучений и др.

Все опасные и вредные производственные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические [26].

5.1.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Вредные вещества

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности:

- 1-й – вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й – вещества высокоопасные;
- 3-й – вещества умеренно опасные;
- 4-й – вещества малоопасные.

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от норм и показателей, указанных в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Класс опасности вредных веществ в зависимости от норм и показателей

Наименование показателей	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

В таблице 5.2 представлены некоторые вредные вещества, использованные при проведении исследования, и их предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоне.

Таблица 5.2 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоне [27]

№	Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности
1	Алюмосиликат	-/6	4
2	Барит	-/6	4
3	Гидроксипропилметилцеллюлоза	10	4
4	Зола	-/4	3
5	Известняк	-/6	4
6	Моющее синтетическое средство	5	3
7	Цемент	-/8	4

На предприятиях, производственная деятельность которых связана с вредными веществами, должны быть:

- разработаны нормативно-технические документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных веществ;
- выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

Мероприятия по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами должны предусматривать:

- замену вредных веществ в производстве наименее вредными, сухих способов переработки пылящих материалов – мокрыми;
- выпуск конечных продуктов вне пылящих формах;
- замену пламенного нагрева электрическим, твердого и жидкого топлива – газообразным;
- ограничение содержания примесей вредных веществ в исходных и конечных продуктах;
- применение прогрессивной технологии производства (замкнутый цикл, автоматизация, комплексная механизация, дистанционное управление, непрерывность процессов производства, автоматический контроль процессов и операций), исключающей контакт человека с вредными веществами;
- выбор соответствующего производственного оборудования и коммуникаций, не допускающих выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации при нормальном ведении технологического процесса, а также правильную эксплуатацию санитарно-технического оборудования и устройств (отопления, вентиляции, водопровода, канализации);
- рациональную планировку промышленных площадок, зданий и помещений;
- применение специальных систем по улавливанию и утилизации абгазов, рекуперацию вредных веществ и очистку от них технологических выбросов, нейтрализацию отходов производства, промывных и сточных вод;
- применение средств индивидуальной защиты работающих;
- специальную подготовку и инструктаж обслуживающего персонала;
- проведение предварительных и периодических медицинских осмотров лиц, имеющих контакт с вредными веществами;

– разработку медицинских противопоказаний для работы с конкретными вредными веществами, инструкций по оказанию доврачебной и неотложной медицинской помощи пострадавшим при отравлении.

Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны должен проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-88 [28].

Отклонение показателей микроклимата в помещении

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 5.2, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин.

Таблица 5.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [29]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Пб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
Теплый	Пб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.3 применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Таблица 5.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [29]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Пб (233-290)	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
Теплый	Пб (233-290)	16,0-18,9	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75	0,2	0,5

Для кондиционирования воздуха можем использовать системы автоматического кондиционирования или вентиляции.

Помещение аудитории не оборудовано системами кондиционирования или вентиляции, воздухообмен в нем обеспечивается путем естественного проветривания помещения (открытие окон) на основании субъективных

ощущений персонала. Вследствие этого температура в помещении неравномерно колеблется в пределах от 22 до 25 °С, влажность от 40 до 60 %. Из таблицы 5.2 можем сделать вывод, что рабочее место удовлетворяет оптимальным требованиям микроклимата для работы.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Свет является одним из важнейших условий существования человека.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 [30] недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать озлобленность или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности.

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму. В зависимости от длины волны, свет может оказывать возбуждающее (оранжево-красный) или успокаивающее (желто-зеленый) действие.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 [31] к средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест относятся:

- источники света;
- осветительные приборы;
- световые проемы;
- светозащитные устройства;
- светофильтры.

5.1.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Электробезопасность

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека;
- условий внешней среды.

Нормы на допустимые токи и напряжения прикосновения в электроустановках должны устанавливаться в соответствии с предельно допустимыми уровнями воздействия на человека токов и напряжений прикосновения и утверждаться в установленном порядке.

Электроустановки и их части должны быть выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

- защитные оболочки;
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- защитные барьеры.
- безопасное расположение токоведущих частей.
- изоляция токоведущих частей (основная, дополнительная, усиленная, двойная);
- изоляция рабочего места;
- малое напряжение;
- защитное отключение;
- электрическое разделение;
- предупредительная сигнализация, блокировки, знаки безопасности.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы:

- защитное заземление;
- зануление.
- выравнивание потенциалов;
- защитное экранирование;
- систему защитных проводов;
- защитное отключение;
- изоляцию нетоковедущих частей;
- электрическое разделение сети;
- простое и защитное разделения цепей;
- малое напряжение;
- контроль изоляции;
- компенсацию токов замыкания на землю;
- электроизоляционные средства;
- средства индивидуальной защиты [32].

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность, в том числе электрических установок, регламентируется техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности [33].

В помещении возможны пожары, относящиеся к классам А и Е [33]. Пожары класса А связаны с горением твердых веществ, в основном органического происхождения, горение сопровождается тлением (древесина, текстиль, бумага). Пожары класса Е связаны с горением электрооборудования. При защите помещений работ, данные помещения рекомендуется оборудовать углекислотными огнетушителями.

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

Лаборатория должна быть оснащена пожарными кранами (не менее одного на этаж) с пожарными рукавами. В каждом рабочем помещении должны быть в наличии огнетушители и песок, а в помещениях с огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами – дополнительные средства пожаротушения.

В помещении лаборатории на видном месте должен быть вывешен план эвакуации сотрудников в случае возникновения пожара.

Распоряжением по лаборатории из числа сотрудников назначается группа (3-5 человек), которая организует все противопожарные мероприятия, получив инструктаж местной пожарной команды.

Все сотрудники лаборатории должны быть обучены правилам обращения с огне- и взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также должны уметь обращаться с противогазом, огнетушителем и другими средствами пожаротушения, имеющимися в лаборатории.

В помещениях лаборатории и в непосредственной близости от них (в коридорах, под лестницами) запрещается хранить горючие материалы и устанавливать предметы, загромождающие проходы и доступ к средствам пожаротушения.

Куриль разрешается только в отведенном и оборудованном для этой цели месте.

Куриль в помещениях лаборатории строго запрещается!

Без разрешения начальника лаборатории и лица, ответственного за противопожарные мероприятия, запрещается установка лабораторных и нагревательных приборов, пуск их в эксплуатацию, переделка электропроводки.

Все нагревательные приборы должны быть установлены на термоизолирующих подставках.

Запрещается эксплуатация неисправных лабораторных и нагревательных приборов.

После окончания работы необходимо отключить электроэнергию, газ и воду во всех помещениях.

Каждый сотрудник лаборатории, заметивший пожар, задымление или другие признаки пожара, обязан:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону;
- принять меры по ограничению распространения огня и ликвидации пожара;
- поставить в известность начальника лаборатории, который в свою очередь должен известить сотрудников, принять меры к их эвакуации и ликвидации пожара [34].

Механические опасности

Механические опасности – опасности, способные причинить травму в результате контакта объекта или его частей с человеком. Такой контакт возможен при выполнении технологических операций или случайном нахождении человека в опасной зоне (пространство, в котором возможно проявление опасностей). Размеры опасной зоны могут быть постоянными (зона между вальцами, ремнем и шкивом) и переменными (зона резания при изменении режима и характера обработки).

К механическим опасностям относят:

- движущиеся машины, механизмы и их части, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;
- острые кромки, заусенцы, шероховатость поверхности;
- разрушающиеся конструкции, обрушающиеся горные породы;
- расположение рабочего места на значительной высоте;
- повышенная запыленность воздуха;
- горячие и скользкие поверхности.

В зависимости от возможности защиты человека в условиях взаимодействия его с потенциально опасными объектами можно рассматривать два основных метода:

- обеспечение недоступности к опасно действующим частям машин и оборудования;
- применение приспособлений, непосредственно защищающих человека от опасного производственного фактора.

Определение метода, которому нужно следовать при разработке мероприятий для защиты, имеет принципиальное значение, так как с его помощью можно согласовать индивидуальные характеристики человека и производственной среды.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) обеспечивают защиту отдельного человека или отдельных органов его с помощью специальной одежды, обуви, защитных касок, масок, а также светофильтров, вибро- и шумозащищающих устройств.

Габаритные размеры рабочей зоны должны быть строго ограничены, и кроме пространства для необходимых движений могут включать лишь то, которое обеспечивает безопасность.

5.2. Экологическая безопасность

Объекты нефтедобычи по степени воздействия на окружающую природную среду находятся среди лидеров во многих регионах Российской Федерации. При извлечении и подготовке нефти к подаче ее в магистральный нефтепровод в окружающую среду попадают (кроме нефти) высокоактивные пластовые воды, попутный нефтяной газ, многие химические реагенты, которые используются в бурении скважин и при интенсификации извлечения углеводородов.

Проектные решения технологического документа должны быть направлены на рациональное использование недр, т.е. наиболее эффективным способом, с минимальными потерями.

Охрана недр регламентируется «Правилами охраны недр». Эти правила разработаны с учетом требований Закона РФ «О недрах», Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», Правил организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте, Положения о лицензировании деятельности по производству маркшейдерских работ, Положения о Федеральном горном и промышленном надзоре РФ.

В таблице 5.4 представлены вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при геологоразведочных работах [35].

Таблица 5.4 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при геологоразведочных работах

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Уничтожение и повреждение почвенного слоя, сельхозугодий и других земель	Рациональное планирование мест и сроков проведения работ. Соблюдение нормативов отвода земель. Рекультивация земель
	Загрязнение почвы нефтепродуктами, химреагентами и др.	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники. Вывоз, уничтожение и захоронение остатков нефтепродуктов, химреагентов, мусора, загрязненной земли и т.д.
	Засорение почвы производственными отходами	Вывоз и захоронение производственных отходов
	Создание выемок и неровностей, усиление эрозионной опасности. Уничтожение растительности	Засыпка выемок, горных выработок
Лес и лесные ресурсы	Уничтожение, повреждение и загрязнение почвенного покрова	Мероприятия по охране почв
	Лесные пожары	Уборка и уничтожение порубочных остатков и другие меры ухода за лесосекой
	Оставление недорубов, захламление лесосек	Оборудование пожароопасных объектов, создание минерализованных полос, использование вырубленной древесины

	Порубка древостоя при оборудовании буровых площадок, коммуникаций, поселков	Попенная плата, соблюдение нормативов отвода земель в залесенных территориях
Вода и водные ресурсы	Загрязнение сточными водами и мусором (буровым раствором, нефтепродуктами, минеральными водами и рассолами и др.)	Отвод, складирование и обезвреживание сточных вод, уничтожение мусора; сооружение водоотводов, накопителей, отстойников, уничтожение мусора
	Загрязнение бытовыми стоками	Очистные сооружения для буровых стоков (канализационные устройства, септики, хлораторные и др.)
	Механическое и химическое загрязнение водотоков в результате сталкивания отвалов, нарушение циркуляции водотоков отвалами, траншеями и др.	Рациональное размещение отвалов, сооружение специальных эстакад и т.д.
	Загрязнение подземных вод при смешении различных водоносных горизонтов	Ликвидационный тампонаж буровых скважин
	Нарушение циркуляции подземных вод и иссушение водоносных горизонтов при нарушении водоупоров буровыми скважинами и подземными выработками	Оборудование скважин головками
Недра	Нарушение состояния геологической среды (подземные воды, изменение инженерно-геологических свойств пород)	Ликвидационный тампонаж скважин. Гидрогеологические, гидрогеохимические и инженерно- геологические наблюдения в скважинах и выработках
	Не комплексное изучение недр	Оборудование и аналитические работы на сопутствующие компоненты, породы вскрыши и отходы будущего производства. Научные исследования по повышению комплексности изучения недр
	Неполное использование извлеченных из недр полезных компонентов	Организация рудных отвалов и складов

Воздушный бассейн	Выбросы пыли и токсичных газов из подземных выработок, а также при наземных взрывах. Выбросы вредных веществ при бурении с продувкой воздухом, работа котельных и др.	Мероприятия предусматриваются в случаях непосредственного вредного воздействия
Животный мир	Распугивание, нарушение мест обитания животных, рыб и других представителей животного мира, случайное уничтожение	Проведение комплекса природоохранных мероприятий, планирование работ с учетом охраны животных
	Браконьерство	

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.3.1. Перечень возможных источников чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Пожары, взрывы

Пожары и взрывы являются самыми распространенными чрезвычайными событиями в современном индустриальном обществе. В случае ЧС на пожаровзрывоопасных объектах возможно возникновение следующих поражающих факторов: воздушная ударная волна; обломки, осколки; экстремальный нагрев среды; тепловое излучение; токсическое действие.

Пожары на предприятиях могут возникать вследствие повреждения электропроводки и машин, находящихся под напряжением, топок и отопительных систем, емкостей с легковоспламеняющимися жидкостями и т.д.

Технические мероприятия, обеспечивающие или снижающие взрыво- и пожароопасность:

- применение легкосбрасываемых конструкций в наружных ограждениях зданий в соответствии со СНиП 2.09.02-85;
- применение аварийной вентиляции (в дополнение к основной);
- флегматизация атмосферы производственных помещений;
- контроль за накоплением в воздухе производственных помещений взрывоопасных и горючих газов и паров;

- исключение источников воспламенения взрыво- или пожароопасной среды.

Мероприятия, направленные на снижение материальных и человеческих потерь для соседних помещений и окружающих зданий и сооружений:

- обучение рабочих и служащих умелому применению средств и способов защиты, действиям в чрезвычайных ситуациях, а также в составе формирований при проведении спасательных и восстановительных работ;

- разделение больших зданий на секции несгораемыми стенами (брандмауэрами);

- рассредоточенное размещение зданий и сооружений, предусматривающее разрывы между зданиями шириной не менее суммарной высоты двух соседних зданий;

- размещение складских помещений для хранения легковоспламеняющихся и горючих веществ (бензин, керосин, нефть, мазут) в отдельных блоках заглубленного и полуглубленного типа у границ территории предприятия или за ее пределами;

- повышение устойчивости зданий и сооружений за счет устройства каркасов, рам, подкосов, контрфорсов, промежуточных опор для уменьшения пролета несущих конструкций;

- повышение прочности невысоких сооружений путем обсыпки грунтом;

- закрепление оттяжками высоких сооружений (труб, вышек, башен, мачт);

- защита емкостей с сильнодействующими ядовитыми веществами, легковоспламеняющимися и горючими жидкостями путем их обваловывания – устройства земляного вала вокруг емкости, рассчитанного на удержание полного объема жидкости;

- максимальное сокращение запасов взрывоопасных, горючих и сильнодействующих ядовитых веществ непосредственно на территории

предприятия. Размещение сверхнормативных запасов этих веществ на безопасном для предприятия расстоянии.

Средства тушения пожаров. Для тушения пожаров используют воду, водяной пар или специальные химические средства. Вода для тушения пожаров обычно поступает из общего водопровода или из специального пожарного водоема, резервуара. Напор воды повышается специальными пожарными насосами и помпами. Для питания пожарных рукавов от водопроводной сети вне помещения в специальных колодцах устанавливают пожарные гидранты - незамерзающие краны для присоединения рукавов. Запрещается применять воду для тушения легковоспламеняющихся жидкостей (бензин, керосин, масло), т. к. вода скапливается внизу этих жидкостей и тем самым увеличивает поверхность горения. Нельзя тушить водой карбид кальция и селитру, т. к. они при контакте с водой образуют горючие вещества. Также запрещается применять воду для тушения электроустановок, находящихся под напряжением, во избежание поражения током через струю. На некоторых предприятиях в пожароопасных цехах применяют автоматические водяные спринклерные установки.

Для ликвидации пожаров в начальной стадии используются подручные и первичные средства пожаротушения. Подручные средства – это вещества и предметы, заранее не подготовленные для тушения пожаров. К ним относится вода, песок, земля, различные предметы, набрасываемые на очаг горения. Первичные средства - это приборы и средства, заранее приготовленные для тушения пожаров. На объектах народного хозяйства часто можно видеть пожарные посты (щиты), где имеется набор первичных средств пожаротушения: огнетушители, песок и вода в емкостях, кошма, приборы для вскрытия конструкций.

Аварии с выбросом аварийно-химически опасных веществ

Аварийно-химически опасные вещества (АХОВ) – это обращающиеся в больших количествах в промышленности и на транспорте токсические химические вещества, способные в случае разрушений (аварий) на объектах легко переходить в атмосферу и вызывать массовые поражения людей.

К особенностям химического заражения, влияющим на жизнеобеспечение населения, можно отнести следующее:

- опасные концентрации АХОВ могут существовать от нескольких часов до нескольких суток;
- незначительная вероятность поражения людей АХОВ через кожные покровы не требует применения средств защиты кожи при эвакуации населения;
- низкая способность к заражению предметов одежды, мебели, предметов обихода позволяет пользоваться ими после обычного проветривания без специальной обработки;
- чрезвычайная оперативность проведения защитных мероприятий, т. е. пребывание людей в течении нескольких минут в облаке АХОВ может привести к массовым поражениям.

Комплекс мероприятий по защите от АХОВ включает:

- инженерно-технические мероприятия по правильному хранению, транспортировке и использованию АХОВ;
- подготовку сил и средств для ликвидации химически опасных аварий;
- обучение порядку и правилам поведения в условиях возникновения аварии персонала объектов и населения;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты;
- повседневный химический контроль;
- прогнозирование зон возможного химического заражения;
- предупреждение (оповещение) о непосредственной угрозе поражения АХОВ;
- химическую разведку района аварии;
- временную эвакуацию персонала объектов и населения из опасных районов;
- поиск пострадавших и оказание им помощи;
- локализацию и ликвидацию последствий аварий.

План защиты персонала от АХОВ должен включать два раздела:

- организационные мероприятия;
- инженерно-технические мероприятия

Ликвидация химически опасных аварий включает в себя комплекс мероприятий, которые должны быть проведены в кратчайшие сроки для оказания помощи пострадавшим в районе аварии, предотвращения дальнейших потерь, восстановления жизнедеятельности населенных пунктов и функционирования объектов.

Комплекс этих мероприятий включает:

- прогнозирование возможных последствий химически опасных аварий;
- выявление и оценку последствий химически опасных аварий;
- осуществление спасательных и других неотложных работ;
- ликвидация химического заражения местности и сооружений;
- проведение специальной обработки техники и санитарной обработке людей;
- оказание медицинской помощи пораженным.

Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения

Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения – электроэнергетических, канализационных системах, водопроводных и тепловых сетях редко сопровождаются гибелью людей, однако они создают существенные трудности жизнедеятельности, особенно в холодное время года.

Аварии на электроэнергетических системах могут привести к длительным перерывам электроснабжения потребителей, обширных территорий, нарушению графиков движения общественного электротранспорта, поражению людей электрическим током.

Аварии на канализационных системах способствуют массовому выбросу загрязняющих веществ и ухудшению санитарно-эпидемиологической обстановки.

Аварии в системах водоснабжения нарушают обеспечение населения водой или делают воду непригодной для питья.

Аварии на тепловых сетях в зимнее время года приводят к невозможности проживания населения в не отапливаемых помещениях и его вынужденной эвакуации.

Действия при авариях на коммунальных системах

Сообщить об аварии диспетчеру Ремонтно-эксплуатационного управления (РЭУ) или Жилищно-эксплуатационной конторы (ЖЭКа), вызвать аварийную службу.

При скачках напряжения в электрической сети квартиры или его отключении немедленно обесточить все электробытовые приборы, выдернуть вилки из розеток, чтобы при внезапном включении электричества не произошел пожар.

При исчезновении в водопроводной системе воды закрыть все открытые до этого краны. Использовать бытовые фильтры для очистки воды перед использованием.

В случае отключения центрального парового отопления, для обогрева помещения использовать электрообогреватели не самодельного, а только заводского изготовления. Нельзя отапливать квартиры с помощью газовой или электрической плиты. Для сохранения в помещении тепла заделать щели в окнах и балконных дверях, повесить их одеялами или коврами. Одевать теплее и принять профилактические лекарственные препараты от ОРЗ и гриппа.

5.3.2. Перечень возможных источников чрезвычайных ситуаций природного характера

Землетрясение

Землетрясение – подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии.

Поражающие факторы землетрясений приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Поражающие факторы землетрясений

Первичные	Вторичные
- смещение, коробление, вибрация почвогрунтов; - коробление, уплотнение, проседание, трещины; - разломы в скальных породах; - выброс природных подземных газов.	- активизация вулканической деятельности; - камнепады; - обвалы, оползни; - обрушение сооружений; - обрыв линий электропередач, газопроводных и канализационных сетей; - взрывы, пожары.

Наводнение

Наводнение – затопление водой местности, прилегающей к реке, озеру или водохранилищу, морю (нагонные явления – перемещение морской воды под воздействием сильного, длительного ветра). В результате наводнений причиняется значительный материальный ущерб, наносится вред здоровью людей, включая их гибель.

5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др.

Правовую основу организации работ в чрезвычайных ситуациях и ликвидации их последствий составляет закон Российской Федерации “О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” (1994), который определяет общие для Российской Федерации организационно-правовые нормы в области защиты ее граждан, иностранных граждан и лиц без гражданства, находящихся на территории Российской Федерации, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах

Российской Федерации или его части, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей природной среды от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В федеральном законе “О пожарной безопасности” (1994) определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности. Федеральный закон “О промышленной безопасности опасных производственных объектов” (1997) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций к локализации последствий аварий.

Правовой основой обеспечения безопасности в техносфере является целый ряд федеральных законов:

- «О безопасности гидротехнических сооружений»;
- «О безопасности дорожного движения»;
- «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»;
- «О газоснабжении в Российской Федерации»;
- «О пожарной безопасности»;
- «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- «О радиационной безопасности населения»;
- «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;
- «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей»;
- «Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан».

5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

За состоянием безопасности труда установлены строгие государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль. Государственный надзор осуществляют специальные государственные органы и инспекции, которые в своей деятельности не зависят от администрации контролируемых предприятий. Это Прокуратура РФ, Федеральный горный и промышленный надзор России, Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности, Государственный энергетический надзор РФ, Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ (Госкомсанэпиднадзор России), Федеральная инспекция труда при Министерстве труда РФ (Рострудинспекция); Министерство РФ по атомной энергии.

Общий надзор за выполнением рассматриваемых законов возложен на Генерального прокурора РФ и местные органы прокуратуры. Надзор за соблюдением законодательства по безопасности труда возложен также на профсоюзы РФ, которые осуществляют контроль за обеспечением безопасности на производстве через техническую инспекцию труда.

Государственный надзор и контроль за соблюдением требований охраны труда осуществляется федеральной инспекцией труда – единой федеральной централизованной системой государственных органов (статья 22 «Основ...» и 216 ТК РФ).

Контроль за состоянием условий труда заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют государственные инспектора труда – должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению.

Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор и главный инженер.

Общественный контроль за соблюдением прав и законных интересов работников в области охраны труда осуществляется профессиональными союзами и иными представительными органами. Согласно статьям 13, 22 «Основ...» и 218 ТК РФ по инициативе работодателя и (или) по инициативе работников могут создаваться комитеты (комиссии) по охране труда.

Ведомственные службы охраны труда совместно с комитетами профсоюзов разрабатывают инструкции по безопасности труда для различных профессий с учетом специфики работы, а также проводят инструктажи и обучение всех работающих правилам безопасной работы.

Различают следующие виды инструктажа: вводный, первичный на рабочем месте, повторный внеплановый и текущий.

Вводный инструктаж проводят со всеми рабочими и служащими независимо от профессии до приема на работу, а также с командированными и учащимися, прибывшими на практику.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводит непосредственный руководитель работ перед допуском к работе. Этот вид инструктажа должен сопровождаться показом безопасных приемов работ.

Повторный инструктаж на рабочем месте проводят с работниками независимо от их квалификации, стажа и оплаты работы не реже чем раз в шесть месяцев. Цель этого инструктажа – восстановить в памяти рабочего инструкции по охране труда, а также разобрать конкретные нарушения из практики предприятия.

Внеплановый инструктаж на рабочем месте проводят в случае изменения правил по охране труда, технологического процесса, нарушения работниками правил техники безопасности, при несчастном случае, при перерывах в работе – для работ, к которым предъявляются дополнительные требования безопасности труда – более чем на 30 календарных дней, для остальных работ – 60 дней.

Текущий инструктаж проводят для работников, которым оформляют наряд-допуск на определенные виды работ.

Результаты всех видов инструктажа заносят в специальные журналы.

За нарушение всех видов законодательства по безопасности жизнедеятельности предусматривается следующая ответственность:

- дисциплинарная, которую накладывает на нарушителя вышестоящее административное лицо (замечание, выговор, перевод на нижеоплачиваемую должность на определенный срок или понижение в должности, увольнение);
- административная (подвергаются работники административно-управленческого аппарата; выражается в виде предупреждения, общественного порицания или штрафа);
- уголовная (за нарушения, повлекшие за собой несчастные случаи или другие тяжелые последствия).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований облегченных тампонажных растворов с использованием воздухововлекающих добавок, именно с применением микросфер. В процессе проведения работы были приведены подбор рецептуры облегченных тампонажных растворов на основе алюмосиликатных и перлитовых микросфер с целевой плотностью, исследование их свойств и свойств цементных камней, получаемых из них, также проводили изучение влияния добавки, понижающих фильтрацию, на свойства разработанных облегченных тампонажных цементов. Основные выводы и практические результаты диссертационного исследования заключаются в следующем:

- при цементировании в зонах, характеризующих осложненными условиями, имеющих аномально низкие пластовые давления, для предупреждений поглощения и осложнения в процессе цементирования целесообразно применяют легкие и облегченные тампонажные растворы;
- в настоящее время из наиболее известных облегчающих добавок, самыми эффективными являются полые микросферы. Использование полых микросфер позволяет получить облегченные тампонажные растворы, обладающие более низкой плотностью и меньшей водопотребностью по сравнению с традиционными облегчающими добавками;
- облегченные тампонажные растворы с полыми микросферами имеет повышенную прочность и трещиностойкость камня, что дает возможность исключить повторные изоляционные работы после перфорации колонны. Формируемый камень также обладает прочным сцеплением с обсадной трубой и горными породами, это обеспечивает надежную герметичность затрубного пространства;
- благодаря низкой теплопроводности микросферы способствуют получению облегченных тампонажных растворов, эффективно защищающих

многолетние мерзлые породы от растепления, за счет того они нашли широкое применение при креплении скважин в криолитозоне;

- при добавлении гидроксилэтилцеллюлозы, фильтрационные свойства облегченных тампонажных растворов улучшаются, его седиментационная устойчивость повышается, причем прочностные характеристики цемента еще остаются высокими значениями. Тогда облегченные тампонажные растворы на основе полых микросфер с добавкой гидроксилэтилцеллюлозы обладают пониженной водоотдачей, повышенной прочностью и трещиностойкостью, ими эффективно используют при цементировании скважин во всех условиях.

В будущем планируется подбор рецептуры облегченных тампонажных растворов с использованием полых стеклянных микросфер, исследование их свойства, продолжение испытания разработанных тампонажных растворов с целью поиска оптимальной концентрации ГЭЦ-400 для каждой рецептуры цементных растворов, поиск других реагентов для совершенствования свойства цементного камня, испытание свойств обработанных цементных растворов при условиях давлений и температур, равных условиям в скважине, проведение цементирования скважины в полевых условиях полученными тампонажными растворами, оценка качества их применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рояк С.М. Специальные цементы / С.М. Рояк, Г.С. Рояк. – М.: Стройиздат, 1984. – 204 с.
2. Инструкция по расчету экологичности внедрения облегченных цементов для горячих скважин (ОЦГ) // МНП ВНИИКРнефть. – Краснодар, 1975. – С. 14.
3. Облегченный тампонажный раствор с добавкой минерализованного глинопорошка. – М.: ВНИИОЭНГ, 1976.
4. Данюшевский В.С. Проектирование оптимальных составов тампонажных цементов. – М.: Недра, 1978. – 294 с.
5. Булатов А.И. Формирование и работа цементного камня в скважине. – М.: Недра, 1990. – 409 с.
6. Романов В.Г. Исследование и разработка модифицированных тампонажных композиций для изоляции водопроницаемых пластов с низким градиентом давления в нефтяных и газовых скважинах: диссертация ... кандидата технических наук. – Краснодар, 2002. – 125 с.
7. Сторчак А.В. Обоснование и разработка тампонажных составов пониженной плотности для цементирования скважин в условиях аномально низких пластовых давлений: диссертация ... кандидата технических наук. – С. - Петерб, 2011. – 120 с.
8. Детков В.П. Аэрированные суспензии для цементирования скважины. – М.: Недра, 1991. – 175 с.
9. Детков В.П. Физико-химическая механика – основа для разработки технологии цементирования в условиях Крайнего Севера / В.П. Детков, А.Р. Хисматулин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2003. – № 7. – С. 31 – 37.
10. Григулецкий В.Г. Опытнo-промышленные работы при цементировании обсадных колонн газовых скважин Песцовой площади Уренгойского месторождения // Нефтегазовые технологии. – 2007. – № 11. – С. 2 – 14.

11. Мерзляков М.Ю. Применение тампонажных растворов с включением полых микросфер при креплении скважин в криолитозоне / М.Ю. Мерзляков, А.А. Яковлев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 5. – С. 370 – 376.
12. Облегченные полимерцементные растворы с добавками алюмосиликатных микросфер / Р.Р. Кадыров, А.К. Сахапова, А.С. Жиркеев, Д.К. Хасанова // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. – Москва, 2009. – С. 279 – 285.
13. Овчинников П.В. Специальные тампонажные композиции для цементирования газовых скважин // Нефть и газ. – 2002. – № 6. – С. 14 – 18.
14. Мерзляков М.Ю. Исследование технологических свойств аэрированных тампонажных составов с включением в них полых алюмосиликатных микросфер / М.Ю. Мерзляков, А.А. Яковлев // Вестник ПНИПУ. – 2015. – № 4. – С. 13 – 17.
15. Темирбулатов Д.Р. Эффективности использования тампонажных материалов с полыми алюмосиликатными микросферами для скважин с интервалами мерзлых горных пород // Академический журнал Западной Сибири. – 2015. – № 3. – С. 105 – 108.
16. Орешкин Д.В. Эффективность применения тампонажных материалов с полыми стеклянными микросферами / Д.В. Орешкин, Г.А. Белоусов // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2007. – № 4. – С. 33 – 41.
17. Орешкин Д.В. Облегченные и сверхлегкие тампонажные растворы для крепления нефтегазовых скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 10. – С. 34 – 36.
18. Орешкин Д.В. Эффективные облегченные тампонажные растворы для условий аномально низких пластовых давлений и многолетнемерзлых пород // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 1. – С. 50 – 53.
19. Орешкин Д.В. Современные тенденции разработки универсальных сверхлегких тампонажных растворов для условий АНПД и ММП / Д.В.

Орешкин, В.Ю. Близнюков // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2007. – № 2. – С. 49 – 56.

20. Орешкин Д.В. Модификация тампонажных материалов с полыми стеклянными сферами нанотехнологическими методами // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2007. – № 12. – С. 43 – 47.

21. Первушин Г.Н. Однородные сверхлегкие тампонажные растворы для повышения надежности системы «обсадная труба – цементное кольцо – горная порода» / Г.Н. Первушин, Д.В. Орешкин, О.Б. Ляпидевская // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2006. – № 1. – С. 10 – 12.

22. Бубнов А.С. Анализ современных проблем цементирования нефтяных и газовых скважин / А.С. Бубнов, И.А. Бойко, А.В. Епихин, А.В. Ковалев // Проблемы геологии и освоения недр. – 2012. – С. 296 – 298.

23. ГОСТ 26798.1-96. Цементы тампонажные. Методы испытаний.

24. ГОСТ 26798.2-96. Цементы тампонажные типов I-G и I-H. Методы испытаний.

25. Самсоненко А.В. Требование к качеству тампонажных материалов для разных условий применения / А.В. Самсоненко, С.Л. Симонянц, Н.В. Самсоненко // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2009. – № 10. – С. 37 – 39.

26. Экология и безопасность жизнедеятельности. Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др. / Под ред. Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.

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

28. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

29. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

30. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

31. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
32. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
33. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
34. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
35. Крепша Н.В. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавров и магистров Института природных ресурсов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 53 с.