

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
Профиль подготовки: «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»
Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование облегченных тампонажных растворов с использованием воздухововлекающих добавок

УДК 622.257.122-026.54

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Афиян Владимир Юрьевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения социально- гуманитарных наук	Макашева Ю.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения контроля и диагностики	Задорожная Т.А.	к.т.н.		

По разделу, выполненному на иностранном языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения иностранных языков	Стрельникова А.Б.	к.ф.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Ковалев А.В.	к.т.н.		

Томск – 2018

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</i> , соответствующих профилю подготовки (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»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
Профиль подготовки: «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»
Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Ковалев А.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Афиян Владимиру Юрьевичу

Тема работы:

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Исследование облегченных тампонажных растворов с воздухововлекающими добавками. Применяемые добавки: Бентонит, вермикулитовый песок, алюмосиликатные микросферы, облегченная минеральная добавка, биокремнезём, микрокремнезём.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений науки и техники в рассматриваемой области;2. Проведение экспериментальных исследований облегченной минеральной

	добавки в соответствии с выбранной методикой; 3. Финансовый менеджмент; 4. Социальная ответственность; 5. Перевод одной из основных частей литературного обзора на английский язык; 6. Выводы по работе.
Перечень графического материала	Необходимость в графических материалах отсутствует.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Макашева Ю.С.
Социальная ответственность	Задорожная Т.А.
Разделы, выполненные на иностранном языке	Стрельникова А.Б.

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:

Cementing slurry

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Афиян Владимир Юрьевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Афиян Владимиру Юрьевичу

Школа	ИШПР	Отделение	нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	«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): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оценка стоимости материально-технических и человеческих ресурсов на проведение опытов в лаборатории буровых промысловых и тампонажных растворов</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>SWOT-анализ проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научно-исследовательских работ</i>	<i>Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования 2. Основная заработная плата исполнителей темы 3. Отчисления во внебюджетные фонды 4. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Матрица SWOT</i>
2. <i>Календарный график проведения НТИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.04.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ю.С. Макашева			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Афиян Владимир Юрьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Афиян Владимиру Юрьевичу

Школа	ИШПР	Отделение нефтегазового дела	
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01/Нефтегазовое дело

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Исследуются облегченные тампонажные растворы с добавлением в них различных добавок. В ходе работы используются следующие компоненты: дистиллированная вода, Портландцемент ПЦТ-I-100, бентонитовая глина, вермикулитовый песок, алюмосиликатные полые микросферы, ОМД, биокремнезём, микрокремнезём.</i></p> <p><i>Исследуемые растворы используются в процессе цементирования нефтяных и газовых скважин.</i></p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования</p> <p>1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований</p> <p>1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов</p>	<p><i>Проанализировать вредные и опасные факторы, влияющие на человека, возникающие при исследовании свойств воздуховолекающих добавок в лабораторных условиях:</i></p> <p><i>Повышенная температура поверхности оборудования, пониженная влажность воздуха, недостаток естественного света, повышенная температура воздуха в рабочей зоне, недостаточная освещенность рабочей зоны, раздражающие и токсические факторы, электрический ток.</i></p> <p><i>Проанализировать вредные и опасные факторы, влияющие на человека, возникающие при работе с добавками на производстве:</i></p> <p><i>повышенная запыленность воздуха</i></p>
--	---

	<i>рабочей зоны.</i>
2. Экологическая безопасность 2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду 2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	<i>Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду, а также необходимые мероприятия по защите окружающей среды.</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования 3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований 3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	<i>В лаборатории возможно возникновение пожара. Привести обоснование рекомендуемых мероприятий по предотвращению пожара, и разработать порядок действий при его возникновении.</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 4.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства 4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.	<i>Представить требования предъявляемые к сотрудникам лаборатории перед допуском к работе, а также рекомендации для комфортной работы в лаборатории.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Задорожная Татьяна Анатольевна	кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Афрян Владимир Юрьевич		

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
Профиль подготовки: «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»
Уровень образования: Магистратура
Отделение нефтегазового дела
Период выполнения: (весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>Выполнение литературного обзора</i>	<i>50</i>
	<i>Проведение лабораторных исследований</i>	<i>40</i>
	<i>Устранение недочетов в работе</i>	<i>10</i>

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Ковалев А.В.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 93 страницы., 15 рисунков., 4 таблицы., 28 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: ОБЛЕГЧЕННЫЙ ТАМПОНАЖНЫЙ РАСТВОР, ОБЛЕГЧАЮЩИЕ ДОБАВКИ, ВОЗДУХОВЛЕКАЮЩИЕ ДОБАВКИ, ОБЛЕГЧЕННАЯ МИНЕРАЛЬНАЯ ДОБАВКА.

Объект исследования: облегченные тампонажные материалы

Предмет исследования: воздухововлекающая добавка для облегченных тампонажных растворов ОМД (облегченная минеральная добавка)

Цель работы — Разработка нового облегченного тампонажного материала и исследование его свойств для эффективного цементирования нефтяных и газовых скважин

Задачи:

- Провести обзор российской и зарубежной литературы по теме научного исследования, в том числе по современным системам облегченных тампонажных растворов и воздухововлекающим добавкам;

- Разработать программу экспериментальных исследований;

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

- Провести сравнительные исследования модельных облегченных тампонажных растворов с использованием различных воздухововлекающих добавок;

Пояснительная записка магистерской диссертации выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord 2016.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями

Промывочная жидкость

Полимер

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения с соответствующими расшифровками

ПЦТ – портландцемент тампонажный

ППМС – полые полимерные микросферы

ПАМС – полые алюмосиликатные микросферы

ПСМС – полые стеклянные микросферы

АПСМС – аппертированные полые микросферы

ПМ – перлитовые микросферы

ЦТО – цемент тампонажный облегченный

ГТС – газонаполнительные тампонажные системы

ГЖТС – газожидкостные тампонажные смеси

МГГМ – мелкогранулированный материал

ГЭЦ – гидроэтилцеллюлоза

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

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

Оглавление

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки.....	10
Введение.....	1
Глава 1. Аналитический обзор.....	3
1.1. Традиционные системы облегченных тампонажных растворов на основе портландцемента.....	5
1.2. Воздухововлекающие добавки и их применение.....	12
1.3. Обоснование разработки тампонажного раствора с улучшенными фильтрационными свойствами.....	14
1.4 Выводы по главе 1.....	16
Глава 2. Разработка методики исследований оборудованя.....	18
2.1 Методика определения растекаемости раствора.....	18
2.2 Методика определения плотности раствора.....	19
2.3 Методика определения времени загустевания раствора.....	20
2.4 Методика определения водоотделения раствора.....	22
Глава 3. Результаты экспериментальных исследований.....	25
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	26
4.1. SWOT-анализ.....	26
4.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	33
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	33
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	34
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	35
4.3. Бюджет научно-технического исследования.....	38

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	38
4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы	38
4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	42
4.3.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	43
Глава 5. Социальная ответственность	44
5.1. Производственная безопасность	45
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	45
5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	45
5.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	46
5.2. Экологическая безопасность	47
5.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	47
5.2.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	48
5.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	49
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	49
5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования	49
5.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	49

5.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	50
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	50
5.4.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	50
5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	53
Заключение.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	56

Введение

С развитием технологий бурения и постоянного процесса разведки новых месторождений нефти и газа, поиска новых областей глубины скважин увеличиваются, усложняется их структура, проблемы, возникающие в процессе бурения глубоких скважин все ещё не решены и оказывают влияние на качество цементирования этих скважин. Так, при цементировании этих скважин возможно поглощение тампонажного раствора, что приводит к недоподъему его до устья скважины. Данная проблема может быть решена использованием облегченного тампонажного раствора с правильно подобранными плотностью и параметрами, однако применение растворов, основанных на традиционных облегчающих наполнителях, таких как бентонит, перлит, и т.д. часто не удовлетворяет высокому качеству, которое предъявляют ему заказчики, хоть данные растворы и соответствуют стандартам ГОСТ. Причина в том, что при воздействии внутри скважины повышенных давлений происходит расслоение добавок, вследствие чего увеличивается плотность, и его невозможно прокачать. По причине этого, использование тампонажных материалов с применением воздухововлекающих добавок, в том числе облегченной минеральной добавки позволяет решить проблему по строительству долговечных и эффективных скважин.

Одной из проблем, которые возникают при цементировании пластов с аномально низкими пластовыми давлениями является загрязнение пластов фильтратом тампонажного раствора, что отрицательно влияет на продуктивные свойства этих пластов, снижая его дебит в процессе эксплуатации. Вследствие этого необходимо кроме получения хороших показателей плотности, растекаемости и прочности раствора он должен обладать хорошими фильтрационными свойствами для сохранения продуктивного пласта от загрязнения.

Цель работы. Разработка нового облегченного тампонажного раствора и исследование свойств, для эффективного цементирования нефтяных и газовых скважин.

Основные задачи. Для необходимо решить следующие задачи:

1. Провести обзор и литератур по теме научного исследования, в том числе по современным системам облеченных тампонажных растворов и воздухововлекающим добавкам;

2. Разработать программу экспериментальных исследований;

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

4. Провести сравнительные исследования модельных облегченных тампонажных растворов с использованием различных воздухововлекающих добавок.

Объект исследования – облегченные тампонажные материалы.

Предмет исследования – воздухововлекающая добавка для облегченных тампонажных растворов ОМД (облегченная минеральная добавка).

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

Тампонажные растворы – это смесь различных материалов, используемых для крепления нефтяных и газовых скважин. Ими заполняется затрубное пространство скважины, после окончания процесса спуска обсадной колонны. От качества данной операции зависит качество крепления и надежность в последующий период эксплуатации скважины. Основная задача цементного раствора, а впоследствии цементного камня – герметизация затрубного пространства, а также исключение возможности межколонных проявлений и перетоков из пласта в пласт, которые влияют на пластовое давление, уменьшая его. В связи с данными возможностями осложнений раствор должен обладать подходящими под условия свойствами, как реологическими, так и структурно-механическими.

Самый распространенный и легкий способ цементирования заключается в нагнетании готового тампонажного раствора буровыми насосами в трубное пространство колонны обсадных труб и его поднятии в затрубном пространстве к заданной высоте. В этом случае раствор проходит различные пласты, в результате чего возможно его поглощение.

Во время цементирования скважин на месторождениях Крайнего Севера, Западной Сибири, шельфов морей и других областей возникает проблема, из-за сложных геолого-технических условий строительства скважин. Данные месторождения характеризуются высокими забойными температурами, при низких в верхней части разреза, а также слабосвязанными горными породами при аномально низких пластовых давлениях, которые с большой долей вероятности могут поглощать тампонажный раствор, из-за своей склонности к трещинообразованию и гидроразрывы, в результате чего возможен недоподъем тампонажного раствора до устья скважины. Нарушение герметичности затрубного пространства приводит к уменьшению возможного дебита скважины, а также к нарушениям законов охраны недр.

К тампонажному цементу одновременно представляют требования по однородности, плотности и растекаемости раствора, прочности на растяжение при изгибе для камня. При цементировании скважин часто не удается использовать растворы с добавлением традиционных облегчающих добавок, из-за того, что при высоких давлениях они разрушаются и теряют способность к прокачиванию их насосами.

Для решения этой проблемы необходимо использовать облегченный тампонажный раствор, имеющий необходимую стабильную плотность. В качестве традиционных облегчающих добавок обычно применяются: Гипс, вермикулитовый песок, мел, шлак, глина, резиновая крошка, опока, керамзит, угольная пыль, трепел, но они обладают высоким водопотреблением, и исключают возможность получения облегченных тампонажных растворов плотностью меньше $1,3 \text{ г/см}^3$ из-за своего расслоения и большого увеличения плотности при нарушении их. Использование данных добавок исключает возможность получения растворов с плотностью ниже 1 г/см^3 с необходимыми качествами.

Вследствие этого необходимо разработать тампонажные растворы с низкой и независимой от давлений плотностью, обладающих высокой однородностью и растекаемостью, а также имеющие увеличенную плотность и трещиностойкость в затвердевшем состоянии.

Требуемые свойства возможно получить при помощи внедрения в растворы облегченной минеральной добавки, которая имеет малую плотность и размеры, а также позволяет получить повышенную удельную прочность при объемном сжатии, в результате чего раствор становится мало сжимаем при его низкой плотности, что увеличивает его способность прокачивания растворов на любую глубину скважины за один прием, с подъемом до устья, что невозможно с применением традиционных облегченных тампонажных растворов. Увеличенная прочность, а также трещиностойкость цементного камня уменьшает затраты, связанные с повторными изоляционными работами при

перфорации колонны, а высокопрочное сцепление позволяет получить высокое качество герметизации затрубного пространства.

Исходя из этого, необходима разработка и глубокое изучение свойств облегченных тампонажных растворов с применением облегченной минеральной добавки, выявить эффективность её применения в растворах.

В результате, исправление проблемы с устойчивыми дебитами скважин в большей степени зависит от качества раствора, используемого в процессе цементирования скважин и его свойств.

1.1. Традиционные системы облегченных тампонажных растворов на основе портландцемента

В качестве облегчающих добавок чаще всего используются керамзит, вермикулит, фильтроперлит, вспученный перлит, шлифованную пыль, асбест, глинопорошок, опоку, мел, диатомит, трепел, шлак, резиновую крошку, гидролизный лигнин, золу-унос, золу. Среди облегченных тампонажных растворов распространены растворы на основе гельцемента, которые представляют собой смесь глинопорошка и портландцемента. Раствор обладает плотностью 1,45 – 1,65 г/см³, а также может применяться от -5 до +60°С

Гельцементные растворы получили подробное описание в большом количестве работ. В своей работе Данюшевский В.С. [3] рекомендовал затворение портландцемента на водной суспензии палыгорскита. Крутицкий Н.Н. [2] рекомендовал вводить палыгорскитовую глину с концентрацией 5-7% от веса раствора.

В.Ф. Горский [4] предложил перед затворением портландцемента диспергировать водную суспензию палыгорскита с целью выравнивания параметров вязкости, и после затворения цемента дополнительно диспергировать смесь под давлением. Данный способ позволяет уменьшить концентрацию добавки до 10 раз. Дополнительно происходит увеличение гидратации, а также увеличение свойств полученного камня, таких как

прочность, его плотность и уменьшение усадочных свойств. Метод позволяет получать тампонажный раствор с плотностями 1,3-1,7 г/см³. Другие авторы [5] предлагают в качестве добавки, содержащей глину мелкогранулированный материал – МГГМ. Он получается методом высокотемпературной сушки глинистых буровых растворов с соотношением ингредиентов по массовой доле: МГГМ 10-35%, портландцемент 65-90%. Данный метод дает возможность получать растворы плотностью 1,39-1,6 г/см³.

С введением в раствор компонентов, таких как: глинопорошок (22%) и хлористый кальций (4%), возможно менять плотность полученного раствора в пределах от 1,45 до 1,7 г/см³, однако с увеличением плотности выше 1,55 г/см³ полученный раствор теряет текучесть (растекаемость не более 10 см), а при уменьшении плотности до 1,45 г/см³ происходит рост водоотдачи (более 3%). С понижением температуры до 0°С увеличивается срок схватывания цемента. Также с уменьшением плотности значительно снижается прочность полученного камня.

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 гельцементного камня уменьшается. С уменьшением количества глинопорошка, с сохранением постоянного соотношения суспензии к количеству цемента, можно уменьшать плотность, водоотдачу, а также получить раствор, с хорошей растекаемостью.

В результате воздействия низкой температуры всегда увеличивается время структурообразования раствора, а при использовании наполнителей, не обладающих вяжущими свойствами, оно увеличивается ещё интенсивней. Именно поэтому необходимо бороться с уменьшением времени структурообразования. С этой целью рекомендуются определенные рецептуры облегченных тампонажных смесей, имеющих возможность изменять свою плотность в большом диапазоне. С воздействием низких и отрицательных температур также уменьшаются свойства и агрегатное состояние жидкой фазы

раствора, изменение вязкости воды затворения и её проникающей способности. В результате изменений происходит замедление гидратации клинкерных минералов, уменьшение прочности и увеличение проницаемости полученного камня. Поэтому была предложена активация растворов вводом в них добавок полифункционального действия, снижающих температуру замерзания жидкой фазы, а также ускоряющих процесс гидратации цементных минералов и позволяющих уменьшить концентрации водной фазы из-за пластифицирующего воздействия [6].

Исходя из анализа литературных источников можно сделать вывод о том, что гельцементные растворы обладают недостаточно низкой плотностью до $1,65 \text{ г/см}^3$, также имеют уменьшенную прочность камня с происшествием времени. Глинопорошок ослабляет структуру цементного камня, для достижения необходимой плотности требуется увеличивать водосодержание, вызывающее увеличение срока структурообразования, а также снижение прочности камня, с увеличением его проницаемости. Данный раствор не позволяет получить необходимого контакта с стенками скважины и обсадными трубами, также не создавая герметичности затрубного пространства, что приводит к низкому качеству крепи и быстрому обводнению продукции скважины.

Также в качестве облегчающих добавок получили широкое применение минеральные добавки: Кремнеземистые и карбонатные. К первым относят породы осадочного (опока, диатомит, трепел), вулканического (пемза, перлит, туф), а также техногенного (силикагель, зола, кремнегель) происхождения.

Тампонажные цементы с кремнеземистыми добавками обладают повышенной стойкостью к агрессивам, таким как сульфатной и сульфидной, но нестойки к сероводородной и полиминеральной коррозиям. В сравнении с портландцементами, данные растворы обладают более низким водоотделением, но высоким набуханием и большой усадкой. Цементный камень обладает большим сцеплением со стенками труб и скважины, но обладает большей динамикой снижения прочности по времени, чем портландцементы [7].

Большим обзрением в научной сфере обладают растворы с применением вспученного перлита, которые были очень подробно изучены, но не взыскали популярности на практике, т.к. с изменением давлений свыше 4Мпа сильно изменяются их свойства. Плотность увеличивается на 0,15-0,26 г/см³, растекаемость уменьшается до 5-9 см, что способствует развитию осложнений в процессе цементирования. Полученные растворы нестабильны, а также исключают возможность добавления бентонитовой глины с концентрациями 4-6% по причине неоднородности полученных растворов.

С использованием фильтровального перлита, который является тончайшей фракцией вспученного перлита данные недостатки были устранены, но в таком растворе трудно добиться однородности вследствие большой разницы насыпных масс цемента и фильтроперлита (1200-1400 кг/м³ против 75-125 кг/м³).

К карбонатным облегчающим добавками относят тонкоизмельченные известняк и мел. Растворы, с добавлением этих добавок имеют небольшую плотность в диапазоне 1,55-1,75 г/см³.

В результате применения известково-глинистых реагентов позволяет получить растворы с плотностью до 1,15 г/см³, с возможностью их использования в диапазоне температур от 80 до 170°С. Полученный известково-диамитовый раствор обладает плотностью 1,25-1,27 г/см³ и имеет хорошую прочность. В КазНИГРИ были проведены исследования известково-кремнегелевых (50:50) тампонажных растворов с плотностью 1290 кг/м³. Полученный цементный камень обладает низкой коррозионной стойкостью, а также малым сроком сохранения структуры, что не позволяет использовать его в производстве.

Большой популярностью в России пользуются перлитоглиноцементные растворы, где глина является стабилизатором, а также замедлителем схватывания раствора. Одной из зарекомендовавших себя добавок является фильтровальный перлит, при добавлении которого в смесь появляется возможность получить раствор с максимально низкой плотностью, при

минимальном использовании добавки. Это возможно в результате низкой плотности фильтрованного перлита и его высокой способности удерживать воду. Однако такие растворы имеют множество недостатков, которые не позволяют их использовать массово: Сложность в получении однородной сухой смеси, высокая водопоглощающая способность.

В качестве облегчающей добавки в пределах Западной Сибири зарекомендовал себя вермикулит, являющийся результатом вспучивания гидрослюда. Он имеет свойство воспринимать высокие давления из-за минимального расстояния между слоями слюды, а также обладает свойствами, которые позволяют ему закупоривать проницаемый коллектор, что предотвращает поглощение тампонажного раствора и гидроразрыв пласта. Рекомендованное содержание от массы раствора в пределах 8-17%. Отмечается, что использование данной добавки становится невозможным, из-за невозможности продолжить продавку, после кратковременной приостановки циркуляции, в результате расслоения и образования вермикулитовых пробок, а также сокращения сроков схватывания тампонажного раствора, которые невозможно регулировать [6].

В.П. Детков [8,9] предложил использовать азрированные тампонажные растворы, с помощью которых возможно получение растворов с крайне низкой плотностью 0,3 – 1,3 г/см³. Данные растворы редко применяются практически, так как являются неустойчивыми, имеют высокую (более 14 см) растекаемость, а также ограниченность действия эффекта аэрации (давление до 4,5 Мпа, температура не выше 75°С.). Цементный камень по происшествию 2 суток имеет малую (близкую к нулю) прочность при изгибе, а также 1,3 – 1,4 Мпа при сжатии. В своей работе В.Г. Григулецкий [10] предложил использовать газонаполнительные тампонажные системы (ГТС) в качестве тампонажного раствора. Газирование системы происходит за счет компрессоров буровой установки через эжектор, установленный на входе в цементировочную головку. Плотность полученного раствора от 0,3 до 1,3 г/см³, параметры растекаемости, а также прочности на сжатие и изгиб после 2-х суток составляют 12см, 1,4 Мпа

и 1,5 Мпа соответственно, что не соответствует стандартам ГОСТ по растекаемости и прочности. Следовательно, использование данных тампонажных растворов невозможно. С уменьшением давления с ростом глубины скважины данные растворы могут стать непрокачиваемыми.

Анализ работ [11, 12, 15] показывает, что применение полых алюмосиликатных микросфер (ПАМС) в составе тампонажного раствора снижает его плотность при малых значениях водоцементного отношения, обеспечивает повышенную стойкость к высоким температурам в скважине [13]. В работе [14] описан эффект ПАМС при его добавлении в газожидкостные тампонажные смеси (ГЖТС). Добавление микросфер в ГЖТС позволяет сохранить низкую плотность раствора, при уменьшении его аэрации. Однако в результате применения микросфер возникают следующие недостатки: трудность получения гомогенизированной системы, малая устойчивость, повышение плотности раствора и разрушение частиц микросфер при увеличенном давлении в скважинах.

В таблице 1.1 показаны свойства наиболее распространенных облегченных растворов, а также свойства цементных камней.

Таблица 1.1 – Свойства распространенных облегченных тампонажных растворов и камня

Наполнитель	Средняя плотность, г/см ³	В/Ц	Прочность через 2 суток, Мпа			
			Сжатие		Изгиб	
			22°С	5°С	22°С	75°С
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	1,3-1,6	0,8-1,8	0-0,4	0,8-5	0,8-3,5	5-12
Уголь	1,49-1,55	0,6-0,7	-	1,2-2	-	1,9-3,7
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	-

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
Фильтрованный перлит	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

Исходя из данных, представленных в таблице, в качестве облегчающих добавок чаще всего используются вермикулит, керамзит, глинопорошок, опока, трепел, торф, мел, резиновая крошка, зола, нефтяной кокс.

Абсолютное большинство добавок используется только в сочетании с высоким водоцементным соотношением, что позволяет держать плотность раствора в пределах $1,3-1,6 \text{ г/см}^3$, при этом происходит значительное уменьшение стабильности раствора, увеличении водоотдачи, а также снижение физико-механических и прочностных свойств камня.

Как было замечено ранее, при цементировании скважин нередко явление, когда плотность раствора выше, чем необходима. При резком увеличении водоцементного отношения плотность раствора недостижима по причине расслоения смеси, а также сильного снижения прочностных характеристик.

Ученые пришли к выводу о невозможности приобретения смесью плотности менее $1,3 \text{ г/см}^3$, при использовании традиционных облегчающих добавок, т.к. такие растворы не отвечают требованиям ГОСТ. Также такие добавки под воздействием давлений разрушаются, образуя новые

активные поверхности, вбирающие в себя воду из раствора, в результате чего тот становится непрокачиваемым.

Абсолютно все добавки с насыпной плотностью до 300 кг/м³ не выдерживают давлений больше 5 Мпа, а добавки с плотностью до 350 кг/м³ – более 10 Мпа. Разрушение происходит полное.

Следовательно, для качественного процесса цементирования скважин при малой несущей способности пласта необходимо использование облегченных тампонажных растворов. Данные растворы возможно получить в результате:

- большого водоцементного отношения раствора портландцемента с облегчающими добавками. В данном случае возможно падение прочности ниже допустимых значений, а также разрушение и расслоение раствора. Невозможно получить раствор плотностью ниже 1г/см³;

- применения облегчающих добавок, не гарантирующих необходимую плотность раствора с соблюдением необходимых характеристик. Возможно повышение плотности в результате разрушения добавок при воздействии внутрискважинных давлений;

- аэрацией тампонажного раствора.

Исходя из этого обозначается проблема разработки облегченного тампонажного раствора для цементирования скважин в сложных условиях. Можно сделать выводы о том, что наиболее эффективные добавки, способствующие высокому уменьшению плотности должны обладать низкой плотностью, а также высокой удельной прочностью. Наиболее подходящей по данным параметрам является облегченная минеральная добавка

1.2. Воздухововлекающие добавки и их применение

Принцип действия воздухововлекающих добавок основан на создании в цементном камне большого количества воздушных пузырьков, равномерно распределенных в объеме, оставаясь при этом отдельной, независимой фазой.

Это достигается из-за того, что воздух, равномерно размещаясь в объеме, образует замкнуто-пористую структуру камня в твердеющей системе. В результате этого получается пониженная, в сравнении с обычными тампонажными растворами плотность.

В настоящее время одной из самых перспективных воздухововлекающих добавок является облегченная минеральная добавка (ОМД).

ОМД представляет собой микросферы с закрытой системой пор, размером в среднем 180 мкм. Применяются для создания облегченных тампонажных растворов плотностью 1-1,65 г/см³, в скважинах с температурами до 75°C, а также в условиях вечной мерзлоты. Химический состав добавки представляет собой в процентном содержании по весу (от наибольшего к наименьшему): SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O. Добавка имеет следующие свойства:

- насыпная плотность: 45-100 кг/м³. Средний размер частиц составляет 180мкм;
- изостатическая прочность в воде при 100°C: 20% разрушения при давлении в 40Мпа;
- кислотность водной вытяжки: нейтральная (рН=6-7);
- теплопроводность: 0,04 Вт/(м*К);
- термическая стабильность: До 700°C наблюдается устойчивость к механическим нагрузкам;
- звукоизоляция: наибольшее поглощение в области средних частот;
- водопоглощение, % по объему: не более 70;
- водопроницаемость: 25% в течение 200 часов (25% объемный тонущий осадок).

1.3. Обоснование разработки тампонажного раствора с улучшенными фильтрационными свойствами.

В результате процесса заканчивания необратим процесс ухудшения коллекторских свойств продуктивного пласта по причине загрязнения призабойной зоны пласта фильтрами жидкости заканчивания и протекающих процессов взаимодействия (физико-химических, баротермических и др. процессов) с пластовыми флюидами и породоразрушающими минералами пласта, что приводит к закупорке продуктами взаимодействия фильтратов технологических жидкостей с пластовыми флюидами и породами пласта, а также закупорки пор ингибирующими глинистыми частицами. По причине этого контроль за фильтрацией тампонажных растворов представляет собой один из важнейших параметров, которые необходимо соблюдать в процессе заканчивания скважин.

Главной целью, связанной с улучшением качества заканчивания скважин, со стороны производительности, является максимальное сохранение проницаемости пород в призабойной зоне пласта.

Влияние одинаковых воздействий на фильтрационные свойства пород различны в различных пластах, что обусловлено множеством петрофизических свойств коллекторов. Вследствие этого невозможно найти наиболее эффективное решение, подходящее для вскрытия разновозрастных пластов на различных месторождениях. Решение данной проблемы состоит в разработке такого раствора для заканчивания, который при проникновении в призабойную зону пласта оказывал бы минимальное влияние на изменение её проницаемости для углеводородов. Необходимо, чтобы состав и свойства такого тампонажного раствора обеспечивали минимальное воздействие его на призабойную зону пласта.

Научно доказано, что цементирование интервала продуктивного пласта уменьшает его возможную продуктивность в 2 раза из-за проникновения

фильтрата тампонажного раствора в поры коллектора, а также закупориванием макро-микротрещин пластов и фильтрационных каналов.

В качестве способа для уменьшения проникновения фильтрата раствора в пласт возможно уменьшение репрессии, для чего возможно использование облегченного тампонажного раствора, а также использование пен, непосредственно перед процессом цементирования скважин из-за большей её вязкости по сравнению с тампонажными растворами, в результате из-за роста гидравлических сопротивлений происходит уменьшение проникновения фильтрата в пористую среду.

Загрязнение пласта возможно уменьшить подбором подходящей рецептуры тампонажного раствора. В настоящее время невозможно разработать универсальную рецептуру для использования на месторождениях, которая максимально оградит пласт от загрязнения, снижения проницаемости пород призабойной зоны пласта. Вследствие этого на каждом месторождении, с учетом всех условий, необходим подбор состава раствора.

Перспективным способом борьбы с загрязнением продуктивных пластов является уменьшение водоотдачи растворов, а также упрочнение их седиментационной устойчивости.

На данный момент широко используются высокомолекулярные полимеры в качестве понизителей фильтрации. По воздействию они характеризуются как закупоривающие материалы, создающие прочные связи между частицами цемента, упрочняя коллоидную структуру цемента. Значительный эффект наблюдается при концентрации в 1% для растворов всех типов. Самыми распространенными добавками являются поливиниловые спирты, акриловые полимеры, полиэтиленоксид, различные виды полисахаридов и комплексные реагенты [22].

1.4 Выводы по главе 1

1. Процесс цементирования скважин является одним из завершающих этапов строительства скважин, качество которого определяет эффективность дальнейшей эксплуатации скважины, а также её надежность. Основными компонентами облегченных тампонажных растворов являются: портландцемент тампонажный (ПЦТ), облегчающие добавки, вода. Результат цементирования напрямую зависит от качества тампонажных растворов. Качество облегченных тампонажных растворов зависит от качества добавок. Главные свойства тампонажного камня: средняя плотность, а также прочность при объемном сжатии.

2. В настоящее время строительство скважин в основном совершается в сложных горно-геологических условиях. Породы на данных месторождениях имеют аномально низкие пластовые давления и склонны к поглощению тампонажного раствора. В данных условиях целесообразно производить цементирование с облегченными тампонажными растворами. Существует необходимость разработки универсальных тампонажных растворов с плотностью ниже 1 г/см^3 , что позволит поднимать раствор до устья за одну ступень, существующим оборудованием.

3. Понижение плотности раствора осуществляется путем добавления облегчающих добавок. Основными из них являются вермикулит, перлит и др., требующие повышенного водоцементного отношения. Имеющиеся добавки не удовлетворяют требуемой прочности на сжатие при повышенных давлениях, в результате чего происходит их деструкция, с резким увеличением плотности раствора, и возникновение новых активных поверхностей, вовлекающих в себя воду, вследствие чего раствор становится непрокачиваемым. Также увеличение воды в растворе негативно влияет на однородность раствора и камня: Уменьшению плотности и повышению водоотдачи, и как следствие уменьшению прочности.

4. Существует дефицит добавок, применяемых на рынке, а также проблема их высокой стоимости.

5. Основная проблема подбора рецептур растворов заключается в необходимости соответствия всем требованиям, предъявляемым растворам: Плотности, растекаемости, а также прочности при объемных сжатиях.

6. В результате анализа облегченных добавок можно заявить, что облегченная минеральная добавка является одной из самых перспективных по рассматриваемым показателям добавок в облегченный тампонажный раствор.

В результате можно выделить основную цель магистерской диссертации, которая заключается в более подробном исследовании свойств облегченного тампонажного раствора с добавкой ОМД.

Для этого необходимо выполнить следующие задачи:

1. Разработать методику исследований
2. Разработать рецептуры модельных облегченных тампонажных растворов, соответствующих стандарту ГОСТ 1581-96 «Портландцемент тампонажный. Технические условия».
3. Провести сравнение свойств модельных облегченных тампонажных растворов с использованием различных воздухововлекающих добавок.
4. Улучшать полученную рецептуру, путем внедрения в состав добавок, понижающих фильтрацию.

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 4) по ГОСТ 26798.1-96. 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.

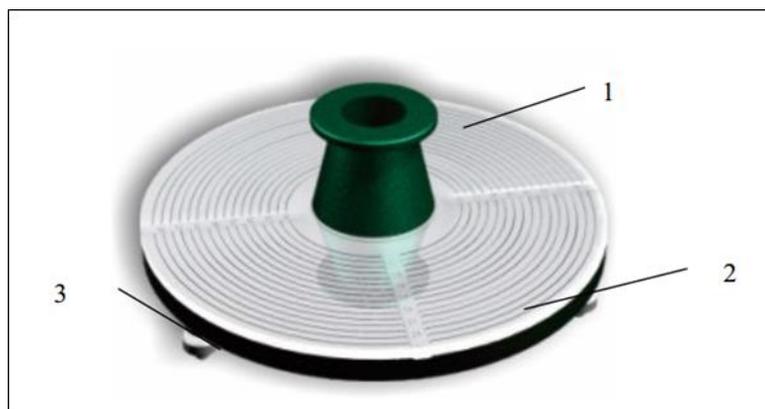


Рисунок 1 – Конус АзНИИ

Подготовка и проведение испытания.

Форма-конус устанавливается в центре измерительного столика на стекло. Внутренняя окружность формы должна совпадать с началом окружности шкалы столика. Перед проведением испытания конус и стекло необходимо протереть влажной тканью.

Далее приготавливается тампонажный раствор, затем конус заливается полученным раствором до верхнего торца. Время от приготовления раствора до момента заполнения не должно превышать 5 с. Затем избытки раствора

удаляются ножом. После необходимо резко поднять конус в вертикальном направлении.

Диаметр растекания измеряется линейкой, результаты замеряются в 2 взаимно перпендикулярных направлениях, полученный результат необходимо округлить до 1 мм.

Результатом растекаемости принимается среднеарифметическое значение двух измерений, с расхождением между ними не более 10 мм.

2.2 Методика определения плотности раствора

Средства контроля.

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



Рисунок 2 – Рычажные весы-плотномеры ВРП-1:

Рычажные весы состоят из стакана для раствора, крышки стакана, подушки, призмы, рычага со шкалой, передвижного груза и стойки.

Замеры по верхней шкале осуществляются путем установки весов на правую призму и перемещения подвижного груза, замеры по нижней шкале осуществляются путем установки весов на левую призму и перемещения подвижного груза.

Подготовка и проведение испытания.

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

Раствор заливается в мерный стакан до верхней кромки и закрывается крышкой. Излишки раствора, которые вытекают из специального отверстия на крышке удаляются. Далее подвижная часть весов устанавливается на стойке с помощью правой призмы. Путем передвижения подвижного груза рычаг устанавливается в равновесное положение и происходит замер плотности раствора по верхней шкале. Если плотность раствора больше, чем предел измерения по верхней шкале, подвижная часть весов переставляется на левую призму и измерение плотности проводится по нижней шкале.

После измерения крышку стакана снимают, раствор сливают из стакана, стакан промывают от раствора водой, после протирают насухо.

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

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.

Консистометр, работающий при атмосферном давлении, для испытания цемента, предназначенных для низких, нормальных и умеренных температур. Консистометр представляет собой герметичную камеру, в которую помещен цилиндрический контейнер для цементного теста с лопастным перемешивающим устройством. Пространство между контейнером и стенками камеры должно быть заполнено маслом, вязкостью от 5 до 100 Вс.

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

Консистометр должен иметь нагреватель, обеспечивающий повышение температуры масляной ванны со скоростью 2,8 °С/мин, приборы для измерения и регулирования температуры масляной ванны и цементного теста с погрешностью не более $\pm 1,7$ °С, таймер с погрешностью не более ± 30 с/ч, а также потенциометрическое устройство для определения величины консистенции цементного теста.

Подготовка и проведение испытания.

1. В процессе подготовки к эксперименту необходимо провести холодный пуск консистометра. Рамка с лопастями не должна соприкасаться с внутренней поверхностью стакана при вращении, что подтверждается нулевым значением на шкале при включении двигателя и его остановки.

2. Снимается стакан, происходит его заполнение тампонажным раствором до риски на внутренней поверхности.

3. Стакан фиксируется при помощи байонетного замка в рабочем положении.

4. Снаружи устанавливается электронагревательное устройство заполненное достаточным количеством воды.

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

6. Скорость нагревания контролируется показателями термометра и регулируется путем изменения напряжения питания нагревателя. Интенсивность нагрева обычно устанавливается в соответствии с заданием и составляет 0,6 – 2,5°С в мин.

7. Необходимо фиксировать температуру раствора и показания по шкалам прибора каждый 5 минут после включения электродвигателя.

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

На начальной стадии твердения значительное количество воды затворения находится в несвязанном виде, силы взаимодействия между частицами малы. Поэтому имеется вероятность седиментации твердой фазы тампонажного раствора. Процесс оседания цементных частиц приводит к потере однородности раствора по высоте – нарушению сплошности столба тампонажного раствора в затрубном пространстве (образование водяных поясов) и способствует увеличению 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. Цементный раствор заливается в 2 цилиндра до отметки 250 см³ и отстаивается. Цилиндры в течении измерения должны быть неподвижны. По окончании испытания, через 2 ч ±5 мин отделившуюся воду собирают пипеткой в мерный цилиндр, объемом 20 см³ и замеряют объем отделившейся воды в каждом из цилиндров. Этот объем в миллилитрах фиксируется.

За водоотделение принимают среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений, расхождение между которыми не должно быть более 0,2 мл. Результат вычисления округляют до 0,1 мл.

5. Методика определения прочности при изгибе образцов цементного камня

Цементный камень воспринимает часть нагрузок, приходящихся на колонну, поэтому увеличение механической прочности приведет 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 возрастет и прочность камня. Источниками разрушающей нагрузки являются: горное давление и гидростатическое давление столба,

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 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 детали 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. Используют шкаф для воздушно-влажного хранения и ванну для водного хранения. Для определения прочности при изгибе применяют машины для определения прочности материалов при сжатии MATEST модель E160.

Подготовка и проведение испытания.

1. Подготовка форм: для этого следует очистить форму, смазать маслом. Герметизировать пластилином места соединений деталей формы. Проверить герметичность формы, наполнив её водой.

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

3. Форму с раствором помешают 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 сут. 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 должны храниться в один ряд на расстоянии не менее 1 см один от другого, уровень воды должен перекрывать поверхность образцов не менее чем на 2 см.

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

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

8. Предел прочности при изгибе рассчитывается, как среднеарифметическое из трех значений. Расчет ведется до второй значащей цифры.

Глава 3. Результаты экспериментальных исследований

Раздел не подлежит публикации в связи с научной новизной.

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. SWOT-анализ

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (табл. 1).

Таблица 1

Матрица SWOT

	Сильные стороны	Слабые стороны
	научно-исследовательского проекта:	научно-исследовательского проекта:
	<p>C1. Наличие бюджетного финансирования;</p> <p>C2. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих;</p> <p>C3. Использование оборудования OFITE;</p> <p>C4. Определение возможных рецептур тампонажного раствора до его производства;</p> <p>C5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Сл1. Использование некоторых упрощений при осуществлении испытаний;</p> <p>Сл2. Оценка влияния только нескольких параметров тампонажного раствора;</p> <p>Сл3. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов;</p> <p>Сл4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с результатами исследования;</p> <p>Сл5. Возможные</p>

		ошибки в расчетной части программного комплекса.
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>В2. Сотрудничество с предприятием-изготовителем добавок для облегченного цемента;</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на исследование;</p> <p>В4. Получение гранта для дальнейших исследований;</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных исследований.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на данные исследования;</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий;</p> <p>У3. Снижение бюджета на исследование;</p> <p>У4. Неточность расчетов в ходе проведения испытаний</p>		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 2, табл. 3, табл. 4, табл. 5.

Таблица 2

Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	0	-	-	0	+
	B2	-	-	0	+	+
	B3	-	-	+	0	0
	B4	-	-	0	+	+
	B5	-	+	+	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C5, B2C4C5, B3C3, B4C4C5, B5C2C3.

Таблица 3

Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	0	-	-	-
	B2	-	-	-	-	-
	B3	-	+	0	-	-
	B4	-	-	+	-	-
	B5	-	-	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: В3Сл2, В4Сл3.

Таблица 4

Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	0	0	-	-	+
	У3	-	+	+	-	-
	У4	-	-	+	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2С5, У3С2С3, У4С3.

Таблица 5

Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	+	+	-	+
	У2	+	0	-	-	+
	У3	+	-	-	-	0
	У4	+	+	+	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл1Сл2Сл3Сл5, У2Сл1Сл2Сл5, У3Сл1Сл2Сл3Сл5, У4Сл1Сл2Сл3Сл5.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (табл. 6).

Таблица 6

SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-	Слабые стороны научно-

	<p>исследовательского проекта:</p> <p>C1. Наличие бюджетного финансирования;</p> <p>C2. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих;</p> <p>C3. Использование комплекса оборудования OFITE;</p> <p>C4. Определение возможных рецептур тампонажного раствора до его производства;</p> <p>C5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Использование некоторых упрощений при осуществлении испытаний;</p> <p>Сл2. Оценка влияния только нескольких параметров тампонажного раствора;</p> <p>Сл3. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов;</p> <p>Сл4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с результатами исследования;</p> <p>Сл5. Возможные ошибки в расчетной части программного комплекса.</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>V2. Сотрудничество с предприятием-изготовителем добавок для облегченного цемента;</p> <p>V3. Появление дополнительного спроса на исследуемый продукт;</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <p>V1C5 – для исследования проекта необходимы лаборатории ТПУ, допуск к которым имеет квалифицированный персонал;</p> <p>V2C4C5 –</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <p>V3Сл2 – возможно появление дополнительного спроса на исследование в случае практического подтверждения полученных результатов;</p> <p>V4Сл3 – в случае</p>

<p>В4. Получение гранта для дальнейших исследований;</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных исследований.</p>	<p>исследования, проводимые для определения напряжений в тампонажных цементах, должны быть интересны для предприятия с целью развития более совершенной продукции; квалифицированный персонал является гарантом качества выполняемых работ;</p> <p>В3С3 – появление дополнительного спроса к исследованию вследствие использования оборудования фирмы OFITE;</p> <p>В4С4С5 – получение гранта связано с актуальностью решаемой проблемы при участии квалифицированного персонала;</p> <p>В5С2С3 – удорожание проектов конкурентов, вследствие того, что нам не надо производить закупки материалов, т.к. проводим исследования с помощью своих ресурсов.</p>	<p>решения актуальных задач возможно получение гранта для дальнейшего развития проекта.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на данные</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые</p>

<p>исследования;</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий;</p> <p>У3. Снижение бюджета на исследование;</p> <p>У4. Неточность расчетов в ходе испытаний.</p>	<p>стороны и угрозы»:</p> <p>У2С5 – возможно развитие конкурентных разработок, если при их создании участвует квалифицированный персонал;</p> <p>У3С2С3 – возможно урезание бюджета, т.к. в основном смета затрат состоит из начисления зарплаты ввиду отсутствия необходимости закупки оборудования и материалов для исследования;</p> <p>У4С3 – существует вероятность появления погрешностей в расчетах, т.к. при исследовании используется не практические испытания, а моделирование процессов воздействия на тампонажный цемент на базе оборудования OFITE</p>	<p>стороны и угрозы»:</p> <p>У1Сл1Сл2Сл3Сл5 – возможно отсутствие спроса на данное исследование вследствие: применения некоторых упрощений при моделировании, учета только нескольких видов нагрузки, наличия некоторых погрешностей при отсутствии возможности проверки результатов;</p> <p>У2Сл1Сл5 – возможно развитие конкурентных исследований вследствие осуществления более точных расчетов при минимальных упрощениях в проекте;</p> <p>У3Сл1 – есть вероятность урезания финансирования в случае проведения не полного исследования с использованием упрощений;</p> <p>У4Сл1Сл2Сл3Сл5 – на неточность результатов исследования напрямую влияют вводимые упрощения, учет не полного спектра факторов, воздействующих на цемент в реальных условиях;</p>
--	--	---

		наличие программных ошибок в сочетании с отсутствием практических опытов могут допустить наличие неточных расчетов при исследовании.
--	--	--

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 7.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания		Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований		Выбор направления исследований	Руководитель

		Подбор и изучение литературы по теме	Дипломник
		Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования		Подбор рецептур облегченных тампонажных растворов и проведение исследования	Дипломник
		Проведение исследований на прочность, нагрузку, усадку и т.д	Дипломник
Обобщение и оценка результатов		Оценка результатов исследования	Руководитель, дипломник
Оформления отчета по исследовательской работе		Составление пояснительной записки	Руководитель, дипломник

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (x)$$

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

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

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

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (\text{x})$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в табл. 8.

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	min, чел-дни	max, чел-дни	ож, чел-дни			
	сп. 1	сп. 1	сп. 1			
Составление и утверждение технического задания	1	4	,2	Р уков.	3	5
Выбор направления исследования	6	9	,2	Р уков.	7	11
Подбор и изучение литературы по теме	0	4	1,6	Д ипл.	12	18
Календарное планирование работ по теме	2	4	,8	Р уков. дипл.	2	3

Поиск необходимых рецептур для проведения испытаний облегченными тампонажными растворами	7	4	1,8	9	Д ипл.	10	15
Проведение исследований выбранных рецептур на изгиб, прочностные характеристики, усадку и т.д.	0	1	4,4	1	Д ипл.	15	23
Оценка результатов исследования	7	9	,8	7	Р уков. дипл.	4	6
Составление пояснительной записки	7	4	,8	9	Р уков. дипл.	5	8

На основе таблицы 8 строим план график

Таблица 9 – Календарный план график проведения НИР по теме

№	Вид работ	Исполнители	к, кал. дни	Продолжительность выполнения работ												
				Фев.			Март			Апрель			Май			
				ев.			рт			ель			й			
	Составление и утверждение технического задания	Руковод.		■												
	Выбор направления исследования	Р. уков.	1		■											
	Подбор и изучение литературы по теме	Дипл.	8			□										
	Календарное планирование работ по теме	Руковод. дипл.														

	Поиск необходимых параметров для построения модели и проведения процесса симуляции	Дипл.	5											
	Построение модели лопатки осевого компрессора и проведение исследования	Дипл.	3											
	Оценка результатов исследования	Р уков. дипл												
	Составление пояснительной записки	Ру ков. дипл												

 - руководитель,
  - дипломник.

4.3. Бюджет научно-технического исследования

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Затраты на специальное оборудование и материальные затраты отсутствуют, поскольку настоящее исследование не требует покупки сырья и материалов, оборудования, запасных частей.

4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы

включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Расчет основной заработной платы сведен в табл. 10.

Таблица 10 – Расчет основной заработной платы

п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.
	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2,2	0,93	2,05
	Выбор направления исследования	Руководитель	7,2	0,93	6,70
	Подбор и изучение литературы по теме	Дипломник	11,6	0,23	2,67
	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дипломник	2,8	1,16	3,25
	Поиск необходимых параметров для построения модели и проведения процесса симуляции	Дипломник	9,8	0,23	2,25

Построение модели лопатки осевого компрессора и проведение исследования	Дипломник	14,4	0,23	3,31
Оценка результатов исследования	Руководитель, дипломник	7,8	1,16	9,05
Составление пояснительной записки	Руководитель, дипломник	9,8	1,16	11,37
Итого				40,65

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (\text{x})$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}}, \quad (\text{x})$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}, \quad (\text{x})$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица X – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные - праздничные	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p, \quad (x)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $Z_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица X – расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, тыс.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , тыс.	F_d , тыс.	$Z_{осн}$, тыс.

	руб.				руб.	руб.	дн.	руб.
Руководитель	2 3,264	,3	,3	,3	4 8,39	2 ,53	1	5 3,13
Дипломник	5 ,707			,3	7 ,42	0 ,34	8	1 6,32
Итого З _{осн}								6 9,45

4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица X – отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
	Исп. 1	
Руководитель	53,13	6,38
Дипломник	16,32	1,96
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	

Итого	
Исполнение 1	21,08

4.3.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица X – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	69450	
2. Отчисления во внебюджетные фонды	21080	
3. Накладные расходы	14484,8	16% от суммы 1-2
4. Бюджет затрат НТИ	105014,8	Сумма а ст. 1-3

Глава 5. Социальная ответственность

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена исследованию воздухововлекающих добавок в облегченных тампонажных растворах. В связи с этим данный раздел магистерской диссертации посвящен анализу возможных опасных и вредных факторов при работе с добавками в лабораторных условиях.

В качестве персонала рассматривается лаборант, рабочим местом которого является лаборатория тампонажных растворов.

В обязанности лаборанта входит выполнение лабораторных испытаний и измерений при проведении исследования. Он также участвует в сборе и обработке материалов в процессе исследования в соответствии с утвержденной методикой работы. Лаборант подготавливает приборы и аппаратуру к проведению экспериментов, осуществляет его проверку и регулировку согласно разработанным инструкциям. Участвует в выполнении экспериментов, осуществляет необходимые вспомогательные операции, проводит наблюдения, снимает показания приборов, ведет рабочий журнал. Лаборант обрабатывает, систематизирует и оформляет в соответствии с рекомендациями научного руководителя результаты анализов, испытаний, измерений, ведет их учет.

В качестве исследуемых веществ приняты следующие добавки в облегченный тампонажный раствор: Бентонитовая глина, АСПМ (алюмосиликатная микросфера), ОМД (облегченная минеральная добавка), вермикулит, биокремнезём, микрокремнезём в разных соотношениях. Основной целью раздела является рассмотрение оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

5.1. Производственная безопасность

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

Поскольку объектом исследования является изучение воздухововлекающих добавок, которые предполагают работу с веществами возле скважины, то согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные факторы производства» можно выделить следующие *вредные и опасные факторы* производственной среды:

- по природе действия это будут факторы раздражающего действия.

При проведении замешивания добавок с тампонажным портландцементом из-за большой насыпной плотности добавок возможно раздражение слизистых и кожных покровов при попадании добавок на открытые участки тела оператора.

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

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные факторы производства» можно выделить следующие *вредные факторы* производственной среды при работе в лаборатории:

- пониженная влажность воздуха;
- отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная температура поверхности оборудования.

Лаборатория является оборудованным помещением для проведения исследований опытным путем. Для этого имеется различное оборудование, в том числе и нагревательного действия, которое в совокупности с работой системы центрального отопления в зимний период времени может привести к пониженной влажности воздуха. Также это самое нагревательное оборудование (например, плитка) может привести к ожогу при несоблюдении техники безопасности.

Нерациональная расстановка рабочих столов может привести к тому, что в рабочей зоне будет пониженная естественная освещенность, что будет приводить к перенапряженности глаз. Также негативно скажется и недостаточное количество источников искусственного освещения рабочего места лаборанта.

Лаборатория тампонажных растворов предполагает работу с различными реагентами и химическими веществами, которые при проведении опытов могут привести к интенсивному газообразованию в результате химических реакций, что приведет к загазованности воздуха на рабочем месте и в лаборатории.

К опасным факторам относятся:

- токсические;
- раздражающие.

Концентрированные пары и газы химикатов могут привести к токсическому отравлению лаборанта. Также едкие химические вещества вполне могут привести к раздражению кожных покровов, слизистой и даже к химическому ожогу.

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

Непосредственно в лаборатории необходимо проводить контроль параметров микроклимата помещения, влажности воздуха в частности, и сверять полученные значения с нормативными, изложенными в СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». При пониженном значении влажности воздуха по отношению к нормативному значению в лаборатории можно установить увлажнитель воздуха для создания благоприятных условий работы лаборанта.

Значения естественного и искусственного освещений необходимо довести до регламентных значений согласно СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение». Так как в лаборатории окна находятся только на одной стороне, то в помещении необходимо произвести планировку мебели

таким образом, чтобы ни один из элементов лабораторной мебели не создавал тень для любой из рабочих зон. Также важным является оборудование рабочих зон осветительным оборудованием для создания благоприятного и достаточного освещения.

Исследования в лаборатории предполагают работу с химическими реагентами, кислотами, пары которых могут привести к отравлению работников лаборатории. Также высока вероятность выделения газов в результате химических реакций химикатов, которые через дыхательные пути могут попасть в организм человека и нанести ему вред. В качестве коллективных средств защиты необходимо лабораторию оборудовать шкафом с принудительной приточно-вытяжной вентиляцией согласно СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Для предотвращения получения химических ожогов и раздражения кожных покровов согласно ГОСТ 12.4.011-89 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» всех работников лаборатории при проведении экспериментов необходимо обеспечить индивидуальными средствами защиты такими, как халат, резиновые перчатки, защитные очки, респираторы. Вытяжной шкаф, где планируется выполнение смешения химических веществ, должен быть оборудован прозрачным защитным экраном для защиты лица лаборанта в случае возможной бурной химической реакции.

5.2. Экологическая безопасность

5.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Сам процесс исследования воздухововлекающих добавок предполагает применение химических реагентов, которые закачиваются в скважину в виде тампонажного раствора для достижения целевой точки – затрубного пространства. В случае некачественно проведенных подготовительных работ возможен просып добавок возле тампонажной техники, недалеко от скважины. В данном случае под воздействием на литосферу будет пониматься покрытие цементной пылью растений, травы, что приведет к пониженному

проникновению солнечных лучей. Процесс фотосинтеза не происходит и растение в скором времени погибает. Попавшее в воду большое количество цемента вызывает кратковременное локальное увеличение щелочности воды.

5.2.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Как и любые отходы промышленности, отходы лабораторных исследований могут оказывать значительное негативное влияние на все компоненты природной среды – биосферу, атмосферу, гидросферу и литосферу. Под воздействием отходов загрязняются воздух, вода, почва, разрушаются и гибнут флора и фауна. При этом в природе возникают не свойственные ей негативные явления. Примерами могут служить кислотные осадки в атмосфере, возникающий парниковый эффект, разрушение озонового слоя, нарушение кислотности почв и другие явления. Все это значительно снижает качество окружающей среды и негативно влияет на здоровье населения.

Воздействие на атмосферу происходит при вытягивании испарений через вытяжную вентиляцию. Однако стоит отметить, что объемы реагентов, применяемых при одном эксперименте, не генерируют большое количество вредных газов/ аэрозолей по сравнению, например, с промышленным предприятием.

На гидросферу воздействие уже значительнее, поскольку весь объем реагентов утилизируется через систему промышленных стоков. И при ненадлежащей обработке данных стоков возможно попадание химикатов в водную систему жилой местности (города), что вызовет отравление человека.

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

5.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

При выполнении опытов следует соблюдать инструкции и правила техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, разработанные для данной лаборатории.

Поскольку концентрации генерируемых газов не большие, то достаточным методом защиты атмосферного воздуха будет рассеивание очищенных газов в атмосферном воздухе. Для очистки от возможных механических примесей можно применить аппараты мокрой очистки такие, как туманоуловители, абсорберы и другие. Вполне достаточным будет использование фильтра в канале вытяжной вентиляции.

Для защиты гидросферы в данной случае необходимо применение ступеней очистки с физико-химическими методами очистки и химическими. При физико-химической обработке сточных вод обычно применяется флотация, адсорбция, ионный обмен и др. Флотация применяется для очистки вод от ПАВ. Абсорбционная технология с применением активированных углей позволяет получать остаточные концентрации основных загрязняющих веществ ниже нормативных значений. Химические методы подразумевают нейтрализацию сточных вод, которая обеспечивается смешением кислых и щелочных стоков, а также добавлением специальных реагентов. При этом необходимо довести рН сточных вод до значения 6,5-8,5.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования

Как таковой процесс цементирования скважин не может вызвать какие-либо чрезвычайные ситуации, поскольку процесс схватывания цемента происходит глубоко под землей.

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

К возможным ЧС в лаборатории можно отнести пожар. Данная ситуация может возникнуть в случае короткого замыкания электропроводки либо при

неисправности электроприборов. Также может повлиять и нагревательная плитка, применяемая при исследованиях. При ненадлежащем надзоре включенная плитка может привести к возгоранию любого материала, который поддается горению.

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

Для предупреждения проявления вышеописанной чрезвычайной ситуации необходимы периодические проверки состояния электропроводки лаборатории. Также необходимо не допускать перегрузку сети при подключении нескольких мощных электроприборов к одному питающему кабелю. При работе с нагревательной плиткой, например, нагрев раствора в течение 1 часа, необходимо не оставлять нагревательный прибор без присмотра. Также применять только термостойкую посуду для нагрева во избежание ее лопания при нагреве.

Лаборатория должна быть оборудована такими противопожарными средствами, как огнетушители. Обязательно наличие противопожарной сигнализации, которая при срабатывании осуществит оперативное оповещение людей в здании о необходимости эвакуации. Обязательно наличие плана эвакуации с указателями путей эвакуации. Должен быть разработан план реагирования на инциденты с возгоранием в лаборатории, в том числе четкое распределение ролей и ответственности для всех сотрудников на случай такой чрезвычайной ситуации.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

На должность лаборанта назначается лицо, имеющее среднее профессиональное образование без предъявления требований к стажу работы или начальное профессиональное образование и стаж работы по специальности не менее 2 лет. Назначение на должность и освобождение от нее производится приказом директора предприятия

Работа по договору выполняется в свободное от основной работы время на условиях внутреннего совместительства (или: внешнего совместительства).

Местом работы работника является лаборатория тампонажных растворов.

Труд лаборанта по договору осуществляется в нормальных условиях. Трудовые обязанности Работника не связаны с выполнением тяжелых работ, работ в местностях с особыми климатическими условиями, работ с вредными, опасными и иными особыми условиями труда.

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

Он также обязуется не разглашать охраняемую законом тайну (служебную, коммерческую, иную) и конфиденциальную информацию, обладателями которой являются Работодатель.

Работник имеет право на:

- изменение и расторжение договора в порядке и на условиях, которые установлены Трудовым кодексом РФ, иными федеральными законами;
- предоставление ему работы, обусловленной договором;
- рабочее место, соответствующее государственным нормативным требованиям охраны труда и условиям, предусмотренным коллективным договором (при наличии);
- бесплатное обеспечение специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты в соответствии с установленными нормами;
- своевременную и в полном объеме выплату заработной платы в соответствии со своей квалификацией, сложностью труда, количеством и качеством выполненной работы;
- отдых, обеспечиваемый установлением нормальной продолжительности рабочего времени, сокращенного рабочего времени для отдельных профессий и категорий работников, предоставлением еженедельных

выходных дней, нерабочих праздничных дней, оплачиваемых ежегодных отпусков;

- полную достоверную информацию об условиях труда и требованиях охраны труда на рабочем месте;

- профессиональную подготовку, переподготовку и повышение своей квалификации в порядке, установленном Трудовым кодексом РФ, иными федеральными законами;

- объединение, включая право на создание профессиональных союзов и вступление в них для защиты своих трудовых прав, свобод и законных интересов;

- участие в управлении организацией в предусмотренных Трудовым кодексом РФ, иными федеральными законами и коллективным договором (при наличии) формах;

- ведение коллективных переговоров и заключение коллективных договоров и соглашений через своих представителей, а также на информацию о выполнении коллективного договора (при наличии), соглашений;

- защиту своих трудовых прав, свобод и законных интересов всеми не запрещенными законом способами;

- разрешение индивидуальных и коллективных трудовых споров, включая право на забастовку, в порядке, установленном Трудовым кодексом РФ, иными федеральными законами;

- возмещение вреда, причиненного ему в связи с исполнением трудовых обязанностей, и компенсацию морального вреда в порядке, установленном Трудовым кодексом РФ, иными федеральными законами;

- обязательное социальное страхование в случаях, предусмотренных федеральными законами.

5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Согласно ГОСТ 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования» уровни физических и химических опасных и вредных производственных факторов, генерируемых производственным оборудованием в рабочую зону, а также воздействующих на работающего при непосредственном контакте с элементами конструкции, должны соответствовать требованиям безопасности, установленным нормативно-технической документацией, утвержденной в установленном порядке.

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

Заключение

В работе изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований облегченных тампонажных растворов с использованием воздухововлекающих добавок, а именно с применением облегченной минеральной добавки. В процессе проведения работы были приведены подбор рецептуры облегченных тампонажных растворов на ОМД с целевой плотностью, исследование её свойств и свойств цементных камней, получаемых из неё, также проведено изучение влияния добавки, понижающей 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 применение легких и облегченных тампонажных растворов;
- в настоящее время среди воздухововлекающих добавок наибольший интерес представляет ОМД. Использование ОМД позволяет получить облегченные тампонажные растворы, обладающие более низкой плотностью и меньшей водопотребностью по сравнению с традиционными облегчающими добавками;
- облегченные тампонажные растворы с ОМД 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 ОМД способствует 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 остаются высокими. Облегченные тампонажные растворы на основе ОМД с добавкой гидроксилэтилцеллюлозы обладают пониженной водоотдачей, повышенной прочностью и трещиностойкостью, в дальнейшем возможно их практическое изменение.

В будущем планируется подбор рецептуры облегченных тампонажных растворов с использованием ОМД, исследование их свойств, 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, идентичным 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.

Приложение В
(справочное)

Cementing slurry

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Афиян Владимир Юрьевич		

Руководитель ВКР Минаев Константин Модестович

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Минаев Константин Мадестович	канд. хим. наук,		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Стрельникова Анна Борисовна	канд. филол. наук		

1.CEMENTING TECHNOLOGIES

There are two basic kinds of activities in cementing, namely, primary and secondary cementing. Primary cementing fixes the steel casing to the surrounding formation, and secondary cementing is for filling formations, sealing, water shutoff, etc.

1.1Primary Cementing

The main purposes of primary cementing are:

- Supporting vertical and radial loads to the casing,
- Isolating porous formations,
- Sealing subsurface fluid streams, and
- Protecting the casing from corrosion.

1.2Secondary Cementing

Secondary cementing refers to cementing operations that are intended to use cement in maintaining or improving the operation of the well. Two general cementing operations belong to this class, namely squeeze cementing and plug cementing.

1.3Squeeze Cementing

Squeeze cementing is used for the following purposes:

- Repairing a faulty primary cementing operation,
- Stopping intolerable loss of circulation fluid during drilling operations,
- Sealing abandoned or depleted formations,
- Repairing leaks of the casing, and
- Isolating a production zone by sealing adjacent unproductive zones

The slurry used in these operations should be designed to allow the fluid loss of the formation to be squeezed into the respective formation. Low-permeability formations can have a formulation of the slurry with an American Petroleum Institute (API) fluid loss (API RP 13B-1, 1997) of 200–400 ml h⁻¹, whereas high-permeability formations require slurry with 100–200 ml h⁻¹ water loss. A high-pressure squeeze operation with a short duration requires an accelerator.

Thick slurries will not fill a narrow channel well, so squeeze cement slurries should be rather thin. Dispersants should be added for this reason. High compressive strength is not necessary for these types of slurries.

1.4 Plug Cementing

Plug cementing is used for plugging abandoned wells for environmental reasons. A kick-off plug is used to plug off a section of the borehole. The plug uses a hard surface to assist the kick-off procedure. Plug cementing is also used in drilling operations if extensive circulation loss is encountered. The plug is set in the region of the thief zone and pierced again with the bit. It is often necessary to shut off water flows in open-hole completion operations and in production. Additional cementation methods are used to provide an anchor for testing tools or for other maintenance operations.

2. BASIC COMPOSITION OF PORTLAND CEMENT

Cement is made from calcareous and argillaceous rock obtained from quarries. Thus from the chemical viewpoint, the main components are carbonates and silicates. The raw materials used for cement are given in Tables 2.1 and 2.2.

Table 2.1 Raw Calcareous Materials	
Material	Remarks
Limestone	CaCO ₃ , sedimentary rock

	formed by the accumulation of shells or corals
Cement rock	Sedimentary rock with composition similar to industrial cement
Chalk	Soft limestone
Marl	Loose deposit consisting mainly of CaCO ₃
Alkali waste	Obtained from chemical plants

Table 2.2 Raw Argillaceous Materials	
Material	Remarks
Clay	Hydrous aluminum silicates
Shale	Consists of clay, mud, and silt, mainly aluminum silicates
Slate	Dense fine-grained rock containing mainly clay
Ash	Contains silicates; secondary product

3.Manufacturing

3.1Grinding and Mixing

There are two processes for manufacturing cements: the dry process and the wet process. The dry process is cheaper than the wet process, but in practice more difficult to control. Limestone and clay materials are crushed, either dry or in water slurry, and stored in separate containers. The composition is analyzed and the contents are blended according to the result of the analysis to achieve the desired

properties. Blends obtained from the wet process must be dried to some extent. The blend is ground to a mesh size of 100–200 (i.e., 0.15–0.07 mm)

3.2 Burning

The blends are heated in a long rotary kiln. In the first stage of heating, free water evaporates at temperatures exceeding 900°C. Calcium carbonate caustifies to calcium oxide (CaO), which starts reacting with aluminum silicates and the materials liquify. Heating continues to a final temperature of 1500°C. When the material is cooled it forms irregular-shaped solids called clinkers. Small amounts of gypsum (1–3%) are added to these clinkers to prevent flash setting and control the basicity, which is due to CaO. A commercial product is actually a blend of different cements to produce a more constant quality. A typical chemical composition of Portland cement is given in Table 3.1.

Compound	%
CaO	60-69
SiO ₂	18-24
Al ₂ O ₃ +TiO ₂	4-8
Fe ₂ O ₃	1-8
MgO	<5
K ₂ O, Na ₂ O	<2
SO ₃	<3

Active Components in Cements There are four active chemical compounds in cement formulations, given in Table 3.2.

Component	Formula	Remarks
Tricalcium aluminate	3CaO×Al ₂ O ₃	Hydrates quickly, responsible for strength of cement in early stage;

		setting time can be controlled by addition of gypsum
Tricalcium silicate	$3\text{CaO}\times\text{SiO}_2$	Responsible for strength in all stages
Dicalcium silicate	$2\text{CaO}\times\text{SiO}_2$	Responsible for final strength
Tetracalcium aluminoferrite	$4\text{CaO}\times\text{Al}_2\text{O}_3$ $3 \times\text{Fe}_2\text{O}_3$	Little effect on physical properties

3.3 Mixing with Additives

The cement usually is mixed in the dry state with a wide variety of additives, depending on the application of the cement. These include accelerators, retarders, dispersants, extenders, weighting agents, gels, foamers, and fluid loss additives.

4. Important Properties of Cement Slurries and Set Cement

In cementing operations and applications, several properties are needed for proper use, which are given in brief in the following sections.

4.1 Specific Weight

Specific weight is one of the most important properties of a cement slurry. The specific weight of a certain dry cement regulates the minimum or maximum amount of water that can be added. The minimum amount of water for proper density selection is greater than the stoichiometric quantity necessary for proper adjustment. If more than the maximum amount of water is used, pockets of free water will be formed in the set cement column. Typical amounts of water range from 38–46% in the final mixture.

4.2 Thickening Time

The thickening time covers the time over which the cement can be manipulated after mixing with water. It is similar to pot lifetime in thermoset resins. Viscosity increases with time after this point, because of the setting reaction. When the viscosity becomes too great, the slurry is no longer pumpable. It is, therefore, necessary to place the cement within a certain time after mixing, otherwise, serious damage to the well could occur. An accurate knowledge of the time needed for the operation is necessary, taking the following factors into consideration:

- Mixing time,
- Displacing time (to bring down),
- Plug release time, and
- Safety time.

In general, the thickening time decreases with increasing temperature, hence it is important that the temperature conditions in the well are known.

4.3 Strength of the Set Cement

The strength of a cement usually refers to its compressive strength. In general, the rate of setting increases with increasing temperature and pressure.

5. SPECIAL CEMENT TYPES

5.1 Resin Cement

Resin or polymer cements have been reviewed by (Chandra et al., 1996). They are materials made by replacing the cement at least partly with polymers. Cements can be modified by latex, dispersions, polymer powders, watersoluble polymers, liquid resins, and monomers. When the polymer is used in small amounts, it modifies only the pore structure and does not behave like a binder. The addition of polymer

changes the properties of the set cement. The water-to-cement ratio is reduced as the polymer-to-cement ratio increases. This influences the mechanical properties, as indicated in Table 5.1.

TABLE 5.1 Properties of Polymer Cement in Comparison with Conventional Cement		
Property	Change	Remarks
Abrasion resistance	++	
Impact resistance	+	
Tensile strength	+	
Flexural strength	+	Depends on curing methods
Compressive strength	0	
Gas migration	-	Porous structures remain, but a change in interfacial tension (IFT) occurs
Chemical resistance	+	
Acid, alkali, salt	++	Pure epoxide, furan, and acrylic cements
Organics, alkali	-	Pure polyester
Pore volume	-	
Freeze-thaw resistance	+	Pure polymer cements absorb essentially no water

	+) Better	
	-) Worse	
	0) No change in comparison with conventional cement	

5.2 Oil-based Cement

To prepare an oil-based cement, the cement is suspended in hydrocarbons instead of water. In this organic environment, no setting takes place and the cement particles remain fine, so they may penetrate into small pores. Setting starts when the cement particles come in contact with water, which takes place in the formation. Oil-based cements are mainly used as plugging and squeeze cements. Cements with small particle size have found a number of uses in production and injection well casing repair jobs. They are particularly useful for water shutoff jobs, because the hydrocarbon slurry sets only in the presence of water, so the oil producing sections of a reservoir remain relatively damage-free after water shutoff. Selective water shutoff with oil-based cement also has been used with polymers crosslinked by metal crosslinkers.

5.3 High-temperature Cement

High-temperature cement formulations are basically polymer concrete, consisting mainly of unsaturated polyesters or vinyl ester resins with allylphthalate as vinyl monomer. Curing is achieved with peroxides, which decompose sufficiently fast at temperatures between 120°C and 200°C. Polymer concrete requires additional materials to compensate for the shrinkage.

Highly filled polymer composites, such as polymer concrete, suffer from setting stresses that are generated during the cure of the resin binder, when the polymerization shrinkage is hindered by the close packing of a filler and by aggregate particles. These stresses significantly decrease the strength of the cured composite.

Producing zero-shrinkage with strength enhancement can be achieved by dispersing small amounts of hydrated montmorillonite into the resin. Montmorillonite was found to be effective with three different resin binders: polyesters, epoxies, and acrylics. A mineral-resin interaction mechanism has been suggested. The organic molecules replace some of the ordered hydration water that is released by the mineral at the temperatures generated by the exothermic polymerization reaction. A binder used for plugging hot drill holes contains mainly phosphoric slag, trisodium phosphate, and NaOH.

5.4 Low-temperature Cement

A particular challenge in cementing is the development of compressive strength in a cement slurry within a reasonable time period at low temperatures. Cement blends, such as Portland or ultra-fine cement blends, have been used together with accelerators in order to obtain rapid setting of the cement and the development of sufficient compressive strength. Special formulations have been developed for cementing operations in arctic regions or for deep water applications.

At low temperatures, i.e., less than 25°C, an excessive amount of accelerator is needed to achieve the desired behavior of setting, which may result in cement compositions that rapidly form viscous gels with a premature loss of pumpability.

Alternative formulations have been developed that do not suffer from these drawbacks. These compositions are based on magnesium oxide. Light-burned or caustic magnesia is produced by calcining at temperatures ranging from 700–1000°C. Light-burned magnesia is characterized by a high surface area, a low crystallinity, and a high degree of reactivity in comparison to other grades of burned MgO.

The thickening time may be adjusted by the addition of an inhibitor, such as sodium hexametaphosphate, so that the composition remains pumpable during downhole placement.

In low temperature formations, where the cement is subjected to freeze–thaw cycling, freezing point depressants must be added. Salts may serve as such, but

traditional organic freezing point depressants, such as ethylene glycol, may also be added.

In the case of epoxide cements at temperatures lower than 20°C, the viscosity increases so much that pumping becomes difficult. Small amounts of aromatic solvents reduce the viscosity satisfactorily. Ethylene glycol butyl ether also changes the IFT so that the polymer may penetrate into hairline cracks and fine capillaries. This is advantageous in preventing liquid or gas migration.

5.5 High-alumina Cement

High-alumina cement is a rapid-hardening cement made from bauxite and limestone. It is comparatively resistant to chemical attack. Milling retards the setting of aluminous cement. On the other hand, setting accelerators such as lithium carbonate compensate for milling. Compositions of high-alumina cement containing quartz or glass, calcium carbonate, microsilica, carbon black, iron oxide red mud or screened fly ash, and styrene-butadiene latex have been described.

5.6 Magnesian Cement

Innovations in cementing technology have made it possible to place a cement slurry across a given area, establish the desired seal, and subsequently remove the blockage by completely dissolving the cement using common oil field acids. This type of cement is referred to as magnesian cement or magnesium oxychloride cement.

Magnesian cement is completely soluble in hydrochloric acid. Retarded acid-soluble well cements contain magnesium oxide, magnesium chloride, additional borate, and sucrose as a set retarder. Low density compositions are foamed with appropriate amounts of gas.

5.7 Fiber Cement

Fiber-containing cement was initially developed as a high-strength material that could be used to line a borehole. Several relatively simple and cheap spin-off applications have been identified, such as its use in cement plugs for borehole stabilization and as a lost circulation material. Several companies are already applying or offering fiber cement for these purposes in the field, in both organic fibers and metal fibers.

The benefits of carbon fiber technology have been demonstrated in the building industry, but have not been investigated for improving set cements in gas and oil wells. A great potential exists for a technological breakthrough in difficult cementing operations. A fourfold increase in toughness and a 50% increase in compressive strength can be obtained through the addition of carbon fiber. Carbon fibers are, however, very expensive, so their benefits may be jeopardized by the high price.

Carbon fiber oxidized by a hot NaOH solution appears to have a potential for use as reinforcement in high-temperature cementitious material systems. It has been found that active carboxylic acid and sodium carboxylate functional groups introduced on the fiber surfaces by extensive oxidation react preferentially with Ca^{2+} ions released from cement in a hydrothermal environment at 300°C . This interfacial interaction leads to a linkage between the fiber and the cement matrix, thereby enhancing the bond strength.

Fibers may also have disadvantages. An increase in the number of fibers in the cement leads to an increase in its porosity and permeability, resulting in a decrease in compressive strength. During the acid treatment of the formation, the fibers in the cement can be easily dislodged and extracted from cracks as smooth flakes, leaving pore spaces.

5.8 Acid Gas Resistant Cement

High rate acid gas injection wells pose a significant challenge for the design of cementing systems. The resistance of Portland cement to carbon dioxide is a significant problem. A CO₂-resistant Portland system has been developed by limiting the cement concentration and reducing the total system permeability by use of specialty sized particles.

5.9 Permeable Cement

For the majority of oil well applications it is desirable for the cement to have a very low permeability, but there are some applications in which permeable cements are considered as useful. Typically, such applications are those in which only mechanical support to the formation or the casing is needed, i.e., for poorly consolidated producing zones that require stabilization. Such permeable cement compositions contain a hollow particulate material, such as microspheres, which allow the formation of a permeable structure. High contents of foam that can make the slurry difficult to place are avoided.

Microspheres are typically formed from aluminosilicate or other glasslike materials. They break down in the cement during setting due to chemical reactions and thermal instability, which imparts porosity to the material. A typical material has hollow spheres of average sizes around 50–350 μ .

5.10 Salt-water Stable Latex Cement

Cement slurries containing a latex emulsion may coagulate when contacted with a salt solution, so forming a gelled mixture that is no longer useful as a cement sealant. However, special formulations of cement slurries have been developed that are stable to salt water.

In these formulations the latex must be premixed with a stabilizer until a homogenous solution is formed, after which it can be safely contacted with salt water. Suitable latex stabilizers are ethoxylated nonyl phenol and oligo ethoxylated iso-dodecyl alcohol ether sulfate, which are actually surfactants.

6.CLASSIFICATION OF CEMENT ADDITIVES

Cement additives have been classified into six categories. In fact, this classification is crude. The World Oil Cementing Supplements regularly review commercially available cementing additives in certain World Oil issues. . In these publications comprehensive listings of cementing products and additives available from major suppliers can be found, grouped into functional categories as shown in Table 6.1.

TABLE 6.1 Classification of Cement Additives
Additives for Cementing
Basic cements
Accelerators and salts
Extenders and density-reducing additives
Silica to reduce or prevent high-temperature strength retrogression
Dispersants
Bond improving and expanding agents
Retarders
Fluid loss additives
Antigas migration agents
Antifoam and defoaming agents
Additives and mixtures to reduce or prevent lost circulation
Density-increasing or weighting agents
Free water control and solid suspending agents
Spacers and chemical washes or preflushes

Specialty cement blends
Air-entraining additives

Commercially available products can also be readily found on the World Wide Web. Individual compounds may emerge in more than one of the categories listed in Table 6.1, for example, rubber particles reduce the density of the slurry and are suitable as lost circulation additives.

Fluid loss refers to the filtration of certain components of the fluid into the formation. Lost circulation is the total material lost into high-permeability thief zones. Table 6.2 gives a summary of additives to control special problems

Purpose	Action or Agents
Gel strength additives	Preparation of spacers
Permeability control	Silica flour, gas bubble-producing additives
Corrosion control	Various nitrogen compounds, polyoxylated amines, amides, and imidazolines
Radioactive traces	Helpful in finding the region of actual placement of the cement
Bactericides	Paraformaldehyde, sodium chromate
Strength increasers	Nylon, metal fibers
Defoamers	Controlled inclusion of air during mixing
Encapsulation	Controlled release of various additives

7. Light-weight Cement

Adding low-density materials reduces the density of a cement composition. These additives are referred to as extenders, because they reduce the density of the cement itself, at the cost of other desirable properties, such as set strength. Generally they are not chemically inert, but may be reactive. Light-weight additives are summarized in Table 7.1.

Compound class	Remarks
Bentonite	Increases viscosity
Furnace slag cement	High service temperatures
Porous glass particles	
Gilsonite	Soluble in organic solvents
Pozzolan	Inexpensive
Silica fume	Substitute for natural pozzolan
Rubber	
Polyacrylonitrile	
Hydroxyethyl cellulose (HEC)	Free-fluid inhibitor
Expanded polystyrene (PS)	
Perlite	Much additional water
Coal	No additional water
Diatomaceous earth	No increase of viscosity
Hollow aluminosilicate microspheres	
OMD	Air-entraining agent

7.1 Bentonite

Bentonite is used in secondary cementing operations, since it can reduce the specific weight of the slurry if used at high percentages. It is dry blended to the cement in levels of up to 25%. The addition of bentonite requires more water.

This additive also increases the viscosity of the slurry, and in high amounts it is known to increase the permeability and reduce the final strength of the cement. Therefore, high concentrations of bentonite are not recommended.

7.2 Furnace Slag

A furnace slag cement slurry can have a density of 1500–1600 kgm⁻³. A combination of silica flour and furnace slag may be used to achieve service temperatures exceeding 200°C. A gas may be suitable as a foaming agent.

7.3 Hollow Glass Microspheres

Glass beads with diameters of 2–200μ and densities of 600–700 kgm⁻³ can be mixed with a cement slurry in certain proportions to form a low-density glass bead slurry.

Laboratory experiments show that the slurry is effective for improving cementing quality in low-pressure and low-permeability formations. Low density cement with hollow microspheres is often not stable because of the comparatively low plastic viscosity, which must exceed 40 MPa to give adequate cement quality and eliminate fluid channeling.

When porous glass particles are used, they are filled with water. The cement slurry will absorb extra water from the pores of the porous particles, thus counteracting the shrinkage during setting.

7.4 Ceramic Microspheres

Materials formed by acid-base reactions between calcium aluminate compounds and phosphate-containing solutions yield high-strength, low-permeability, CO₂ resistant cements when cured in hydrothermal environments. The addition of hollow aluminosilicate microspheres to the uncured matrix constituents yields slurries with densities as low as approximately 1200 kgm⁻³, which cure to produce materials with properties meeting the criteria for well cementing. These formulations also exhibit low rates of carbonation. The cementing formulations are pumpable at temperatures up to 150°C.

Ceramic microspheres for cementing applications may replace blast furnace slag and Portland cement in any well cementing operation. They are a useful well cementing constituent that may be successfully implemented in differing temperature dependent processes, such as the steam injection technique employed for heavy crude oil extraction. They are manufactured by the following steps:

- Grinding industrial slag,
- Feeding into a vibration feeder,
- Heating with a gas/oxygen mix flame to 1200–2500°C, and
- Spheroidizing by propelling away from the burner.

As the pyrolyzed particles are propelled away from burner, they begin to rapidly cool in air and are spheroidized. The microspheres settle at a distance from the burner that is dependent on their diameters. The composition of typical slags is summarized in Table 7.2.

Oxide	Blast Furnace [%]	Iron- nickel	
		Reduction [%]	Smelting [%]
CaO	19-42	50-60	0-1
SiO ₂	32-40	14-60	40-50

Al ₂ O ₃	11-30	10-15	2-5
MgO	8-19	7-10	30-40
Fe ₂ O ₃	0-5	3-15	10-20
SO ₃	1-5	1-10	0-1
K ₂ O	0-1	0-1	0-1
Na ₂ O	0-15	0-1	0-1
NiO	0	0-1	0-1
Others	1-2	0-1	0-4

Lightweight cement slurries can be formulated using ceramic microspheres that are resistant to elevated temperatures and thermal cycling, such as are used in steam injection techniques.

7.5 Gilsonite

Gilsonite, a solid hydrocarbon, was introduced to the oil industry in 1957 as a cement additive. Gilsonite (Uintaite) is an asphalt with a density of 1,050–1,150 kgm⁻³, a melting point of 140–160°C, and an ultimate composition of approximately 85% C, 10% H, 2.5% N, 1.5% O.

The unique properties of Gilsonite, such as low specific gravity, particle-size distribution, impermeability, resistance to corrosive fluids, chemical inertness, and low water requirements result in slurries with exceptional bridging properties, low slurry weight, compatibility with other slurry additives, and relatively high compressive strength.

7.6 Pozzolan

Pozzolan is a very finely ground pumice or fly ash with a specific gravity that is only slightly less than cement, so only a slight reduction of the specific weight can be achieved. On the other hand, pozzolan is inexpensive, so it has been proposed in

several formulations. Silica fume has been proposed as a substitute for natural pozzolan.

Silica fume is a pozzolanic material composed of extremely fine, amorphous spheres produced as a by-product in the manufacture of silicon metals. It has a high water demand and it is more reactive than natural pozzolan or fly ash, but it increases the compressive strength significantly.

7.7 Rubber

Addition of rubber particles at levels of 30–100% to cement with a grain size of approximately 40–60 mesh (0.4–0.25 mm) will produce a light-weight cement with a low permeability.

These compositions are advantageous for cementing zones that are subjected to extreme dynamic stresses, such as perforation zones and the junctions of branches in a multi-sidetrack well. Recycled, expanded PS lowers the density of a hydraulic cement formulation and is an environmentally friendly solution for downcycling waste materials.

7.8 Coal

Coal has been used as a very low gravity additive. Coal does not require a significant amount of additional water when added to the cement.

7.9 Diatomaceous Earth

Diatomaceous earth has a lower specific gravity than bentonite, but it will not increase the viscosity of the slurry. Diatomaceous earth concentrations of up to 40% have been used.

7.10 Perlite

Expanded perlite requires a large amount of water when added to the slurry. It is often used in a blend with volcanic glass fines, or with pozzolan, along with bentonite. Without additional bentonite, perlite tends to separate and float to the upper part of the slurry.

7.11 OMD

FACILITATE MINERAL ADDITIVE

OMD – it is microspheres with a closed pore system, an average size of 180 micrometers.

Purpose:

- For the production of lightweight plugging materials with a density of 1000 - 1650 kg / m³
- For the production of lightweight plugging materials used in wells with a temperature of up to 75 ° C
- For the production of lightweight plugging materials used in permafrost conditions;

Properties of OMD:

- Bulk density: 45-100 kg / m³ Average particle size: 180 micrometers;
- Isostatic strength in water at 100 ° C: 20% fracture at 40.0 MPa pressure;
- Chemical composition (in per cent by weight): SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O
- Acidity of water extract: neutral (pH 6-7);
- Thermal conductivity: 0.04 W / (m * K)
- Thermal stability: Up to ~ 700 ° C is resistant to mechanical stress,
- Sound insulation: the greatest absorption in the area of medium frequencies;
- Water absorption,% by volume, no more than 70;
- Water permeability: 25% for 200 hours (25% volumetric sinking precipitate);

References

1. Petroleum Engineer's Guide to Oil Field Chemicals and Fluids. Johannes Fink. 2015, Elsevier Inc. –p. 817.
2. Drilling Fluids Processing Handbook. Asme. 2005, Elsevier Inc.
3. Fundamentals of Sustainable Drilling Engineering. M. Enamul Hossain, Abdulaziz Abdullah Al-Majed. 2015. –p. 785.
4. Carpenter, R.B., Wilson, W.N., 1991. Accelerating the set of cement compositions in wells. EP Patent 0 448 218, assigned to Atlantic Richfield Co., September 25, 1991.
5. Carpenter, R.B., 1994. Cement slurries for wells. US Patent 5 372 641, assigned to Atlantic Richfield Co., December 13, 1994.