

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

Институт природных ресурсов

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

Кафедра бурения скважин

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
«Исследование облегченных тампонажных растворов с использованием понизителей фильтрации на основе гидроксипропилцеллюлозы»	

УДК 622.257.122-022.12:547.488.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	Нго Тхань Тхао		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Минаев Константин Мадестович	К.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф И.В.	К.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ковалев А.В.	К.т.н.		

Томск – 2017 г.

РЕФЕРАТ

Контроль фильтрационных характеристик так же важен для успешного цементирования, регуляторы фильтрации были добавлены в тампонажные растворы более 20 лет, и в настоящее время признано, что качество цементирования значительно улучшилось. Действительно, что недостаточное количество понизителя фильтрации часто является ответственной причиной за неудачу первичного цементирования, из-за чрезмерного увеличения плотности раствора в результате ухода фильтрата в проницаемые пласты. Можно сказать, что проникновение воды из цементного раствора оказывается вредным на качество цементирования. Что касается ремонтных работ, проблема заключается в регулировании степени фильтрации, подходящей к перфорационным размерам и природе пластов. Однако, для первичного цементирования и ремонтных работ, очень мало было написано, чтобы подбирать уровень фильтрации или содержание понизителей в тампонажных растворах, необходимые для достижения достойной работы цементирования.

Объектом работы являются понизители на основе эфиров целлюлозы, а предметом – фильтрация тампонажного облегченного раствора и механизмы работы понизителей.

В работе использованы такие методы, как проведение исследований воздействия полимерных понизителей на фильтрационные характеристики тампонажного раствора, литературный анализ поведения ГЭЦ, КМОЭЦ в цементной суспензии.

Теоретическая значимость: рассмотрение физико-химических процессов взаимодействия полимеров с тампонажными растворами и их влияния на фильтрацию тампонажного раствора, анализ механизма работы понизителей позволяет объяснить причину их поведения в растворе, а также судить об эффективности внедрения понизителей нового поколения в буровой практике.

Научная новизна: при рассмотрении результатов экспериментов, можно сравнить эффективность и влияние понизителей на свойства тампонажного

раствора и камня, найти оптимальную рецептуру для исследованного портландцемента ПЦТ-50.

Задачи:

- Провести анализ влияния различных понизителей фильтрации с помощью результатов эксперимента.
- Проанализировать механизмы работы понизителей в облегченном цементном растворе.
- Усовершенствовать облегченный цементный раствор с целью увеличения его физико-химических свойств.

Актуальность данной темы заключается в том, что цементные растворы обладают плохой водоудерживающей способностью, и высокая водоотдача цементных растворов причиняет большой и непоправимый ущерб самим проницаемым пластам, которые в пристольной зоне загрязняются большим количеством фильтрата. Контроль фильтрационных характеристик так же важен для успешного цементирования, регуляторы фильтрации были добавлены в тампонажные растворы более 20 лет, и в настоящее время признано, что качество цементирования значительно улучшилось.

В процессе исследования использовались Microsoft Office, Adobe Photoshop CS5, Компас-3D V15.

АННОТАЦИЯ

Данная магистерская диссертация посвящена вопросу исследования фильтрации облегченных тампонажных растворов с применением эфиров целлюлозы. В процессе проведения работ проводили подбор рецептуры облегченных тампонажных растворов, испытания их свойств и изучение добавки, понижающих фильтрацию на разработанные тампонажные растворы.

Диссертация состоит из пяти частей: аналитический обзор, разработка методики исследований, экспериментальная часть, финансовый менеджмент и социальная ответственность.

В первой части дипломного проекта рассматриваются фильтрационные характеристики для тампонажного раствора, их методы определения и положение количественных показателей в оценке качества тампонажных растворов. Для оценки фильтрационной характеристики цементных растворов используются два следующих показателя:

- Водоотдача. Цементные растворы, в отличие от глинистых, обладают плохой водоудерживающей способностью, и их водоотдача превышает водоотдачу глинистых растворов в десятки раз.

- Водоотделение. находясь в покое, цементные растворы разделяются на фазы, причем вода, поднимаясь вверх, может промывать в твердеющем растворе каналы, которые не будут зарастать в процессе дальнейшего твердения и способны пропускать через цементный камень пластовые флюиды.

Во второй части диссертационной работы рассматриваются основные материалы для проведения экспериментов в лаборатории, подбор рецептуры облегченных тампонажных растворов с заданной плотностью, изучение химических и физических свойств таких понизителей фильтрации, как ГЭЦ, КМОЭЦ, бентонит, КМК и др.

Во третьей главе описаны методики испытания параметров облегченных тампонажных растворов. В ходе дипломного проекта проведены измерения

водоотделения, фильтрации, растекаемость и время загустевания тампонажного раствора, также прочности тампонажного камня.

В четвертой части диссертационной работы приводится анализ и выявление механизма работы многих понизителей фильтрации по полученным результатам экспериментов. В данной работе, чтобы достичь заданной плотности тампонажного раствора 1500 кг/м^3 , необходимо при средней плотности исследуемого цемента 3000 кг/м^3 увеличить В/Ц до 0,9 – 1,0. Для оценки эффективности снижения фильтрации, рассмотрены все необходимые характеристики тампонажного раствора и камня при добавлении понизителей концентрациями от 0,2 до 1% от массы сухого цемента. Также в работе по литературному анализу исследуется механизм работы исследованных добавок, который позволяет объяснить различные поведения полимерных добавок в облегченном тампонажном растворе.

В настоящее время, различные виды полимеров используются в цементном растворе, как многофункциональная добавка для управления фильтрацией в тампонажном растворе. Наиболее часто используемые полимеры являются Гидроксиэтилцеллюлоза (НЕС) и карбоксиметилцеллюлоза (КМОЭЦ). В ходе данной работы исследуются способность и механизм работы модификаций целлюлозы в качестве понизителей фильтрации в облегченных тампонажных растворах. Потому что при большем количестве воды в цементной суспензии типичные характеристики ГЭЦ полностью показываются в технологических показателях, также можно оценивать их изменение при различных концентрациях добавок. Эти полимеры работают как реагенты, регулирующие загустеванием и увеличивающие вязкость. Полимеры уменьшают потерю жидкости и отделение воды, снижают степень гидратации и усадки раствора и предотвращают миграцию газа. Полимеры представляют себя высокую вязкость в поверхностных условиях, но вязкость начинает уменьшаться с ростом температуры и разлагается при повышенной температуре.

В четвертой главе проведен расчет экономической эффективности применения облегченных тампонажных растворов на основе микросфер при цементировании скважин.

В пятой главе данной диссертации рассмотрена социальная ответственность лаборанта, проводящего прикладные исследования. Описаны виды вредного воздействия на окружающую среду. Проведен анализ всех опасных и вредных факторов рабочей зоны и возможности недопущения их проявления.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	1
I. ФИЛЬТРАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ТАМПОНАЖНОМ РАСТВОРЕ.....	2
1. Динамическая фильтрация.....	2
2. Статическая фильтрация	4
3. Регулирование фильтрационных характеристик.....	5
4. Влияние фильтрации в процессе цементирования скважин	7
II. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.....	11
1. Облегченный тампонажный раствор	11
2. Гидроксиэтилцеллюлоза.....	15
3. Карбоксиметилоксиэтилцеллюлоза	17
4. Другие органические соединения	18
III. ПРИБОРЫ И СПОСОБЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ	21
1. Методика определения растекаемости раствора	21
2. Методика определения плотности раствора	22
3. Методика определения времени загустевания раствора.....	23
4. Методика определения водоотделения раствора.....	25
5. Методика определения водоотдачи раствора	25
IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ	29
1. Определение содержания реагентов	29
2. Исследование механизма работы ГЭЦ	30
3. Исследование механизма работы других понизителей.....	38
ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	43
СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	57

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
Приложение 1	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	85

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует острая проблема некачественного строительства скважин. Под понятием «качество строительства нефтегазовых скважин» понимается способность скважины в течение проектной продолжительности её жизни давать безводную продукцию с проектными дебитами. Соблюдение вышеуказанных условий, в большой мере, зависит от эффективности цементирования скважины и долговечности крепи.

С развитием технологии бурения и непрерывной разведки нефти и газа, глубина скважины увеличивается, некоторые проблемы, возникшие в процессе бурения глубоких скважинах, до сих пор ещё существуют и влияют на качество цементирования их. Качество цементирования глубоких и сверхглубоких скважин обычно не удовлетворяет техническим и технологическим требованиям из-за многих факторов, таких как длинный участок открытого ствола, влияние множественного вида давлений, высокая температура и давление. Для того, чтобы решить проблему цементирования глубоких и сверхглубоких скважин, были исследованы замедлитель и понизитель фильтрации.

I. ФИЛЬТРАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ТАМПОНАЖНОМ РАСТВОРЕ

Чтобы правильно обращаться на количественную оценку фильтрационных характеристик, совместимых с успешным цементированием, два разных этапа должны быть рассмотрены: (1) размещение или динамическая стадия; и (2) время ожидания затвердевания цемента или статический этап. На первом этапе, смесь течет и одновременно размывает цементный слой, который только образуется на стенке скважине навстречу глинистого слоя. Таким образом, в динамическом режиме, цементный слой начинает формироваться в течение короткого переходного периода, а затем перестает расти. В отличие от этого, когда прекращается откачка цементный слой может свободно расти.

С практической точки зрения, значимым параметром при размещении является снижение содержания воды в растворе. Вовремя ОЗЦ, происходит непрерывное увеличение толщины цементного слоя. Таким образом, для определения допустимых объемов фильтрата для этих двух периодов, критерии совсем различные. Для оценки фильтрационной характеристики цементных растворов используется несколько показателей:

1. Динамическая фильтрация

Водоотдача – это количество воды, выделяемой из раствора при некотором перепаде. При перепаде давления 0,7 МПа используются фильтпрессы. Количество выделившейся воды для тампонажных растворов определяется за 30-минутный интервал.

Цементные растворы, в отличие от глинистых, обладают плохой водоудерживающей способностью, и их водоотдача превышает водоотдачу глинистых растворов в десятки раз. При этом цементный раствор способен отфильтровывать свободную воду в течение первых 2-3 мин. Поэтому для определения водоотдачи цементных растворов используют показатель условной водоотдачи, получаемый интерполяцией прямолинейного участка графика водоотдачи за 30-минутный интервал. При этом определяют

фильтрацию через 10, 20, 30 с и т.д. и в двойных логарифмических координатах строят зависимость водоотдачи от времени.

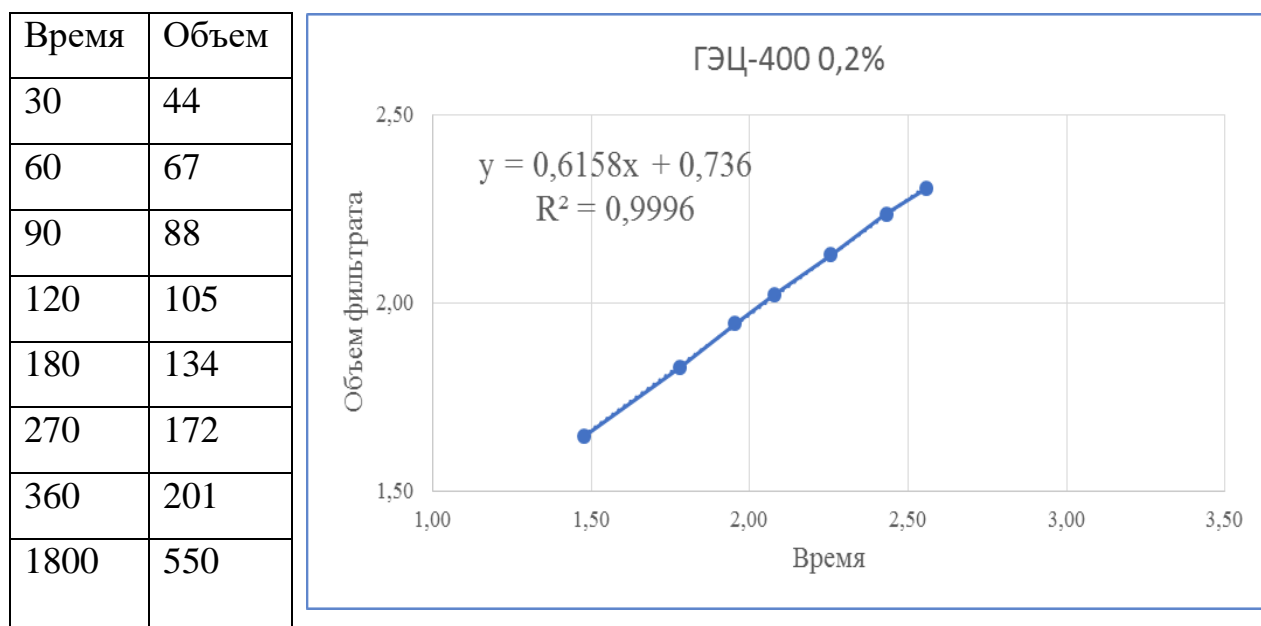


Рисунок 1 – Метод определения относительного фильтра за 30 минут

Условная водоотдача за 30 минут значительно превышает количество воды, содержащейся в испытуемой пробе цементного раствора. У обычных цементных растворов, приготовленных на основе стандартного тампонажного портландцемента, условная водоотдача находится обычно в пределах 300 – 500 см³ за 30 минут. В зависимости от величины измеренного или вычисленного объема фильтра водоотдача цементных растворов в США классифицируется как «высокая», «низкая» и «средняя». Прято считать, что цементный раствор имеет «высокую» водоотдачу, если объем фильтра, вычисленный в соответствии со стандартной методикой, превышает 500см³ за 30 минут. Водоотдачу цементного раствора считают «низкой», если объем фильтра, выделившегося за 30 мин, не превышает 100 см³, и средней, когда за 30 мин выделяется фильтра больше 100 и меньше 500 см³.

Большая водоотдача чистых цементных растворов оказывает существенное влияние на технологические операции при цементировании и на их результаты.

Следствием большой водоотдачи является значительное количественное изменение соотношения фаз (т.е. снижение водоцементного отношения).

Высокая водоотдача тампонажных растворов наносит большой (и часто непоправимый) вред самим продуктивным пластам, которые в пристольной зоне загрязняются большим количеством фильтрата, в результате чего сильно ухудшаются продуктивные свойства пластов и уменьшается отбор флюидов.

Для снижения водоотдачи цементных растворов можно использовать следующие приемы:

- увеличение удельной поверхности цемента, которое можно обеспечить либо дополнительным помолом цемента, либо добавлением высокодисперсных веществ (например, глины), которые будут связывать свободную воду;
- уменьшение количества свободной воды в растворе, например, путем снижения В/Ц;
- увеличение вязкости жидкой фазы в цементном растворе, за счет добавок высокомолекулярных полимеров.

Скорость водоотдачи зависит от длительности предварительного перемешивания цементного раствора, так как продолжительность и интенсивность перемешивания определяют количество мелких и мельчайших частиц в цементном растворе, которые лучше закупоривают поры фильтра.

2. Статическая фильтрация

Водоотделение цементных растворов является другим показателем фильтрационных свойств, характеризующим их водоудерживающую способность или седиментационную устойчивость.

Тампонажный раствор, представляющий собой концентрированную суспензию, должен обладать определенной водоудерживающей способностью. К сожалению, находясь в покое, цементные растворы разделяются на фазы, причем вода, поднимаясь вверх, может промывать в твердеющем растворе каналы, которые не будут зарастать в процессе дальнейшего твердения и способны пропускать через цементный камень пластовые флюиды.

К основным видам нарушения качества тампонажного камня в условиях скважины вследствие седиментации могут быть отнесены:

- изменение плотности по высоте сплошных участков камня;
- увеличение проницаемости вдоль оси скважины;
- образование продольных каналов;
- образование водных поясов.

Коэффициент водоотделения цементных растворов определяется по объему воды (мл), выделившейся в течение двух часов из цементного раствора объемом 250 мл. Согласно ГОСТ этот показатель не должен превышать 7 – 10 мл в зависимости от вида цемента.

Седиментационную устойчивость раствора можно улучшить, повышая дисперсность цемента или вводя высокодисперсные добавки, которые будут связывать большее количество воды своей поверхностью. Седиментационная устойчивость также улучшается при повышении вязкости воды (добавками высокомолекулярных веществ). В повышении седиментационной устойчивости определенную роль играет и форма частиц, сферические частицы будут быстрее оседать, чем частицы неправильной формы.

3. Регулирование фильтрационных характеристик

Понижители фильтрации тампонажных растворов используются при цементировании наклонных и горизонтальных участков ствола скважин, также проницаемых пластов, реже для создания седиментационной устойчивости (при отсутствии других возможностей) и ремонтно-изоляционных работах. После затворения суспензии её фильтрация очень велика и достигает от 200 до 700 см³ и более, за исключением аэрированных растворов, где она близка к 0, но с течением времени затухает в результате гидратации цемента. При этом свободная вода в тампонажном растворе составляет 22 – 27%, и её фильтрация происходит в момент продавки в затрубное пространство (динамическая фильтрация), а также в статических условиях, когда частицы постепенно гидратируются и раствор схватывается (статическая фильтрация). Особую опасность представляет цементирование проницаемых пластов, где при

повышенной скорости отфильтровывания жидкости затворения, пласт закупоривается, а тампонажный раствор преждевременно загустевает и схватывается. Этот же механизм проявляется и при температуре 100⁰С и более. Высокая фильтрация может способствовать образованию каналов в затрубном пространстве, заполненных сначала водой, а затем освобождающихся от нее за счет действия эффекта контракции.

Снижение фильтрации можно достигнуть путем уменьшения плотности тампонажного раствора, способствующей меньшему перепаду давления; увеличением удельной поверхности вяжущего и введением тонкодисперсных добавок; снижением В/Ц; повышением вязкости жидкости затворения за счет ввода высокомолекулярных полимеров, или структурообразователей, или полиэлектролитов. При выборе полимера предпочтение следует отдавать химреагенту, вязкость 1%-ного раствора которого наибольшая. При этом акриловые полимеры необходимо использовать в обычных тампонажных растворах при температуре 60 – 80⁰С, а в шлаковых при температуре > 80⁰С. Фильтрация в значительной мере зависит от величины В/Ц. она обратно пропорциональна квадрату удельной поверхности (тонкости помола), количеству и типу наполнителя и вязкости жидкости затворения. Температура и давление существенно не влияют на величину фильтрации, а только на её скорость в начальный период. При уменьшении, например, давления в 10 раз, скорость фильтрации возрастает также в 10 раз. При температуре 75⁰С фильтрация почти не зависит от давления, перемешивания и условий фильтрования.

Для снижения фильтрации необходимо, чтобы адсорбционный слой был полностью насыщен полимером, а его избыток оставался в дисперсионной среде (жидкости затворения). При этом снижение начальной скорости фильтрации происходит по двум причинам. Во-первых, за счет увеличения сопротивления фильтрационной корки, ввиду адсорбции ионогенных полимеров (гипан, КМЦ и др.) на поверхности твердой фазы, которые уменьшают трение между частицами и их агрегирование, способствуя их

уплотнению и получению более сжимаемой фильтрационной корки. Во-вторых, увеличение сопротивления фильтрационной корки происходит за счет задержки молекул полимер в ее порах при отфильтровывании жидкой фазы с повышенной вязкостью. В итоге при использовании высокомолекулярных полимеров, снижается начальная скорость фильтрации, но слабо закупоривается фильтрационная корка, а у низкомолекулярных полимеров – наоборот. Следует также учесть, что большинство понизителей фильтрации являются одновременно замедлителями сроков схватывания.

4. Влияние фильтрации в процессе цементирования скважин

В настоящее время существует острая проблема некачественного строительства скважин. Под понятием «качество строительства нефтегазовых скважин» понимается способность скважины в течение проектной продолжительности её жизни давать безводную продукцию с проектными дебитами. Соблюдение вышеуказанных условий, в большой мере, зависит от эффективности цементирования скважины и долговечности крепи.

По оценкам специалистов 25% законченных строительством скважин имеют некачественное цементирование, которое связывают с особенностями геолого-технологических условий бурения, увеличением глубины скважин, увеличением числа наклонных и горизонтальных скважин, переходом открытых и осваиваемых месторождений на вторую, третью стадию разработки. Кадыров утверждает, что основной причиной некачественного цементирования является нарушение или невыполнение требований проектных решений по креплению скважины. В результате появляются заколонные перетоки и флюидопроявления, происходит преждевременное обводнение скважины, увеличиваются сроки и стоимость строительства, появляется необходимость в проведении ремонтных работ, снижается эффективность эксплуатации скважин и экологическая безопасность. К тому же при бурении геологоразведочных скважин некачественное цементирование приводит к получению неправильной информации об изучаемом пласте, так как в него поступают посторонние примеси.

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

Главным направлением работы по повышению качества заканчивания скважин, с точки зрения их производительности, считается решение проблем по максимально возможному сохранению проницаемости продуктивных пород в призабойной зоне пласта.

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

Проблема повышения качества заканчивания скважин с точки зрения увеличения их производительности может быть решена путем использования во всех технологических операциях таких рабочих жидкостей, которые при проникновении в призабойную зону пласта в наименьшей степени снизили бы ее проницаемость для углеводородов в условиях конкретного объекта вскрытия. При этом состав и свойства жидкостей заканчивания, режимные

параметры технологических операций в скважине должны обеспечить минимально возможные размеры зон их проникновения.

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

- проникновение фильтрата тампонажной жидкости в поры коллектора;
- цементирование микро и макротрещин пластов, служащих каналами фильтрации;
- увеличением фильтрационных сопротивлений в призабойной зоне за счет наличия цементного кольца.

Известно, что при условии полного использования возможностей продуктивных пластов (если бы добывающие способности скважин не ограничивались возможностями применяемой технологии их строительства) добыча нефти и газа на одну скважину была бы в 2 – 4 раза больше в зависимости от геологических условий.

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

Загрязнение продуктивного пласта можно значительно снизить правильным подбором рецептуры тампонажного раствора. Многообразие различных условий не позволяет в настоящее время разработать универсальную рецептуру тампонажного раствора, способную максимально сохранить естественную проницаемость горных пород, слагающих

призабойную зону. Поэтому в зависимости от конкретных условий в стволе скважины требуется свой подход к подбору состава тампонажного раствора.

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

В последнее время, как наиболее активные понизители водоотдачи, хорошо зарекомендовали себя органические высокомолекулярные полимеры. Они действуют как закупоривающие материалы, задерживаясь между частицами цемента, за счет создания мостичных связей между частицами цемента. Образование таких связей существенно упрочняет коллоидную структуру тампонажного раствора. Наиболее эффективными добавками, понижающими водоотдачу, оказывают органические полимеры при концентрации их около 1% в цементных растворах всех видов. Широкое применение нашли различные виды полисахаридов, акриловые полимеры, поливиниловые спирты, полиэтиленоксид и комплексные реагенты.

II. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

1. Облегченный тампонажный раствор

Существуют несколько вариантов для того, чтобы отрегулировать плотность цементного раствора. Эти методы могут использоваться по отдельности или в различных сочетаниях. Оптимальный способ для регулирования плотности раствора частично зависит от структуры скважины и материально-технического обеспечения, такого как наличие на месте специалистов, материалов, оборудования, опыт работы в сервисной компании и предпочтительные методы.

Плотность тампонажного раствора обычно выражается в кг/м^3 или г/л , с обычными тампонажными растворами она колеблется от 1400 до 2100 кг/м^3 . В определенных условиях возможно возникнуть в процессе строительства скважин необходимость, что требует применения цементного раствора с меньшей плотностью. Выбор плотности раствора в основном зависит от многих факторов, которые включают в себе поровое давление, перепад давлений и длину интервала цементирования. В зависимости от конкретных условий, альтернативные составы для облегченного цементного раствора можно использовать отдельно или совместно для достижения оптимального сочетания производительности и экономичности.

Альтернативы для регулирования плотности

Они являются более распространёнными, чтобы уменьшить, а не увеличить плотность тампонажного раствора для достижения изоляции горизонтов и защиты геологической структуры. Несколько методов и материалов можно применить индивидуально или в комбинации для этой цели.

Увеличение воды. Простейшим способом для снижения плотности является добавление воды, вместе с другими добавками, такими как бентонит, силикат натрия или калия, диатомовая земля. Данная процедура оказывается экономичным, но вызывает ухудшение эффективности цементного раствора при большим водоцементном отношении. Плотности раствора может снизить до 1400 кг/м^3 , используя только воду; дальнейшее снижение плотности с водой

приводит к недопустимости проницаемости, низкой прочности и продлению времени загустевания.

Расширение объема с пустыми шариками. Низкая плотность тампонажного раствора добывается путем добавления микрасфер, которые эффективно вытесняют воду и частицы цемента с крошечными индипсулированными пузырьками воздуха. Диапазон их диаметров варьируются от приблизительно 25 до 300+ микрон. Данный метод создает однородную смесь и конечный тампонажный раствор, содержащий микросферы, имеет повышенную прочность и низкую проницаемость по сравнению с растворами с большим водоцементным соотношением.

Микросферы являются относительно недорогими, но качество может отличаться от партии к партии, и наличие может быть проблемой. Этот способ снижения плотности раствора имеет ряд недостатков: изменчивость и непредсказуемость физических свойств и уменьшение способности работы при большой температуре, которая обычно возникает в стволе скважины при цементировании. Не похоже на технологическую продукцию, микросферы не имеют четко определенных значений или параметров качества. Данный материал обычно отделяется по методу флотации, а не сортируется по размерам или другим параметрам, а те микросферы, которые плавают, можно использоваться в полевых условиях.

Нормиальная плотность микросфер составляет 0,7 г/см³, но при минимальном давлении 3,45 МПа или больше, это значение может увеличить до 0,85 г/см³, что значительно снижает функцию материала в качестве добавки тампонажных растворов. Микросферы также отделяются частично по размеру при транспортировке и обработке, в результате чего изменяется плотность раствора. В некоторых нефтедобывающих районах существуют экологические проблемы, связанные с использованием микросфер при цементировании стволов скважин.

Добавление пены. Плотность стандартных нескорректированных цементных растворов равная 1900 кг/м³, но при использовании пены она может

снизиться до приблизительно 1450 кг/м³. Опыт производства показывает, что лучшим является тампонажный раствор с содержанием газа ниже 25%. Полученный вспененный раствор имеет более высокую прочность, чем цементный раствор с высоким количеством воды.

При наличии газовых пузырьков в цементном растворе его вес уменьшается и его реологические характеристики тоже улучшаются, но такие смеси отсутствуют однородность и могут отделяться по плотности вдоль колонны. Эффективное пенообразование может быть сложным и требует тщательного контроля, чтобы достичь желаемых результатов. Это процесс также зависит от наличия необходимого оборудования, наряду с опытным персоналом.

Расширение со стеклянными микросферами. Высокая прочность стеклянных микросфер в настоящее время широко пригодная. Пустые стеклянные микросферы диаметром обычно от 10 до 90 мкм не имеют тенденцию отделяться по размерам, а равномерно распределённые при транспортировке и хранению, также стабильные в смеси.

Более меньший размер стеклянных микросфер по сравнению с керамическими микросферами приводит к тесному цементному раствору, имеющему эквивалентный объем вовлекающегося воздуха, но с более близким расстоянием. Стеклянные микросферы имеют значительно большую устойчивость к давлению по сравнению с альтернативными микросферами, поэтому можно создать низкую плотность тампонажного раствора с использованием стеклянных микросфер особенно при высоких давлениях, возникающих в глубоких скважинах. Оборудование, необходимое для производства стеклянных микросфер обычно проще и дешевле, чем для пенообразования.

Многоступенчатое цементирование применяется во многих странах для изоляции продуктивного пласта в зонах слабой структуры. К сожалению, оборудование, используемое для разделения верхней и нижней зоны цементирования в этом процессе, имеет вероятность неудач, и при полевой

неисправности возможно предотвратить продолжая цементирование следующих ступеней. Потенциальные риски и расходы, связанные с многоступенчатого цементированием, должны быть минимальным или избежать; тем не менее, используя стеклянные сферы можно проводить одноступенчатое цементирование обсадной колонны тампонажным раствором с низкой плотностью.

Плотность цементного раствора может снизиться, используя комбинацию воды и стеклянных микросфер, составляет примерно 1000 кг/м³, а затем вспенить раствор до 25% содержания азота, чтобы достичь конечной плотности до 700 кг/м³, при этом можно сохранить необходимых физические свойства.

Используя только стеклянные микросферы, стандартный чистый тампонажный раствор может быть отрегулирована постепенно до очень низкой плотности. Это регулирования не допустимо если применить только пенообразование, также потеряются несколько свойств цементного раствора. Кроме того, цементный раствора с пеной трудно приготовить в небольшом количестве, наряду с тем, что цементный раствор со стеклянными микросферами может быть проще сформулировать и более совместный по плотности, как однородная смесь независимо от объема. Механические свойства облегченного цементного раствора с использованием стеклянных микросфер являются отличными, и опыт работы в практике подтверждает его эффективность.

Технический документ Общества инженеров-Нефтяников про облегченный тампонажный раствор сообщил о том, что при добавлении приемлемого содержания стеклянных микросфер в цементный раствор, то он обладает высокой прочностью и низкой проницаемостью. Также он развивает прочность на сжатие и сокращает время загустевания.

Применение при высокой температуре

Паровое нагнетание призывает к цементному раствору, что он должен терпеть нагрузки в циклическом процессе, который относится к высокой температуре и термоциклированию. Зоны тяжелой нефти с пластами слабых

пород ещё добавляют проблему на рецептуру облегченного тампонажного раствора.

Облегченные тампонажные растворы способны поддерживать изоляцию при таких требовательных условиях, которые включают в себя повышенную температуру, а также наличие коррозионного углекислого газа, были разработаны для применения в Среднем Востоке, где тяжелая нефть существует в неглубокой территории со слабыми известняками и где паровое нагнетание необходимое.

Увеличение количества воды в цементном растворе не подходит использоваться при высокой температуре, кроме того, проницаемость и пористость тампонажного камня оказываются некачественными. Облегченные стандартные растворы требуются достижения заданной плотности, также должны противостоять жесткие условия и облегчить процесс размещения их в кольцевое пространство. Минимальный удельный вес добавок необходимый, чтобы уменьшить количество не вяжущих материалов в тампонажном растворе, поэтому стеклянные микросферы выбираются в качестве добавки снижения плотности. Как показано на практике, что высокопрочные стеклянные микросферы применяются отдельно или в сочетании с другими методами для снижения плотности и обеспечения тампонажного камня в повышенных температуре и давлении.

2. Гидроксиэтилцеллюлоза

Гидроксиэтилцеллюлоза (ГЭЦ) представляют собой серии белых / желтоватых порошков, которые диспергируются и хорошо растворяются в и холодной и горячей воде, образуя растворы различной вязкости. Химической реакцией этерификации целлюлоза с короткой или очень длинной длиной цепочкой преобразуется в гидроксиэтиловый эфир для достижения оптимального сочетания свойств.

ГЭЦ чаще всего используется в качестве модификатора вязкости и реологической присадки, защитного коллоида, водоудерживающего средства,

стабилизатора и вспомогательного средства для диспергирования, особенно тогда, когда желательно применение неионного материала.

Типы ГЭЦ отличаются их вязкостными значениями, свойством гидратации, биостабильностью и распределением размера частиц. В зависимости от молекулярной массы, степени полимеризации и содержания влажности, каждый тип ГЭЦ отвечает индивидуальным требованиям при ее применении.

СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

Гидроксиэтилцеллюлоза – гранулированный порошок, который быстро растворяется в воде, образуя чистые, однородные растворы, проявляющие псевдопластичные свойства текучести. При нейтральном значении pH и нормальной температуре окружающей среды, данный полимер диспергирует без образования комков и обеспечивают быструю растворимость. Высокие концентрации растворимых солей не оказывают влияния на эти растворы. На вязкость небольшое влияние оказывают слабые кислоты и щелочи.

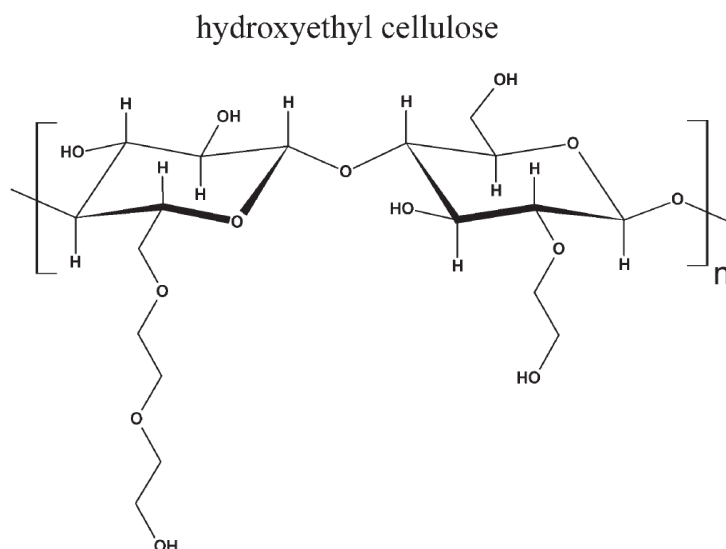


Рисунок 2 – Структура ГЭЦ

Благодаря неионному характеру, ГЭЦ обладает широким спектром совместимости с другими продуктами, такими как синтетические и природные смолы, эмульгаторы, эмульсионные полимеры и противопенные средства.

Эта модификация целлюлозы применяется в качестве высокоэффективного неионного загустителя, вспомогательного водоудерживающего средства и реологической присадки во всех типах водных красок и поверхностных покрытий, в клеящих составах и во многих других водосодержащих промышленных продуктах. Обычный ГЭЦ придает этим системам отличные реологические свойства. Она придает дополнительную превосходящую стабильность при хранении в условиях усиленного роста бактерий.

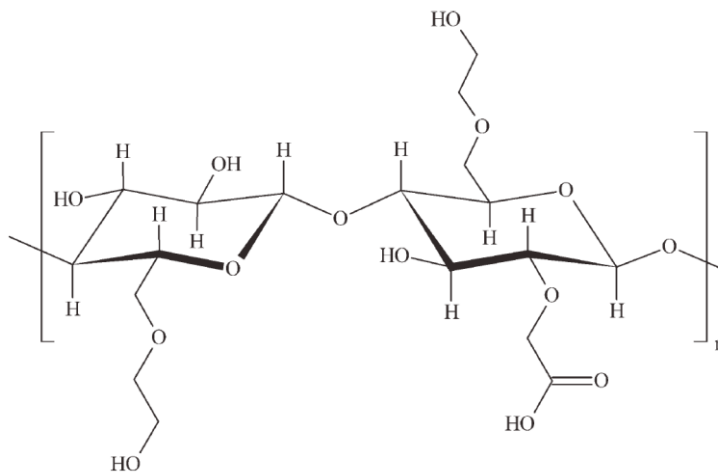
Как защитный коллоид и стабилизатор ГЭЦ обладает исключительным действием при эмульсионной и суспензионной полимеризациях многих виниловых полимеров.

Получают ГЭЦ из хлопка или древесины взаимодействием целлюлозы (мономер глюкозы, натуральный полисахарид) с этиленоксидом при 60 – 100⁰С в присутствии водного раствора NaOH (в ряде процессов – в присутствии органических растворителей, например, вторичных или третичных спиртов, диоксана, петролейного эфира). Гидроксильные группы глюкозы заменяются группами гидроксиэтилового эфира.

3. Карбоксиметилоксиэтилцеллюлоза

КМОЭЦ – смешанный эфир целлюлозы содержит в своем составе как карбоксиметильные так и оксиэтильные группы, т.е. совмещает в себе свойства КМЦ и ГЭЦ. Она хорошо растворяется в воде с образованием псевдопластичных растворов, устойчив в присутствии солей кальция и магния. КМОЭЦ представляет собой модифицированный вариант КМЦ с усиленными теми или иными технологическими свойствами. Обеспечивает стабильность при температурах до 140⁰С, имеет низкие расходные показатели. В конце 1950-х годов, КМОЭЦ была введена в качестве понизителя фильтрации для тампонажных растворов, и все еще широко применяется сегодня. Совсем недавно производительность КМОЭЦ была улучшена путем регулирования степени замещения от 0,1 до 0,7 (карбоксиметил) и мольного отношения окиси этилена к ангидроглюкозы от примерно 0,7 до 2,5. Степень полимеризации 190

– 195, степень замещения по карбоксиметильным группам 0,61 – 0,65, степень замещения по оксиэтильным группам 0,95 – 1,35, содержание основного вещества 60 – 65%. Основная структурная единица КМОЭЦ показана в следующем рисунке.



Рисунок

Рисунок 3 – Структура КМОЭЦ

Все понизители фильтрации на основе целлюлозы имеют определенные недостатки. Они являются эффективными загустителями, в результате, они могут увеличивать сложность перемешивания суспензии, в конце концов привести к нежелательным загущением цементного раствора. При температуре менее чем 650С, понизители фильтрации играют роль замедлителей, таким образом, особое внимание должно быть уделено на то, чтобы избежать промедление времени загустевания суспензии. Кроме того, эффективность модифицированных полимеров целлюлозы уменьшается с ростом температуры, поэтому данные реагенты не используются в циркулирующей температуре выше 100⁰С.

4. Другие органические соединения

Для снижения условной водоотдачи тампонажного раствора применяются гипан, бентонит, сульфэфирцеллюлоза, КМОЭЦ, КМЦ и другие химреагенты. При добавлении гипана в тампонажную суспензию значительно ускоряется процесс пептизации цементных зерен, растет суммарная поверхность гидрофильных частиц. Свободная вода, содержащаяся в цементном растворе,

интенсивно расходуется на формирование сольватных оболочек, вокруг вновь образующихся мельчайших цементных зерен. Характер процесса пептизации зависит от количества введенного гидрофильного ПАВ - гипана. При малой концентрации гипана (около 0,3 %) в цементном растворе в результате пептизации цементных зерен наступает такой момент, когда введенного количества реагента недостаточно для стабилизации всех вновь образующихся частиц. Это приводит к быстрому образованию и упрочнению коагуляционной структуры, процесс пептизации замедляется, а содержащуюся в растворе свободную воду можно удалить в виде фильтрата.

Если введенного количества гипана (более 0,5 %) достаточно для стабилизации всех вновь образованных частиц цемента, то большая часть избыточной воды в растворе почти полностью расходуется на формирование сольватных оболочек. Объем свободной воды резко сокращается, и скорость выделения фильтрата из раствора снижается. Снижению скорости водоотдачи способствуют также уплотнение цементной корки и значительное уменьшение проницаемости ее в результате закрытия мелких пор цепочками молекул гипана.

Глинистая корка существенно замедляет процесс отфильтровывания жидкой фазы из цементного раствора. Так, объем фильтрата, выделившегося через глинистую корку из неподвижного цементного раствора за 30 мин при перепаде давления 2,5 МПа, более чем в 2 раза меньше объема фильтрата, выделившегося из того же раствора через чистую поверхность песчаного фильтрата даже при меньшем перепаде давления. Скорость выделения фильтрата тем меньше, чем больше удельная поверхность твердой фазы при одинаковой консистенции растворов.

Водоотдача цементного раствора, затворенного на эмульсии типа "вода в нефти", практически равна нулю, поэтому его можно использовать для цементирования скважин, где продуктивные пласты особенно восприимчивы к загрязнению и проницаемость коллектора снижается под влиянием небольшого количества фильтрата, поступающего из цементного раствора.

Поведение высокомолекулярных соединений в суспензиях в основном зависит от двух факторов:

- наличие в структуре химических связей, которые сильно отличаются энергией, когда атомы в цепях макромолекул соединяются химическими связями, имеющими энергию порядка сотен кДж/моль, а макромолекулярные цепи связываются друг с другом молекулярно-поляризационными или водородными связями с энергией до 30 кДж/моль.
- гибкость цепей, обусловленная вращения звеньев.

III. ПРИБОРЫ И СПОСОБЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

1. Методика определения растекаемости раствора

Растекаемость тампонажного раствора является показателем его прокачиваемости. В течение времени, пока тампонажный раствор закачивают в интервал цементирование 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 см³ 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.

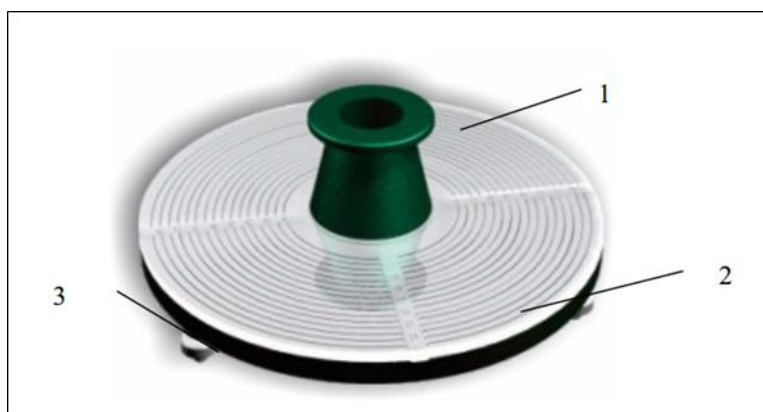


Рисунок 5 – Конус АзНИИ

Подготовка и проведение испытания. Форму-конус устанавливают на стекло в центре измерительного столика таким образом, чтобы внутренняя окружность формы совпадала с начальной окружностью шкалы столика. Внутреннюю поверхность конуса и стекло перед испытанием протирают влажной тканью.

Готовят цементное тесто. Заполняют цементным тестом форму-конус до верхнего торца. Интервал времени от момента окончания перемешивания цементного теста до момента начала заполнения им формы-конуса не должно быть более 5 с. По окончании заполнения формы избыток теста удаляют

ножом, расположенным под небольшим углом к торцевой поверхности. Затем форму-конус резко поднимают в вертикальном направлении.

Диаметр растекания цементного теста измеряют линейкой в двух взаимно перпендикулярных направлениях, результат округляют до 1 мм.

За растекаемость принимают среднеарифметическое значение результатов двух измерений, расхождение между которыми не должно быть больше 10 мм.

2. Методика определения плотности раствора

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

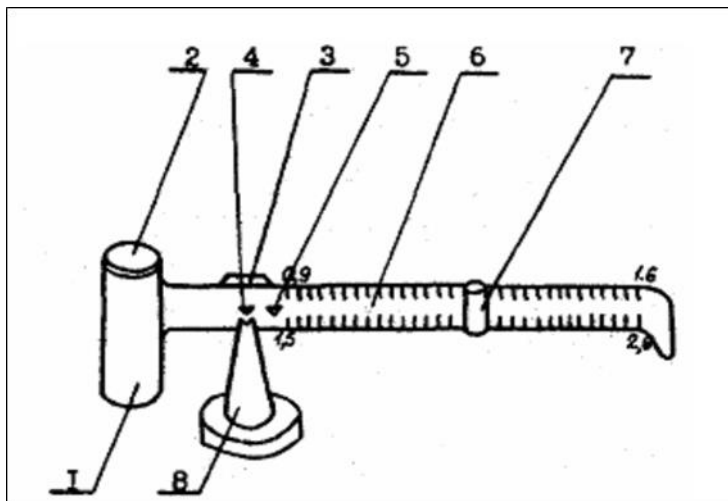


Рисунок 6 – Рычажные весы-плотномеры ВРП-1:

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

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

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

Заливают раствор в мерный стакан до верхней кромки и закрывают крышкой. Излишки раствора, вытекшие через специальное отверстие, удаляют. Устанавливают подвижную часть весов на стойке при помощи правой призмы. Передвигая вправо или влево подвижной груз, устанавливают рычаг в положение равновесия и снимают показания плотности раствора по верхней шкале. Если плотность раствора окажется больше, чем предел измерения по верхней шкале, то подвижную часть весов переставляют на левую призму и ведут измерения по нижней шкале. После замера крышку стакана снимают и выливают раствор из стакана. Промывают мерный стакан и крышку водой, протирают насухо.

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

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

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

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

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

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

6. Контролировать скорость нагревания по показателям термометра и регулировать путем изменения напряжения питания электронагревателя. Интенсивность нагрева устанавливают в соответствии с заданием на испытание обычно 0,6 – 2,5°С в мин.

7. После включения электродвигателя и системы нагрева через каждые 5 минут записывать температуру раствора и показания по шкале прибора.

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

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. Цементное тесто заливают в два цилиндра до отметки 250 см³ в каждом и оставляют для отстаивания. В течение всего времени испытания цилиндры должны стоять неподвижно и не подвергаться толчкам. Через 2 ч \pm 5 мин отделившуюся на поверхности цементного теста воду отбирают пипеткой в мерный цилиндр вместимостью 20 см³ и замеряют объем отделившейся воды в каждом цилиндре.

Объем отделившейся воды (водоотделение) в миллилитрах регистрируют.

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 водоотдачи раствора

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

Средства контроля. Прибор фильтр-пресс АНИ, секундомер.

Подготовка и проведение испытания.

1. Соберите детали чистого и сухого фильтр-пресса, используя стандартную для прибора фильтровальную бумагу. Порядок сбора указан в его паспорте.

2. Залейте буровой раствор в контейнер так, чтобы он приблизительно на 1/2 дюйма не доходил до верха и установите его на опору рамы фильтр-пресса. Верхнюю крышку установить на контейнер, зажать винтом рамы до упора, клапан подачи газа – в рабочее положение (в камеру).

3. Установите мерный цилиндр для приема фильтрата и с помощью редуктора подайте давление 7атм ($100 \pm 5\text{psi}$), включив при этом таймер или секундомер.

4. Через 30 минут давление стравливают (клапан подачи газа в положении стравливания), в мерном цилиндре отмечают объем фильтрата (в миллилитрах), который и является показателем фильтрации. Разобрав фильтр-пресс (в обратном порядке) и вылив раствор из контейнера, осторожно снимите фильтровальную бумагу с фильтрационной коркой и под слабой струей воды смойте избыток бурового раствора. Толщину фильтрационной корки измеряют с точность до 1/2мм. Также полезно записать и комментарии о состоянии фильтрационной корки.

5. После использования тщательно вымойте и вытрите насухо части прибора.

6. 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 8 – 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 помещают в термостат или шкаф воздушно-влажного хранения, где хранят при температуре 75°C. После выхода на режим температура должна поддерживаться с точностью $\pm 3^\circ\text{C}$.

4. Форму с образцами покрывают стеклянной или металлической пластинкой и загружают в термостат, прогретый до температуры 75°C. Через 2 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 рассчитывают, как среднеарифметическую величину из трех значений. Расчет ведется до второй значащей цифры.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

1. Определение содержания реагентов

Плотность цементного раствора зависит от водоцементного отношения, плотности твердой и жидкой фаз цементного раствора и определяется формулой:

$$\rho_{ц.р} = \frac{\left(1 + \frac{В}{Ц}\right) \cdot \rho_T \cdot \rho_{ж}}{\frac{В}{Ц} \cdot \rho_T + \rho_{ж}}$$

Где, ρ_T – плотность твердой фазы;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости затворения;

Получение облеченных цементных растворов может быть достигнуто обычно двумя путями:

- облегчение твердой фазы за счет ввода облегчающих добавок. При получении облегченных цементных растворов количество добавки составляет 10 – 30%. Однако, если не изменять В/Ц растворов, облегчение получается незначительным. Кроме того, эти добавки, обладая большой удельной поверхностью, связывают свободную воду и сильно снижают подвижность раствора.

- увеличение В/Ц – наиболее часто применяемый технологический прием при получении облегченных цементных растворов. При этом В/Ц может достигать 0,9 – 1,2 в цементных растворах с плотностью 1400 – 1500 кг/м³. Однако увеличение В/Ц всегда ухудшает структуру цементного камня.

В данной работе, чтобы достичь заданной плотности тампонажного раствора 1500 кг/м³, необходимо при средней плотности исследуемого цемента 3000 кг/м³ увеличить В/Ц до 0,9 – 1,0. Опираясь на опыт проведения экспериментов для данного типа цемента, выбранное значение В/Ц равно 0,98, при этом можно успешно рассмотреть нужные свойства суспензии, избежав отрицательное влияние повышенного водосмесевого отношения на технологические характеристики проектного раствора.

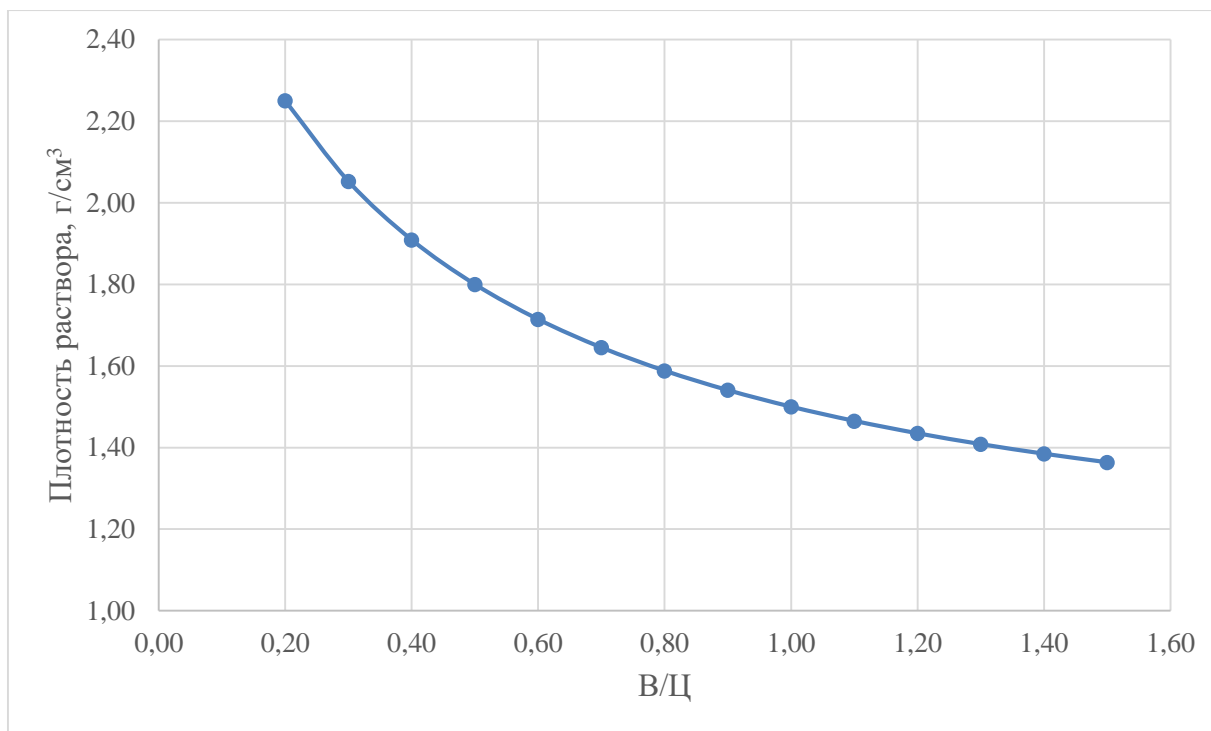


Рисунок 9 – Влияние водоцементного отношения на плотность раствора при плотности твердой фазы 3000 кг/м³.

2. Исследование механизма работы ГЭЦ

Цементирование нефтегазовых скважин является одним из наиболее важных операций при строительстве скважин. Положение цементного раствора под давлением в интервалах проницаемых пластов может привести к быстрому дегидратации и становится причиной низкой работоспособности насосов и неполной гидратации цемента. Для регулирования свойств тампонажных растворов необходимо включить в их состав различных добавок. Регулятор фильтрации применяется для снижения неконтролируемой воды из цементной смеси при прокачке её в затрубное пространство скважины. Благодаря совместимости с окружающей средой и высокой производительности работы при температуре до 150⁰С, гидроксипропилцеллюлоза (ГЭЦ) получает популярное использование в качестве понизителя. ГЭЦ является одним из наиболее широко используемых веществ, синтезированных из целлюлозы. В ходе настоящей работы исследуется механизм работы ГЭЦ марками 25 и 400 в качестве понизителя в тампонажном растворе. Марки продуктов ГЭЦ показывают их значения молекулярных масс, увеличение которых соответствует улучшению

качества этого полимера. Реологические свойства растворов 1% двух марок ГЭЦ проводятся в следующей таблице.

Полимеры	Условная вязкость, с	PV, мПа*с	AV, мПа*с	ДНС, фунт/100фут ²
ГЭЦ 25	28	10	6	8
ГЭЦ 400	Раствор очень жидкий	21	56	71
КМОЭЦ 150	41	14	7	12

Таблица 1 – Показатели растворов 1% ГЭЦ при различных марках

Вязкость чистого полимерного раствора, может быть функцией напряжения и скорости сдвига, она всегда зависит от молекулярной массы полимера и температуры среды. Характеристическая вязкость зависит от размеров макромолекул в растворе, от природы растворителя и температуры при проведении эксперимента. В хорошем растворителе макромолекулярный клубок набухает и вязкость такого раствора больше, чем в случае плохого растворителя.

Известны три основных механизмов работы для полимерных понизителей, являющиеся: во-первых, увеличение динамической вязкости цементного фильтрата, вытекающего из жидкой фазы с полимерным составом в смеси, может замедлить скорость фильтрации. Во-вторых, анионные заряды понизителя могут адсорбироваться на поверхности гидратированных частиц цемента и перекрывают пустые пространства на цементном отфильтрованном слое с помощью сегментов полимера, ветви которых свободно торчат в порах или соединяют цементные частицы. По данному механизму адсорбции, проницаемость через цементный слой уменьшается, и низкая фильтроотдача достигается. В-третьих, в случае превышения определенной дозировки полимера, понизитель может затыкать расстояние между цементными частицами в отфильтрованном слое за счет образования полимерной пленки или через ассоциированную структуру, которая может задерживают огромное

количество молекул воды в своей внутренней сфере и гидратных оболочек. Таким образом, большая часть воды затворения физически связана друг с другом и не будет освобождена во время процесса фильтрации.

Остальное количество ГЭЦ может быть определиться из фильтрата тампонажного раствора, отсюда снижение концентрации полимера до и после контакта с цементом только в результате взаимодействия с цементными частицами, а не из-за нерастворимости полимера.

В настоящее время, различные виды полимеров используются в цементном растворе, как многофункциональная добавка для управления фильтрацией в тампонажном растворе. Наиболее часто используемые полимеры являются Гидроксиэтилцеллюлоза (НЕС) и карбоксиметилоксиэтилцеллюлоза (КМОЭЦ). В ходе данной работы исследуются способность и механизм работы модификаций целлюлозы в качестве понизителей фильтрации в облегченных тампонажных растворах. Потому что при большем количестве воды в цементной суспензии типичные характеристики ГЭЦ полностью показываются в технологических показателях, также можно оценивать их изменение при различных концентрациях добовок. Эти полимеры работают как реагенты, регулирующие загустеванием и увеличивающие вязкость. Полимеры уменьшают потерю жидкости и отделение воды, снижают степень гидратации и усадки раствора и предотвращают миграцию газа. Полимеры представляют себя высокую вязкость в поверхностных условиях, но вязкость начинает уменьшаться с ростом температуры и разлагается при повышенной температуре.

Смесь ПЦТ-50 и добавки		В/Ц	Плотность, г/см ³	Растекаемость, см	Водоотделение, мл	Время загустевания, мин	Условная фильтрация, мл	Прочность, МПа
ГЭЦ 25	0,20	0,98	1,50	250	28,0	5ч 10мин	1392	3,96
	0,40		1,50	250	21,0	3ч 45мин	1200	3,29
	0,60		1,51	250	9,5	3ч 35мин	413	2,90
	0,80		1,51	250	6,3	3ч 35мин	383	2,85
	1,00		1,52	250	3,0	3ч 35мин	265	2,49
ГЭЦ 400	0,20	0,98	1,51	250	21,5	4ч 35мин	550	3,37
	0,40		1,52	250	2,3	4ч 35мин	321	2,55
	0,60		1,52	250	0,0	4ч 35мин	187	2,28
	0,80		1,52	250	0,0	4ч 35мин	90	2,09
	1,00		1,52	250	0,0	> 6ч 30мин	78	2,04
КМОЭЦ 150	0,20	0,98	1,51	250	22,0	4ч	1106	2,89
	0,40		1,51	250	13,0	4ч	750	2,52
	0,60		1,52	250	7,0	> 6ч	396	2,37
	0,80		1,52	250	1,0	> 6ч	316	2,04
	1,00		1,52	250	0,0	> 6ч	248	1,66

Таблица 2 - Результаты выполненных исследований проведены в следующей таблице

В Научно-инновационной лаборатории «Буровые промывочные и тампонажные растворы» НИИТЭК «ТПУ-Бурение» были проведены сравнительные исследования влияния трех типов реагентов ГЭЦ-25, ГЭЦ-400 и КМОЭЦ-150 на технологические свойства тампонажных растворов. Реагенты отличаются степенью помола, скоростью гидратации в воде и вязкостью водных растворов 1%.

Исследования выполнялись с использованием тампонажных портландцементов ПЦТ I-50 (при нормальных температурах) производства ООО «Геотехноваци». Все реагенты ГЭЦ и КМОЭЦ в количестве 0,2 – 1% (к массе цемента) предварительно перемешаются с помолем цемента в сухом виде. После затворения по методике 26798.1 определялись основные характеристики тампонажных растворов и прочность сформированного камня через 2 сут. твердения при температуре 75⁰С.

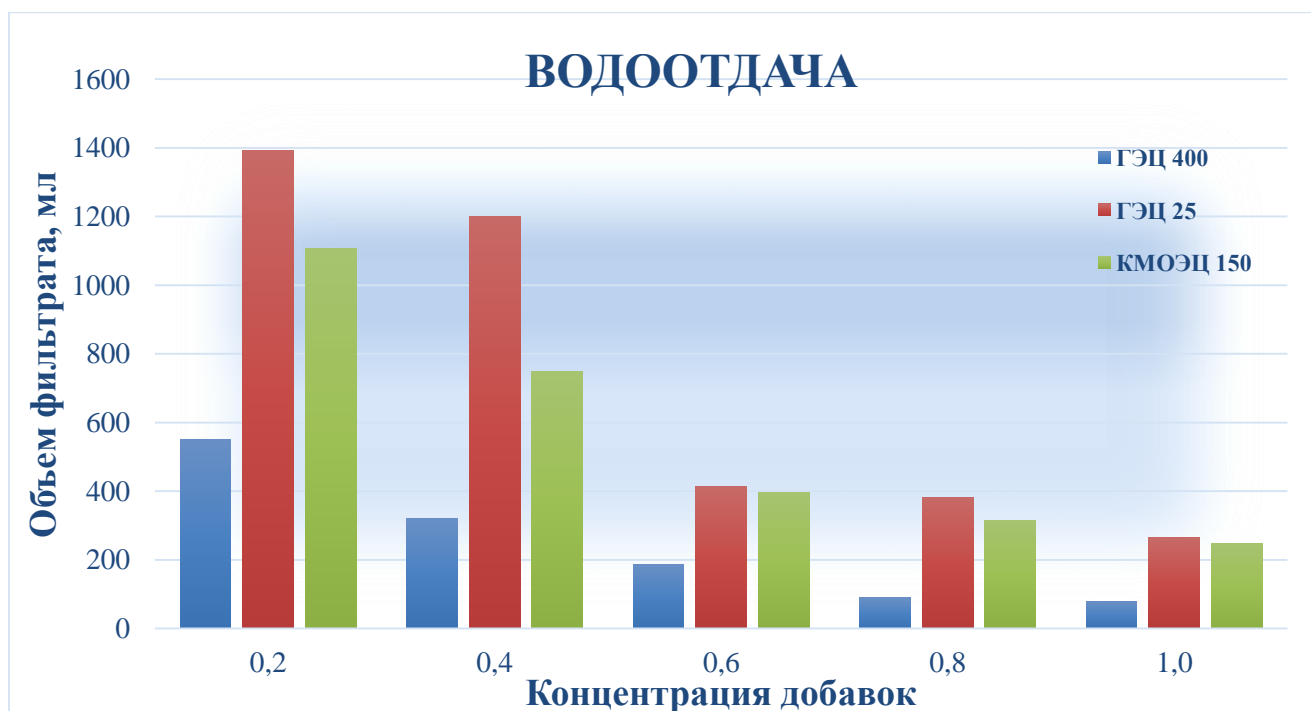


Рисунок 10 – Сравнение степени водоотдачи при различных концентрациях добавок

Анализируя приведённые данные, можно говорить о высокой стабилизирующей способности испытанных полимерных реагентов в составе

тампонажных растворов при нормальных температурах. Наиболее эффективное снижение показателя водоотдачи отмечается при добавлении ГЭЦ-400, при маленькой концентрации 0,4% цементный раствор имеет показатель водоотделения ниже нормативного стандарта по ГОСТу 7 мл для облегченного раствора.

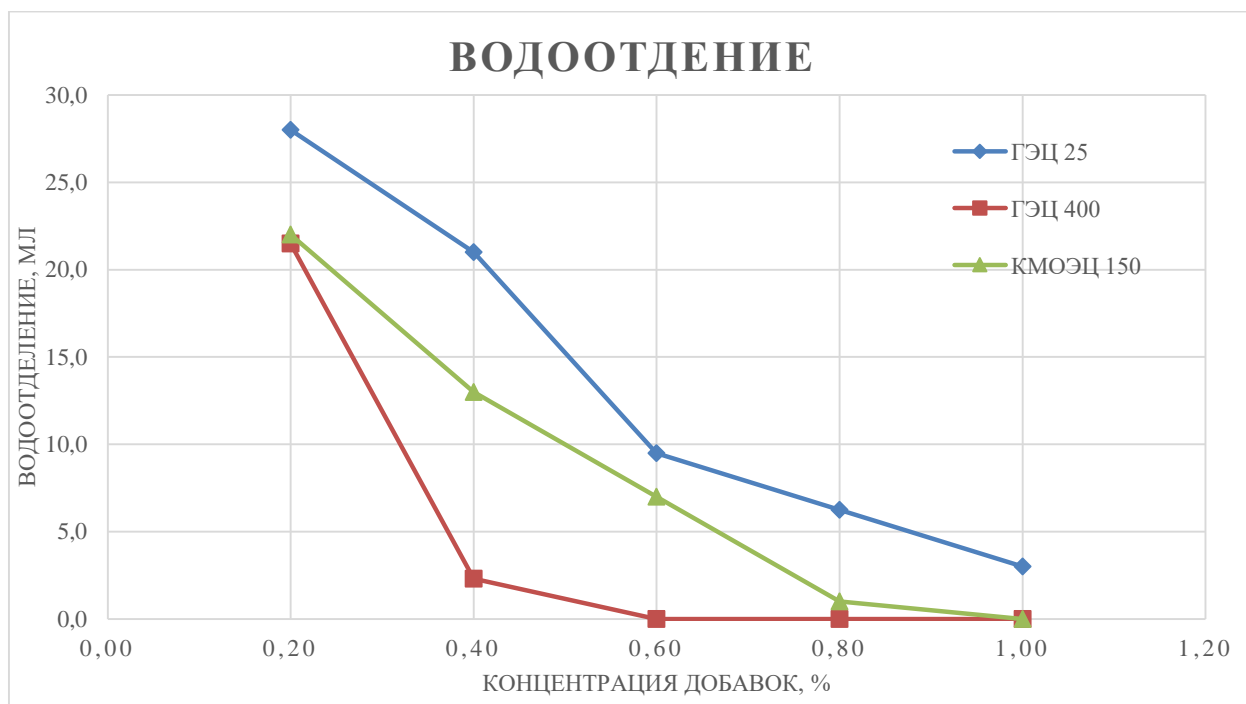


Рисунок 11 – Изменение водоотделения в зависимости от концентраций различных полимеров.

Потому что контроль фильтрации с помощью ГЭЦ не вызывается адсорбцией на цементе, эффект физического засорения считается механизмом работы ГЭЦ. Вообще, ГЭЦ является гидроколлоидом, что во влажной среде он собирают значительное количество воды. При относительной влажности в диапазоне от 47,5 до 100%, данный полимер увеличивает заметно свой объем в результате поглощения воды. Наблюдается массивное набухание частиц полимера кратно их нормальному размеру. Когда влажность уменьшается назад до 47,5%, полимер не может выпускать много воды, которая уже сорбировалась. Таким образом, была подтверждена сильная связывающая способность воды к молекулам ГЭЦ. Второй механизм работы выражается при превышении его концентрации в

растворе над значением порога, которое зависит от типа и свойств используемого цемента. Когда содержание ГЭЦ выше определенного значения, ее частицы могут сформироваться так, что образуются полимерные сетки, как было описано для гидроколлоидов в целом. При низких дозировках гидроколлоидных частиц в растворе, никакого взаимодействия не происходило между отдельными гидратированных молекул полимера, за то они остаются разделенными. Однако, начиная примерно с порогового значения концентрации ГЭЦ, отдельные частицы полимера запутаны и связаны, чтобы сформировать прочную структуру в растворе. Конкретное значение такой концентрации, при которой это объединение начинается, как правило называют концентрацией перекрытия. Дальнейшее увеличение содержания ГЭЦ, гидроколлоиды образуют более плотную сеть, в результате чего, увеличивается количество воды, сохраняющейся в этой сети. Следовательно, повышается способность работы ГЭЦ в качестве понизителя.

Рабочий механизм ГЭЦ в качестве понизителя опирается на двойной эффект, который вытекает из его огромной водоудерживающей способности и зависимости от его концентрации формирования гидроколлоидных связанных полимерных сеток. При концентрации ниже порогового значения, контроль фильтрации в основном достигается за счет способности удерживания воды частиц полимера, а при превышении порогового значения, этот рабочий механизм дополнен образованием очень сильно связанных полимерных сеток. В следующем рисунке показаны уплотнение и размер гидратирующихся частиц цемента, также размеры пор в фильтрованном слое составляют примерно 1 мкм.

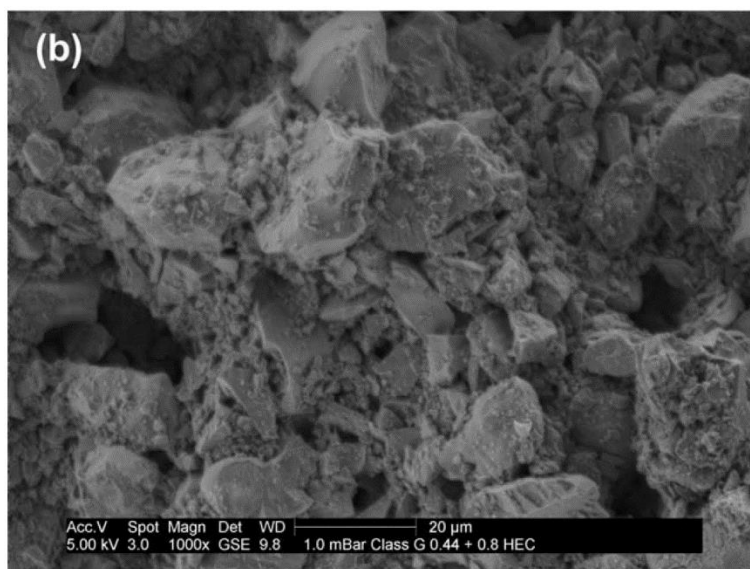


Рисунок 12 – Микроструктура цементных частиц с добавлением ГЭЦ

Анализ ГЭЦ был проведен для выявления влияния молекулярной массы полимера на свойства тампонажного раствора. Два данных материала достаточно различны по молекулярной массе, что свидетельствует о возможной разнице в их поведении в приготовленной цементом ПЦТ-50 суспензии. Так как молекулярная масса полимера равна молекулярной массе мономера, умноженной на степень полимеризации, то разные марки полимера ГЭЦ отличаются длиной цепочки мономеров, в данном эксперименте, макромолекула ГЭЦ-400 имеет длину в 16 раз больше, чем ГЭЦ-25. На базе ГЭЦ-400 разработаны различные составы цементных суспензий, при применении которых опасность повреждения продуктивного пласта значительно меньше, чем при применении ГЭЦ-25.

Применение высокомолекулярных марок ГЭЦ позволяет сократить время на ликвидацию осложнений, заготовку, обработку и выравнивание тампонажных растворов, а также уменьшить расход химреагентов и материалов для приготовления цементных суспензий и затраты на транспортировку. Вместе с тем, как показано в результате экспериментов, полимерные реагенты, положительно влияя на одни свойства раствора (повышение седиментационной устойчивости, снижение водоотдачи и улучшение структуры цементного теста), одновременно придают ему и

камню ряд нежелательных свойств: снижение прочности и замедление сроков схватывания. При добавлении ГЭЦ-400 в концентрациях ниже 1%, цементная суспензия не становится сильно загущенной, ее растекаемость оказывает 250 мм и более, но при этом заметили отрицательное изменение прочности камня на изгиб по увеличению концентрации добавки.

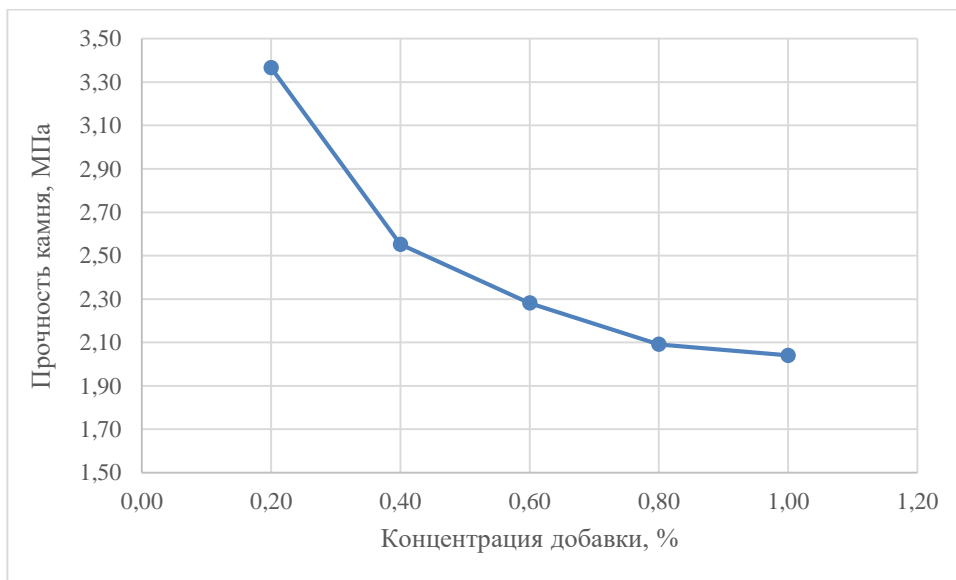


Рисунок 13 – Зависимость прочности камня на концентраций ГЭЦ-400

Анализ различных литературных источников может указывать на причину возникновения нежелательных свойств исследованного тампонажного раствора. Данные полимеры обладают недостатком, что сильно увеличивают время начала схватывания и твердения цементных суспензий, что существенно ограничивает их область внедрения в высокотемпературных скважинах. Отмечено, что чем выше концентрация эфиров целлюлозы, тем больше время схватывания при температуре 75⁰С. Также, длина и молекулярная масса звеньев полимерных цепочек пропорциональна способности удерживания воды, зато при одинаковой концентрации ГЭЦ, раствор с маркой 400 схватывает медленнее, чем с маркой 25.

3. Исследование механизма работы других понизителей

С целью исследования и выявления эффективности эфиров целлюлозы, в данной работе еще проводились эксперименты с добавками КМОЭЦ, Фло-

Трол, Карбоксиметил крахмал (КМК) и бентонит, результаты фильтрации в динамической среде представляются с следующим рисунке.

Добвка	Водоотделение	Водоотдача
Бентонит	12	534
КМК (MI-SWACO)	24	453
FLO-TROL	18,5	83
ГЭЦ-400	0	78
ГЭЦ-150	0	94
ГЭЦ-25	3	265
КМОЭЦ-150	0	248

Таблица 3 – Значения фильтрационных характеристик исследуемых добавок

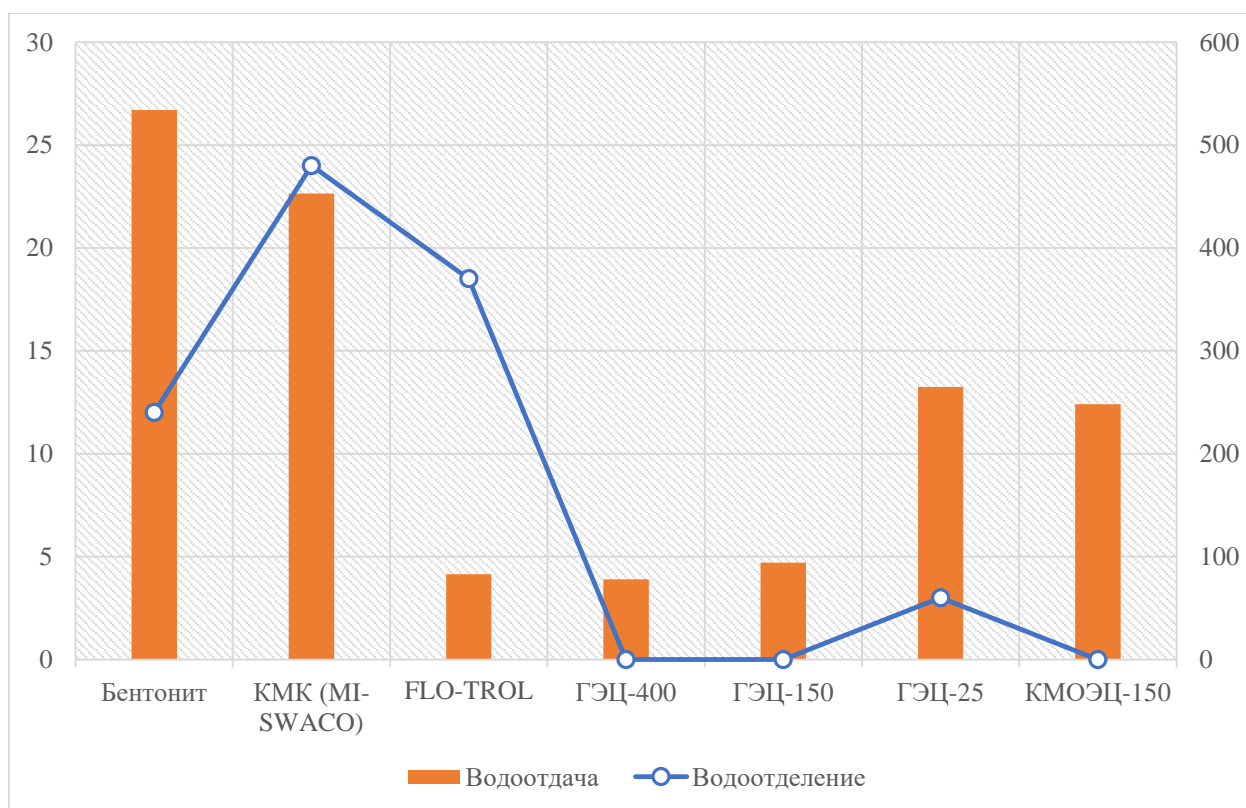


Рисунок 14 – Сравнение фильтрационных свойств для разных добавок концентрацией 1%

Установлено, что скорость фильтрации жидкости из цементных суспензий зависит от вязкости жидкой фазы, зато тампонажные растворы, облегчающиеся бентонитом, обычно сопровождают большей фильтрацией, как показано в опытах.

Молекулярная структура КМК показывается на следующем рисунке. Видно, что диспергирующее свойство понизителя фильтрации тесно связывается с конфигурацией молекулы.

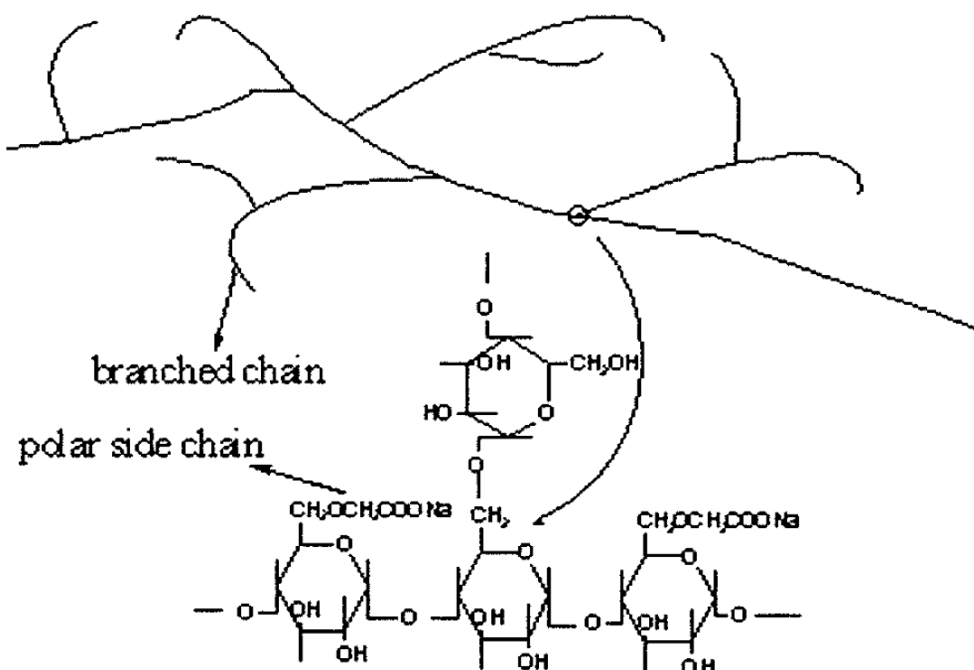


Рисунок 15 – Молекулярная структура КМК

Молекулы КМК принимают вид дендритных структур с многими разветвленными и полярными боковыми цепями. При адсорбции, несколько карбоксильных групп КМК “прикрепляется” на поверхности цемента с комплексом действий между карбоксильной группой и Ca^{2+} , в то время как разветвленные и полярные боковые цепи торчали в жидкой фазе. Молекулы полимера представляются в пространственном распределении на границе твердого тела и жидкости, которые препятствуют агломерации частиц цемента, как показано на Рисунок 16. В процессе гидратации, новые продукты гидратации могут не приютить адсорбционный слой КМК, в связи с толщиной адсорбционного слоя 42.2 нм, и разветвленные и полярные боковые цепи полимера могут также отображать его рассеивающий эффект, как показано на Рисунок 17. Таким образом, стерическое препятствие менее подвержено влиянию гидратации цемента и может держать дисперсию и устойчивость в течение относительно длительного времени.

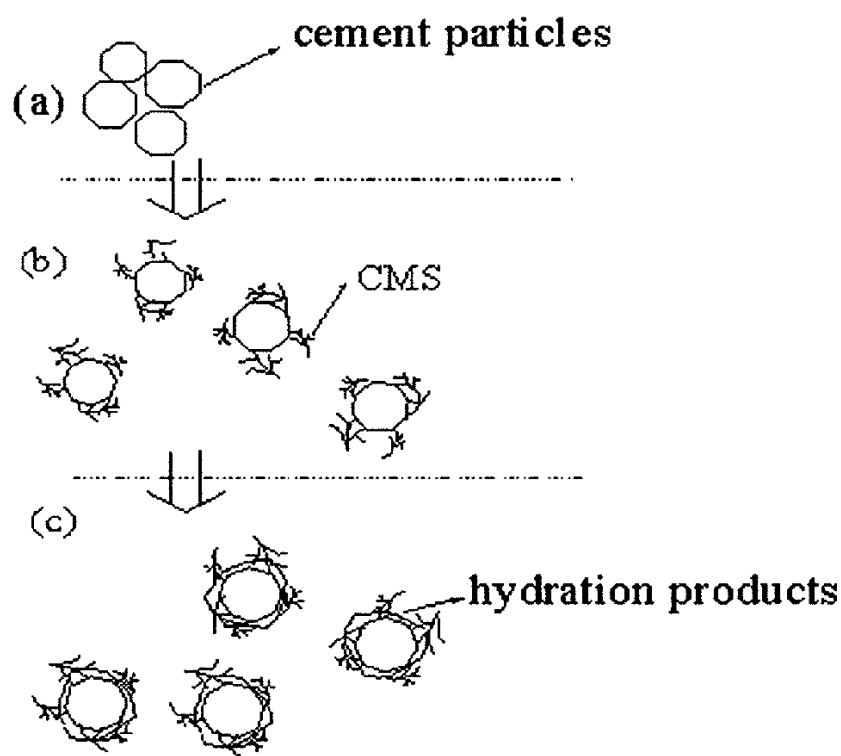


Рисунок 18 – Процесс гидратации цементных частиц, адсорбированных КМК

Показано, что толщина адсорбционного слоя КМК равна 42,2 нм. Во многих исследованиях показано влияние дозировки реагентов понизителя фильтрации на текучесть и зависимость текучести цементного теста от времени задержки, соответственно. Для исследованного в работе типа цемента ПЦТ-50, концентрация 1% КМК от массы цемента не улучшает фильтрационные характеристики, потому что показатели водоотделения и объем фильтрата превосходят нормативы для облегчённого тампонажного раствора. Из сказанного следует, что наиболее доступным способом уменьшения водоотдачи тампонажных растворов является повышение вязкости их жидкой фазы, хотя существует ряд эффективных понизителей водоотдачи как КМК и бентонит, не увеличивающих вязкость фильтрата.

Добавки	Молекулярная масса, г/моль		Индекс полидисперсность	Динамический радиус $R_{h(z)}$ (нм)	Количество отдельных анионных зарядов ϵ (Кл/г)	Вязкость при 27°C
	Среднемассовая M_w	Среднечисловая M_n				
НЕС	210 000	120 000	1,7	20,5	28	0,28
СМНЕС	260 000	150 000	1,8	$4,6 \pm 0,14$	236 ± 18	$0,24 \pm$

						0,065
--	--	--	--	--	--	-------

Таблица 4 – Характерные физические свойства ГЭЦ и КМОЭЦ

В конце 1950-х годов, КМОЭЦ был введен для контроля фильтрации сначала в буровых растворах на водной основе и потом в тампонажных растворах. Для КМОЭЦ, которая является анионной, с высокой молекулярной массой, адсорбция на частицах цемента, высокая вязкость фильтрата и/или образование полимерных сеток представляются вероятными способами для улучшения фильтрационных характеристик.

Рабочий механизм КМОЭЦ как понизителя фильтрации в цементном растворе – это зависимость от концентрации добавки. Ниже пороговой концентрации (в зависимости от типа цемента), адсорбция на частицах цемента представляется основной причиной для контроля фильтрации. Свыше пороговой дозировки, рабочий механизм полностью изменяется и в дальнейшем регулируется формированием высокосвязываемых полимерных сеток, которые физически закупорят пространство между частицами цемента.

ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4. ВВЕДЕНИЕ

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

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

1. ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ

1.1. Анализ конкурентных решений позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. В качестве конкурентов можно выбирать ООО «ГеоТехНовации» (К1) и ООО «Сибирская сервисная компания» (К2). Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения приведен в таблице 1.

Таблица 5 – оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	5	3	1	1	0,6
3. Надежность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
4. Простота эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	4	5	4	0,32	0,4	0,32
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	3	5	4	0,21	0,35	0,28
3. Цена	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	3	4	5	0,24	0,32	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,06	3	5	4	0,18	0,3	0,24
6. Срок выхода на рынок	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
7. Наличие сертификации разработки	0,06	4	5	5	0,24	0,3	0,3

Итого	1	46	50	47	4,34	4,57	4,09
--------------	----------	----	----	----	------	------	------

Изучая полученные результаты можно сказать, что разрабатываемая лабораторная установка является конкурентоспособной. Сильными сторонами являются удобство в эксплуатации, надежность и низкая цена. Слабыми сторонами являются предполагаемый срок эксплуатации, уровень проникновения на рынок и послепродажное обслуживание.

Для устранения этих недостатков необходимо производить более глубокие маркетинговые исследования, разрабатывать более детальные условия обслуживания после продажи.

1.2. SWOT – анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Для SWOT-анализа построена таблица 2.

Таблица 6 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота в эксплуатации. С2. Ремонтопригодность С3. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С4. Экологичность технологии. С5. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие интеллектуального интерфейса. Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Сл3. Отсутствие инженеринговой компании, способной построить производство под ключ.
Возможности: В1. Использование современной рецептуры в	В1С1С3С4С5; В2С1С3С4С5; В3С3С5; В4С3С4С5	В1Сл1Сл3; В2Сл3; В4Сл4

<p>создание интеллектуального интерфейса.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований.</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Уменьшение спроса на без микропроцессорных технологий производств.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Уг1С1С2С5; Уг2С1С2С4С5; Уг3С3С4; Уг4С3С4</p>	<p>Уг1Сл1Сл2Сл3; Уг2Сл1Сл2; Уг4Сл1Сл4</p>

На основании анализа, выяснены сильные, слабые стороны, возможности и угрозы и их соответствия, которые помогают предприятию узнать степень необходимости проведения стратегических изменений.

1.3. Планирование научно-исследовательских работ

1.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе будет составлен перечень работ по проведению научного исследования и распределению исполнителей. Исполнителями

являются студент, научный руководитель. В таблице 3 представлены все нужные данные.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Наименование работ	Исполнитель
1	2	3	4
Подготовительный	1	Постановка задачи и целей дипломного проекта, принятие задания к выполнению	Руководитель Студент
	2	Подбор и изучение материалов по тематике	Руководитель Студент
	3	Анализ предметной области	Руководитель Студент
	4	Выявление участников и основных шагов выполнения	Руководитель Студент
Проектирование	5	Выбор исполнительных, измерительных, коммутационных устройств	Руководитель Студент
	6	Изучение конструкторской документации, паспорта приборов, устройств	Студент
	7	Измерение необходимых коэффициентов	Студент
	8	Расчет параметров установки по методичке	Студент
	9	Разработка проектных рецептов буровых растворов	Студент
	10	Сравнение полученных результатов и нахождение механизма работы новых ингибиторов в БР	Руководитель Студент
	11	Определение влияния современных ингибиторов на полученные результаты	Студент

	12	Проверка полученных результатов	Руководитель Студент
Оформление документации и подготовка отчета	13	Оформление пояснительной записки и подготовка к защите	Руководитель Студент

1.3.2. 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

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

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

$t_{\max i}$ – 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{Ч_i},$$

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

t_{oji} – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

1.3.3. Разработка график проведения научного исследования

Для разработки графика проведения научного исследования используется диаграмма 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 подсчета календарных дней необходимо вычислить коэффициент календарности и умножить его на продолжительность выполнения в рабочих днях. Для 2017 года коэффициент календарности равен 1,48 (количество дней в 2017 году: календарных – 365 дней; рабочих – 274 дней; выходных – 104 дня; праздничных – 14 дней).

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

№ ра бо т ы	Трудоёмкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ож\bar{c}i}$, чел-дни											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	НР, С	НР, С	НР, С	0,7	0,7	0,7	1,03 6	1,03 6	1,036
2	3	2	4	4	3	4	3,4	2,4	4	НР, С	НР, С	НР, С	1,7	1,2	2	2,51 6	1,77 6	2,96

3	2	1	1	2	2	3	2	1,4	1,8	HP, C	HP , C	H P, C	1	0,7	0,9	1,48	1,03 6	1,332
4	1	1	1	2	1	2	1,4	1	1,4	HP, C	HP , C	H P, C	0,7	0,5	0,7	1,03 6	0,74	1,036
5	5	5	6	6	7	8	5,4	5,8	6,8	C	C	C	5,4	5,8	6,8	7,99 2	8,58 4	10,064
6	3	3	5	4	5	5	3,4	3,8	5	C	C	C	3,4	3,8	5	5,03 2	5,62 4	7,4
7	2	2	3	2	2	3	2	2	3	C	C	C	2	2	3	2,96	2,96	4,44
8	4	3	4	5	4	6	4,4	3,4	4,8	C	C	C	4,4	3,4	4,8	6,51 2	5,03 2	7,104
9	14	14	15	17	15	20	15,2	14,4	17	C	C	C	7,6	7,2	8,5	11,2 48	10,6 56	12,58
10	10	9	12	10	11	15	10	9,8	13, 2	HP, C	HP , C	H P, C	10	9,8	13,2	14,8	14,5 04	19,536
11	3	4	3	5	4	5	3,8	4	3,8	C	C	C	3,8	4	3,8	5,62 4	5,92	5,624
12	9	8	10	11	10	12	9,8	8,8	10, 8	HP, C, P	HP , C, P	H P, C, P	3,3	2,9	3,6	4,8	4,3	5,328
13	10	11	14	12	14	15	10,8	12,2	14, 4	HP, C	HP , C	H P, C	5,4	6,1	7,2	7,99 2	9,02 8	10,656
И то го	67	64	79	82	80	10 0	73	70,4	87, 4				49,4	48,1	60,2	73,1	73,2 3	89,1

Таблица 9 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнитель	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.			март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Постановка задачи и целей дипломного проекта, принятие задания к выполнению	НР С	1,036														
2	Подбор и изучение материалов по тематике	НР С	1,776														
3	Анализ предметной области	НР С	1,036														
4	Выявление участников и основных шагов выполнения	НР С	0,74														
5	Выбор исполнительных, измерительных, коммутационных устройств	НР С	8,584														
6	Изучение конструкторской документации, паспорта приборов, устройств	С	5,624														
7	Измерение необходимых коэффициентов	С	2,96														
8	Расчет параметров установки по методичке	С	5,032														
9	Разработка проектных рецептов буровых растворов	С	10,656														
10	Сравнение полученных результатов и нахождение механизма работы новых ингибиторов в БР	НР С	14,504														
11	Определение влияния современных ингибиторов на полученные результаты	С	5,92														
12	Проверка полученных результатов	НР С Р	4,3														
13	Оформление пояснительной записки и подготовка к защите	НР С	9,028														

1.4. Бюджет научно – технического исследования (НТИ)

1.4.1. Расчет материальных затрат НТИ

В данной части рассчитывается стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 6 представлены все затраты.

Таблица 10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы
1	2	3	4	5
Бентонит	кг	2	800	1600
Хлорид калия	кг	2	2200	4400
Хлорид кальция	кг	2	1800	3600
SODA ASH	кг	0,5	150	75
DUOVIS	кг	0,5	1500	750
Известь	кг	1	800	800
Гипс	кг	1	600	600
Итого				11825

Из данной таблицы видно что, затраты на химические реагенты для приготовления буровых растворов составляют 11825 рублей.

1.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Таблица 11 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Оборудование	Время работы $t_{об}$ (ч.)	Потребляемая мощность $P_{об}$ (кВт.)	тарифная цен $C_э$ (кВт/ч);	Затраты $Э_{об}$ (руб.)
Смешитель	135	0,8	4,3	464,4

Персональный компьютер	120	0,3		154,8
Итого:	255	1,1		619,2

Итоговые затраты на электроэнергию составляют:

$$\mathcal{E}_{\text{общ.}} = 619,2 \times 1,15 = 712,08 \text{ руб.}$$

1.4.3. Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$\mathcal{Z}_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (\mathcal{Z}_{\text{осн}} + \mathcal{Z}_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$K_{\text{внеб}} = K_{\text{пен.ф}} + K_{\text{оц.стр}} + K_{\text{мед.стр}}$$

где

$K_{\text{пен.ф}}$ – коэффициент отчислений в пенсионные фонды (0,22);

$K_{\text{оц.стр}}$ – коэффициент социального страхования (2,9);

$K_{\text{мед.стр}}$ – коэффициент медицинского страхования (5,1).

Отсюда получаем:

$$k_{\text{внеб}} = 0,3$$

$$\mathcal{Z}_{\text{внеб}} = 0,3 \times 12537 = 3761,1 \text{ руб.}$$

Суммируя все статьи расходов получаем общую себестоимость дипломного проекта, полученные результаты заносятся в общую таблицу 8:

Таблица 12 – Общая себестоимость научного исследования

Статья расходов	Стоимость (руб.)
Материальные затраты	11825
Затраты на электроэнергию	712,08
Затраты на отчисление во внебюджетные фонды	3761,1

Итого	16298,18
-------	----------

В итоге общие затраты на реализацию научного проекта составило:

$$C_{\text{общ.}} = 16298,18 \text{ руб.}$$

Вывод: Видно, что величина общих затрат отличаются незначительно, ввиду того, что доля материальных затрат незначительна. Основную долю затрат составила зарплата.

1.4.4. Оценка эффективности проекта

Немаловажным критерием расчета является оценка эффективности дипломного проекта, определяются две важные составляющие:

- Показатель финансовой эффективности
- Показатель ресурсоэффективности.

Показатель финансовой рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ — интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} — стоимость варианта исполнения;

Φ_{max} — максимальная стоимость исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

Таблица 13 – Финансовый показатель научного исследования

Параметр	Φ_{pi} руб.	Φ_{max} руб.	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
Исполнитель	16298,18	22500	0,7

Из таблицы видно, что интегральный показатель достаточно высок в лабораторных условиях, соответственно разработка эффективна.

Теперь производится расчет ресурсоэффективности. Данный показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^N a_i \cdot b_i$$

где

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

b_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах (от 1 до 10).

Расчет ресурсоэффективности производится по каждому критерию, по которому характеризуется готовый рабочий прототип (удобство эксплуатации, точность позиционирования и т.д.) и заносится в таблицу 10:

Таблица 14 – Расчёт ресурсоэффективности научного исследования

Критерий	Весовой коэффициент	Балльная оценка
1	2	3
Удобство в эксплуатации	0,1	6
Точность позиционирования	0,25	5
Помехоустойчивость	0,1	8
Энергосбережение	0,15	8
Надежность	0,25	9
Материалоемкость	0,05	7
Цена	0,1	5
Итого	1	48

Анализируя таблицу рассчитывается интегральная оценка эффективности для двух исполнений.

$I_p = 6,95$ – показатель ресурсоэффективности для данного научного исследования;

Получив значения коэффициентов ресурсоэффективности и финансовой эффективности рассчитывается показатель эффективности разработки:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{pi}}{I_{исп.iфинр}}$$

$I_{исп} = 9,9$ – интегральный показатель эффективности данного НИ;

Таблица 15 – Показатели эффективности данного проекта

Показатели	НИ
Интегральный показатель финансовой эффективности	0,7
Интегральный показатель ресурсоэффективности	6,95
Интегральный показатель эффективности вариантов	9,9

Вывод: В ходе выполнения данного раздела проектированы и созданы конкурентоспособные разработки, технологии, отвечающие современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. С помощью информации в установке, аналитических материалах, расчетов бюллетенях выполнены заданные цели.

СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ВВЕДЕНИЕ

Приготовление и исследование технологических свойств тампонажного раствора проводится в лаборатории №108 шестого корпуса. Данная лаборатория оборудована приборами, позволяющими осуществлять исследование и измерение реологических показателей, также приготовление растворов. В целях безопасности для работников, общества и окружающей среды разработаем комплекс мероприятий технического, организационного характера, которые минимизируют негативные последствия проектируемой деятельности.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96, по энергозатратам работа в лаборатории относится к 16 категории – это работа легкая физическая, которая не требует поднятия и переноса тяжестей, производится сидя или связана с ходьбой.

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды

Микроклимат производственной среды

Микроклимат производственного помещения оказывает большое влияние на организм человека, на его здоровье и самочувствие, работоспособность и производительность труда.

К показателям, характеризующим микроклимат, относятся:

- температура воздуха [$^{\circ}\text{C}$];
- относительная влажность [%];
- скорость движения воздуха [м/с];

Приведем оптимальные и допустимые показатели микроклимата производственных помещений согласно СанПиН 2.2.4.548-96.

Период года	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	40-60	0,1

Теплый	22-24	40-60	0,1
--------	-------	-------	-----

Таблица 16 – Оптимальные показатели микроклимата

Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	19 – 20,9	23,1 – 24	15 – 75	0,1	0,2
Теплый	20 – 21,9	24,1 – 28	15 – 75	0,1	0,3

Таблица 17 – Допустимые показатели микроклимата

Отопление лаборатории и корпуса в целом водяное с применением радиаторов. Поскольку работа сопряжена с выделением горючих и поддерживающих горение паров и газов, лаборатория оборудована системой вентиляции.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Плохое освещение утомляет не только зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может быть причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю зрения, ориентации.

На практике используются два вида освещения: естественное и искусственное. Естественное боковое и искусственное рабочее, а также комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения.

Данные виды освещения нормируется СП 52.13330.2011. В данной лаборатории проводятся работы средней точности с наименьшим размером объекта различения более 0,5мм. Разряд зрительной работы в, подразряд 2. Освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения составляет

200лк. На рис.1 показано размещение светильников. В качестве источника света используются газоразрядные лампы низкого давления белой цветности.

Коэффициент пульсации ламп $K_{\text{п}}$ не превышает 20%. Коэффициент естественной освещенности составляет 2,4%.

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Сильный продолжительный шум оказывает негативное влияние на сердечно-сосудистую и нервную системы, может привести к понижению слуха, а также приводит к снижению работоспособности и производительности труда. Длительное воздействие шума на организм человека приводит к следующим последствиям шумовой болезни: снижается производительность труда; ослабляется память, внимание, острота зрения и чувствительность к предупредительным сигналам; снижается чувствительность слуха

В лаборатории шумы, превышающие уровень 80 дБА, установленный СанПиП 2.2.2.3359-16, отсутствуют. Методы защиты от шума делятся на коллективные и индивидуальные. Основные мероприятия по борьбе с шумом:

- Замена металлических соударяющихся деталей на неметаллические;
- Применение глушителей шума;
- Правильная организация труда и отдыха;
- Применение средств индивидуальной защиты (противошумные наушники).

Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу

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

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

В таблице 3 представлены некоторые вредные вещества, использованные при проведении исследования, и их предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоне [9].

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

Таблица 18 – предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоне

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

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

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

- замену вредных веществ в производстве наименее вредными, сухих способов переработки пылящих материалов – мокрыми;
- выпуск конечных продуктов вне пылящих формах;
- замену пламенного нагрева электрическим, твердого и жидкого топлива – газообразным;
- ограничение содержания примесей вредных веществ в исходных и конечных продуктах;

- применение прогрессивной технологии производства, исключающей контакт человека с вредными веществами;

1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Электробезопасность

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 данная лаборатория относится к первому классу опасности, так как в ней учтены все необходимые правила по электробезопасности, это сухое помещение без повышенного напыления, температура воздуха нормальная, пол покрыт изоляционным материалом. Все электрооборудование и приборы находятся на своих местах и имеют защитное заземление с сопротивлением не более 4 Ом (ГОСТ 12.1.030-81.) Все сотрудники проходят первичный инструктаж по электробезопасности.

Пожарная безопасность

Поскольку в помещении лаборатории происходят работы, связанные с обработкой негорючих веществ и материалов в холодном состоянии, помещение по степени пожароопасности относится к классу Д (производство, связанное с обработкой негорючих веществ и материалов в холодном состоянии) (ГОСТ 12.1.004-91), в соответствии с классом зоны взрывопожаробезопасности СП 12.13130.2009.

Причинами пожара могут быть:

- токи короткого замыкания;
- неисправность электросетей
- незнание или небрежность обслуживающего персонала;
- курение в неположенных местах.

В связи с этим в лаборатории необходимо выполнять следующие нормы пожарной безопасности:

- для предохранения сети от перегрузок запрещается включать дополнительные не предусмотренные потребители;

- работы в лаборатории проводить только при исправном состоянии оборудования, электропроводки;
- иметь средства для тушения пожара (огнетушитель);
- иметь в наличии план эвакуации людей, который должен висеть на видном месте;
- оборудование размещать так, чтобы был достаточный проход к выходу.

Так же в лаборатории запрещается:

- пользоваться открытым огнем, курить;
- производить зарядку аккумуляторных батарей;
- хранить легко воспламеняющиеся вещества, за исключением спирта для технологических целей (1 литр).

Движущиеся части машин и механизмов

В лаборатории, с помощью перемешивателя готовят буровые растворы, перемешивают исследуемые растворы с различными химическими реагентами и другими жидкостями. Механический лопастью перемешиватель, используемый в лаборатории 108 в 6-ом корпусе, состоит из электродвигателя, планетарного редуктора, рамы, фланца, вала и неподвижного лопастного узла. В ходе работы с перемешивателем, возможно возникать несколько опасных случаев для пользователей:

- Ошибки при выполнении работы могут привести к поражению электрическим током или пожару;
- При работе с перемешивателем в связи с большей скоростью вращения лопастей момент невнимательности пользователей может привести к серьёзным травмам;
- Без применения индивидуальных средств защиты (нескользящая обувь, защитный шлем, средства защиты слуха) и защитных очков возможно привести работникам риск травм;

- Если расстояние между исполнителем и перемешивателем в ходе выполнения экспериментов возможно возникнуть несчастные случаи;
- Использование данного электроинструмента не по назначению может привести к опасным ситуации;
- В условиях, когда частное использование инструмента становится привычкой, не допускать излишней самоуверенности в работе и не пренебрегать элементарными правилами безопасности. В результате неосторожных действий в течение доли секунды можно получить тяжёлую травму;
- Причины большого числа несчастных случаев вытекают из плохого обслуживания, используемого перемешивателя.

Вредные вещества к анализу вредных факторов

При работе с буровыми растворами и химическим реагентами следует руководствоваться действующими правилами и инструкциями по их безопасному применению.

Помещение лаборатории в присутствии химических реагентов должно быть просторным и светлым. Лаборатория должна быть снабжена необходимыми приборами и оборудованием. В каждой лаборатории должна быть хорошая вентиляция, необходимо наличие вытяжного шкафа, в котором проводят работы с использованием дурно пахнущих или ядовитых соединений, а также обжиг различных веществ. В специальных вытяжных шкафах хранят легколетучие, вредные, дурно пахнущие и легковоспламеняющиеся вещества (кислоты и щелочи, органические жидкости и др.). В лаборатории также необходимы водопровод, канализация, проводка электрического тока. Лаборатория должна иметь установку для дистилляции воды, так как все опыты нужно проводить только с использованием дистиллированной воды. Кроме рабочих столов в лаборатории должны быть письменные столы, шкафы и тумбочки для

хранения посуды и реактивов, приборные столы для установки различных приборов.

При работе в химической лаборатории необходимо соблюдать следующие правила:

- Работа должна быть предварительно спланирована учащимся и одобрена преподавателем.
- На лабораторном столе во время работы не должно быть посторонних предметов.
- В лаборатории следует работать в хлопчатобумажном халате, волосы должны быть убраны.
- Строго запрещается принимать в лаборатории пищу.
- До и после выполнения работы необходимо вымыть руки.
- Работать нужно аккуратно, результат опыта зависит от чистоты проведения эксперимента.
- Все опыты с ядовитыми и пахучими веществами выполнять в вытяжном шкафу.
- Химические реактивы брать только шпателем, пинцетом или ложечкой (не руками!).
- Неизрасходованные реактивы не высыпать и не выливать обратно в те сосуды, откуда они были взяты.
- Работу с твердыми щелочами проводить только в защитных очках и перчатках.

2. Охрана окружающей среды

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

которые используются в бурении скважин и при интенсификации извлечения углеводородов.

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

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

В таблице 4 представлены вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при геологоразведочных работах.

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Уничтожение и повреждение почвенного слоя, сельхозугодий и других земель	Рациональное планирование мест и сроков проведения работ. Соблюдение нормативов отвода земель. Рекультивация земель
	Загрязнение почвы нефтепродуктами, химреагентами и др.	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники. Вывоз, уничтожение и захоронение остатков нефтепродуктов, химреагентов, мусора, загрязненной земли и т.д.
	Засорение почвы производственными отходами	Вывоз и захоронение производственных отходов
	Создание выемок и	Засыпка выемок, горных выработок

	неровностей, усиление эрозионной опасности. Уничтожение растительности	
Лес и лесные ресурсы	Уничтожение, повреждение и загрязнение почвенного покрова	Мероприятия по охране почв
	Лесные пожары	Уборка и уничтожение порубочных остатков и другие меры ухода за лесосекой
	Оставление недорубов, захламление лесосек	Оборудование пожароопасных объектов, создание минерализованных полос, использование вырубленной древесины
	Порубка древостоя при оборудовании буровых площадок, коммуникаций, поселков	Попенная плата, соблюдение нормативов отвода земель в залесенных территориях
Вода и водные ресурсы	Загрязнение сточными водами и мусором (буровым раствором, нефтепродуктами, минеральными водами и рассолами и др.)	Отвод, складирование и обезвреживание сточных вод, уничтожение мусора; сооружение водоотводов, накопителей, отстойников, уничтожение мусора
	Загрязнение бытовыми стоками	Очистные сооружения для буровых стоков (канализационные устройства, септики, хлораторные и др.)
	Механическое и химическое загрязнение водотоков в результате столкновения отвалов, нарушение циркуляции водотоков отвалами, траншеями и др.	Рациональное размещение отвалов, сооружение специальных эстакад и т.д.
	Загрязнение подземных вод при смешении различных водоносных горизонтов	Ликвидационный тампонаж буровых скважин

	Нарушение циркуляции подземных вод и иссушение водоносных горизонтов при нарушении водоупоров буровыми скважинами и подземными выработками	Оборудование скважин головками
Недра	Нарушение состояния геологической среды (подземные воды, изменение инженерно-геологических свойств пород)	Ликвидационный тампонаж скважин. Гидрогеологические, гидрогеохимические и инженерно-геологические наблюдения в скважинах и выработках
	Не комплексное изучение недр	Оборудование и аналитические работы на сопутствующие компоненты, породы вскрыши и отходы будущего производства. Научные исследования по повышению комплексности изучения недр
	Неполное использование извлеченных из недр полезных компонентов	Организация рудных отвалов и складов
Воздушный бассейн	Выбросы пыли и токсичных газов из подземных выработок, а также при наземных взрывах. Выбросы вредных веществ при бурении с продувкой воздухом, работа котельных и др.	Мероприятия предусматриваются в случаях непосредственного вредного воздействия
Животный мир	Распугивание, нарушение мест обитания животных, рыб и других представителей животного мира, случайное уничтожение	Проведение комплекса природоохранных мероприятий, планирование работ с учетом охраны животных
	Браконьерство	

Таблица 19 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при геологоразведочных работах

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

3.1.Перечень возможных источников чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Пожары, взрывы

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

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

Технические мероприятия, обеспечивающие или снижающие взрыво- и пожароопасность:

- применение легкобрасываемых конструкций в наружных ограждениях зданий в соответствии со СНиП 2.09.02-85;
- применение аварийной вентиляции (в дополнение к основной);
- флегматизация атмосферы производственных помещений;
- контроль за накоплением в воздухе производственных помещений взрывоопасных и горючих газов и паров;
- исключение источников воспламенения взрыво- или пожароопасной среды.

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

- обучение рабочих и служащих умелому применению средств и способов защиты, действиям в чрезвычайных ситуациях, а также в

- составе формирований при проведении спасательных и восстановительных работ;
- разделение больших зданий на секции несгораемыми стенами;
 - рассредоточенное размещение зданий и сооружений, предусматривающее разрывы между зданиями шириной не менее суммарной высоты двух соседних зданий;
 - размещение складских помещений для хранения легковоспламеняющихся и горючих веществ в отдельных блоках заглубленного и полуглубленного типа у границ территории предприятия или за ее пределами;
 - повышение устойчивости зданий и сооружений за счет устройства каркасов, рам, подкосов, контрфорсов, промежуточных опор для уменьшения пролета несущих конструкций;
 - повышение прочности невысоких сооружений путем обсыпки грунтом;
 - закрепление оттяжками высоких сооружений (труб, вышек, башен, мачт);
 - защита емкостей с сильнодействующими ядовитыми веществами, легковоспламеняющимися и горючими жидкостями путем их обваловывания – устройства земляного вала вокруг емкости, рассчитанного на удержание полного объема жидкости;
 - максимальное сокращение запасов взрывоопасных, горючих и сильнодействующих ядовитых веществ непосредственно на территории предприятия. Размещение сверхнормативных запасов этих веществ на безопасном для предприятия расстоянии.

Для ликвидации пожаров в начальной стадии используются подручные и первичные средства пожаротушения. Подручные средства – это вещества и предметы, заранее не подготовленные для тушения пожаров. К ним относится вода, песок, земля, различные предметы, набрасываемые на очаг горения. Первичные средства – это приборы и средства, заранее

приготовленные для тушения пожаров. На объектах народного хозяйства часто можно видеть пожарные посты (щиты), где имеется набор первичных средств пожаротушения: огнетушители, песок и вода в емкостях, кошма, приборы для вскрытия конструкций.

Аварии с выбросом аварийно-химически опасных веществ

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

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

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

Комплекс мероприятий по защите от АХОВ включает:

- инженерно-технические мероприятия по правильному хранению, транспортировке и использованию АХОВ;
- подготовку сил и средств для ликвидации химически опасных аварий;
- обучение порядку и правилам поведения в условиях возникновения аварии персонала объектов и населения;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты;

- повседневный химический контроль;
- прогнозирование зон возможного химического заражения;
- предупреждение о непосредственной угрозе поражения АХОВ;
- химическую разведку района аварии;
- временную эвакуацию персонала объектов и населения из опасных районов;
- поиск пострадавших и оказание им помощи;
- локализацию и ликвидацию последствий аварий.

План защиты персонала от АХОВ должен включать два раздела:

- организационные мероприятия;
- инженерно-технические мероприятия

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

Комплекс этих мероприятий включает:

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

Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения

Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения – электроэнергетических, канализационных системах, водопроводных и тепловых сетях редко сопровождаются гибелью людей, однако они создают

существенные трудности жизнедеятельности, особенно в холодное время года.

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

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

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

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

Действия при авариях на коммунальных системах

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

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

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

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

теплее и принять профилактические лекарственные препараты от ОРЗ и гриппа.

3.2.Перечень возможных источников чрезвычайных ситуаций природного характера

Землетрясение

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

Поражающие факторы землетрясений приведены в таблице 5.

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

Таблица 20 – Поражающие факторы землетрясений

Наводнение

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

Защита в чрезвычайных ситуациях

Лаборатория находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте и в городе в данном случае могут быть наводнения.

Меры по предупреждению последствий морозов:

- Сооружение водосточных каналов.
- Сооружение дамб.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Большое значение в работе имеет организация рабочих мест сотрудников и создание благоприятных условий труда.

Работа в лаборатории обычно отличается малой двигательной активностью, монотонностью, длительным нахождением в закрытом помещении. Всё это вызывает быструю утомляемость и естественно отражается на результатах труда.

В лаборатории площадью 20 м² может работать одновременно не более 3 человек, следовательно, учтены нормы площади служебного помещения. Для обеспечения благоприятных условий микроклимата помещение оборудовано вытяжкой. Глубина стола составляет 80 см, ширина 1,5м. Расстояние между работающими составляет не менее 1,5м. Ширина прохода составляет около 2м. Плоскости экранов компьютеров расположены перпендикулярно окнам, габариты мебели соответствуют размерам помещения, загромождения нет.

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности.

Трудовая деятельность в лаборатории относится к категории В – творческая работа в режиме диалога с ПК, третья категория тяжести.

Количество и длительность регламентированных перерывов, их распределение в течение рабочей смены устанавливается в зависимости от категории работ на ПК и продолжительности рабочей смены. Так как рабочая смена составляет около 8 часов, то перерывы происходят через 1,5- 2,0 часа от начала рабочей смены и через 1,5-2,0 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из анализа литературного обзора и результатов исследованных экспериментов следует, что фильтрат промывочных и тампонажных растворов является основной причиной загрязнения проницаемых пластов и увеличения водосодержания пластов. Для сохранения коллекторских свойств призабойной зоны пласта и снижения загрязнения проницаемых пластов необходимо внедрить тампонажные растворы с заданными фильтрационными свойствами при цементировании скважин.

В данной работе специально исследуется способность снижения водоотдачи и водоотделения в облегченном тампонажном растворе, приготовленного из портландцемента ПЦТ-50. Благодаря содержанию большого количества воды в суспензии, можно проще рассмотреть эффективность исследуемых добавок и представить их поведения с механизмами работы.

Широкое применение в тампонажных растворах, как понизители фильтрации, нашли эфиры целлюлозы. Основными из них являются гидроксиэтилцеллюлоза (ГЭЦ) и карбоксиметилоксиэтилцеллюлоза (КМОЭЦ). Водоотдача цементной скспензии при добавке 1% ГЭЦ-400 в почти 6 раз меньше водоотдачи цементного раствора с традиционными добавками.

Для снижения фильтрации необходимо, чтобы адсорбционный слой был полностью насыщен полимером, а его избыток оставался в дисперсионной среде (жидкости затворения). При этом снижение скорости фильтрации и объема фильтрата легко достигается благодаря понизителям нового поколения, например, как ГЭЦ, КМОЭЦ. В зависимости от молекулярной массы данные эфиры целлюлозы, отличающиеся вязкостью и размером полимерных цепей, обладают различной степенью снижения фильтрации при воздействии с частицами цемента в растворе. По полученным результатам, ГЭЦ-400 и КМОЭЦ имеют наивысшую способность удерживания свободной воды в цементной суспензии. Для

исследованного цемента ПЦТ-50 концентрация ГЭЦ-400 от 0,4% заметно улучшает показатели фильтрации, а при КМОЭЦ от 0,8%.

Для понизителей старого поколения, их механизм работы заключается в увеличении сопротивления фильтрационной корки, ввиду адсорбции ионогенных полимеров на поверхности твердой фазы, которые уменьшают трение между частицами и их агрегирование, способствуя их уплотнению и получению более сжимаемой фильтрационной корки.

Следует также учесть, что большинство понизителей фильтрации являются одновременно замедлителями сроков схватывания и вызывает уменьшение прочности тампонажного камня.

INTRODUCTION

When a cement slurry is placed across a permeable formation under pressure, a filtration process occurs. The aqueous phase of the slurry escapes into the formation, leaving the cement particles behind.

If fluid loss is not controlled, several serious consequences may result which can lead to job failure. As the volume of the aqueous phase decreases, the slurry density increases; as a result, the performance of the slurry (rheology, thickening time, etc.) diverges from the original design. If sufficient fluid is lost to the formation, the slurry becomes unpumpable.

The API fluid-loss rate of a neat cement slurry generally exceeds 1500 mL/30 min. as discussed, an API fluid-loss rate less than 50 mL/30 min is often required to maintain adequate slurry performance. To accomplish such a reduction in the fluid-loss rate, materials known as 'fluid-loss control agents' are included in the slurry design.

At present, the exact mechanisms by which fluid-loss control agents operate are not completely understood; however, several processes are known to occur. Once fluid-loss commences across a formation, a filter cake of cement solids is deposited on the formation surface. Fluid-loss agents decrease the filtration rate by reducing the permeability of filter cake, and/or by increasing the viscosity of the aqueous phase.

Two principal classes of fluid-loss additives exist: finely divided particulate materials and water-soluble polymers. The chemical and physical nature of each type of material, as well as mechanistic hypotheses, are discussed in this work.

1. Water-Soluble Polymers

Oil well cementing is often considered as one of the most important operations performed in the construction of a well bore. Placement of the cement slurry under pressure across a permeable formation, however, may lead to rapid dehydration, resulting in poor pumpability and incomplete cement hydration. To control the properties of oil well cement slurries, additives are included into the

formulation. Fluid loss additives (FLAs) are added to oil well cement to reduce uncontrolled water loss from the slurry while being pumped along porous formations in the bore hole. Hydroxyethyl cellulose (HEC) is among the most widely used cellulosic fluid loss control agents, whereas carboxymethyl hydroxyethyl cellulose is less common. Here, the working mechanism of HEC as an FLA in oil well cement was investigated. In the late 1950s, carboxymethyl hydroxyethyl cellulose (CMHEC) was introduced for fluid loss control first in water-based drilling fluids and later also in oil well cement slurries.

Fluid-loss control agents have been added to well cement slurries for more than 20 years, and it is now recognized that the quality of cement jobs has improved significantly. Indeed, it is generally acknowledged that insufficient fluid-loss control is often responsible for primary cementing failures, because of excessive in slurry density or annulus bridging.

Cellulose Derivatives: Hydroxyethyl cellulose (HEC) and carboxymethyl hydroxyethyl cellulose (CMHEC) are the two cellulose polymers used in well-cementing applications. HEC is commonly considered as a fluid-loss additive. Although as a possible option, it is worth noting that at Bottom Hole Circulating Temperature (BHCT) of 52⁰C or less, the thickening time can be extended by approximately two hours in freshwater slurry. Traditionally, the only cellulose that is considered as a retarder is CMHEC. This is largely because it is functional as a retarder up to approximately 110⁰C BHCT at the same concentrations as calcium Lignosulfonate, but it also provides good fluid-loss control. To Adams and Charrier, Carboxymethyl hydroxyethyl cellulose (CMHEC) can be used to about 116⁰C BHCT.

The most common cellulosic fluid-loss control agent is hydroxyethylcellulose (HEC), with a DS range between 0.25 and 2.5. The basic structural unit is shown in Figure 1. Various molecular weights of the polymer are used, depending upon the density of the cement slurry. In this work, for low-density slurries an HEC of low molecular weight (1% solution viscosity: 10 cP) is

used, and higher molecular weight HEC is used for the slurries (1% solution viscosity: 21 cP).

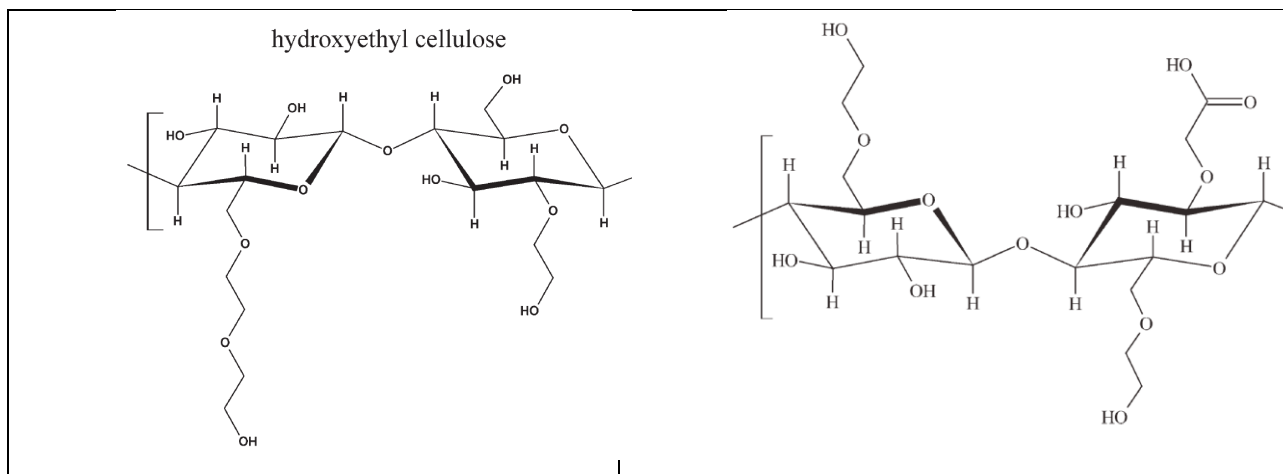


Figure 1 – Chemical structure of HEC (left) and CMHEC (right)

All cellulosic fluid-loss additives share certain disadvantages. They are effective water viscosifiers; as a result, they can increase the difficulty of slurry mixing, and ultimately cause undesirable viscosification of the cement slurry. At temperatures less than about 65°C, cellulosic fluid-loss additives are efficient retarders; thus, care must be taken to avoid over retardation of the slurry. The efficiency of the cellulose polymers decreases with increasing temperature. Cellulosic fluid-loss control agents are not normally used at circulating temperatures above 93°C.

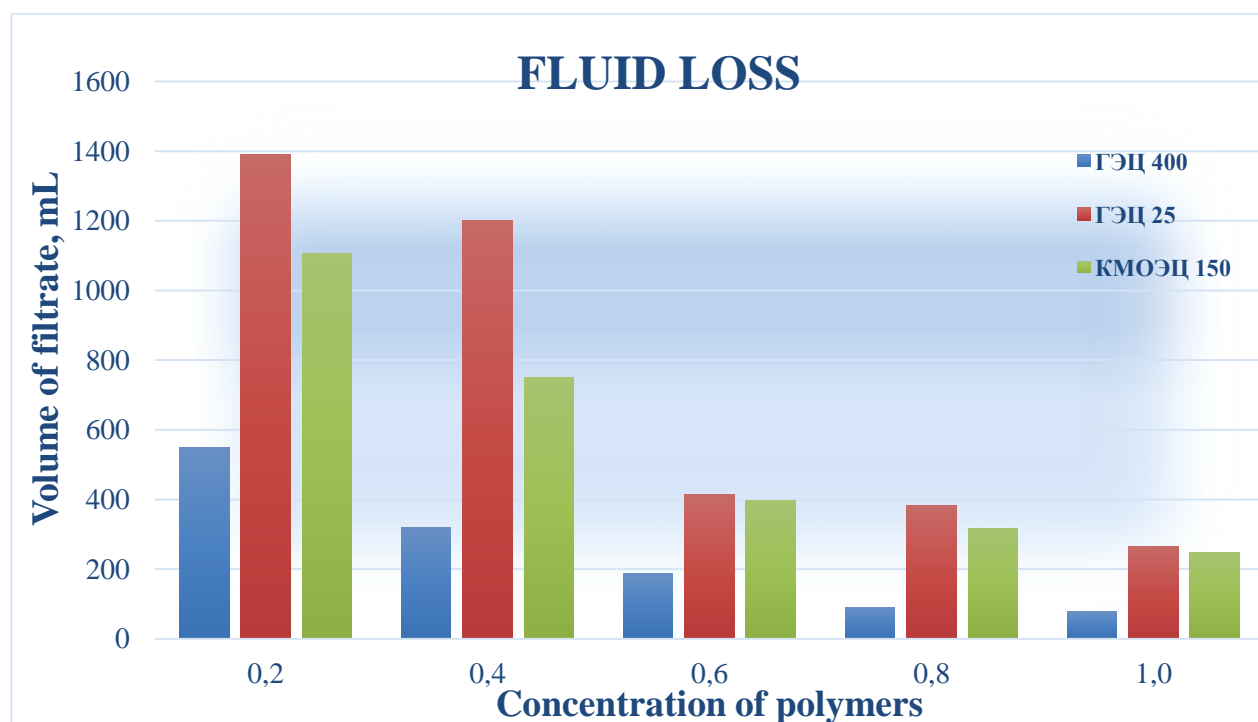


Figure 2 – Comparison of fluid loss at the different concentrations of additives

Three fundamental working mechanisms for polymeric FLAs are known. First, increased dynamic viscosity of the cement filtrate can decelerate the rate of filtration. Second, anionic FLAs may adsorb onto hydrating cement particles and obstruct filter cake pores either by polymer segments, which freely protrude into the pore space or even bridge adjacent cement particles. Through this adsorptive mechanism, filter cake permeability is reduced and low fluid loss can be achieved. Third, some FLAs may plug the pores of the cement filter cake either through formation of polymer films, of polyelectrolyte complexes or through polymer associates, which can bind an enormous amount of water molecules in their inner sphere and hydrate shells. In the latter case, performance of the fluid loss polymer is further enhanced because a significant portion of the mixing water is physically bound and will not be released during the filtration process.

Here, it was attempted to establish the working mechanism of CMHEC. For CMHEC which is an anionic, high molecular weight hydrocolloid, adsorption on cement, high filtrate viscosity, and/or polymer association appear to be likely candidates for the mechanism.

The working mechanism of HEC as a cement FLA relied on a dual effect, which stemmed from its enormous water-binding capacity and a concentration-dependent formation of hydrocolloidal associated polymer networks. At concentrations below the threshold concentration of HEC, fluid loss control was mainly achieved through the water-binding capacity of hydrocolloidal HEC. Above the threshold concentration of HEC, this working mechanism was supplemented by the formation of highly associated polymer networks.

The working mechanism of CMHEC as cement FLA is concentration dependent. Below the threshold concentration of CMHEC adsorption on cement presents the predominant reason for fluid loss control. Above the threshold concentration of CMHEC, the working mechanism changes completely and is

henceforth governed by the formation of highly associated polymer networks, which physically plug cement filter cake pores.

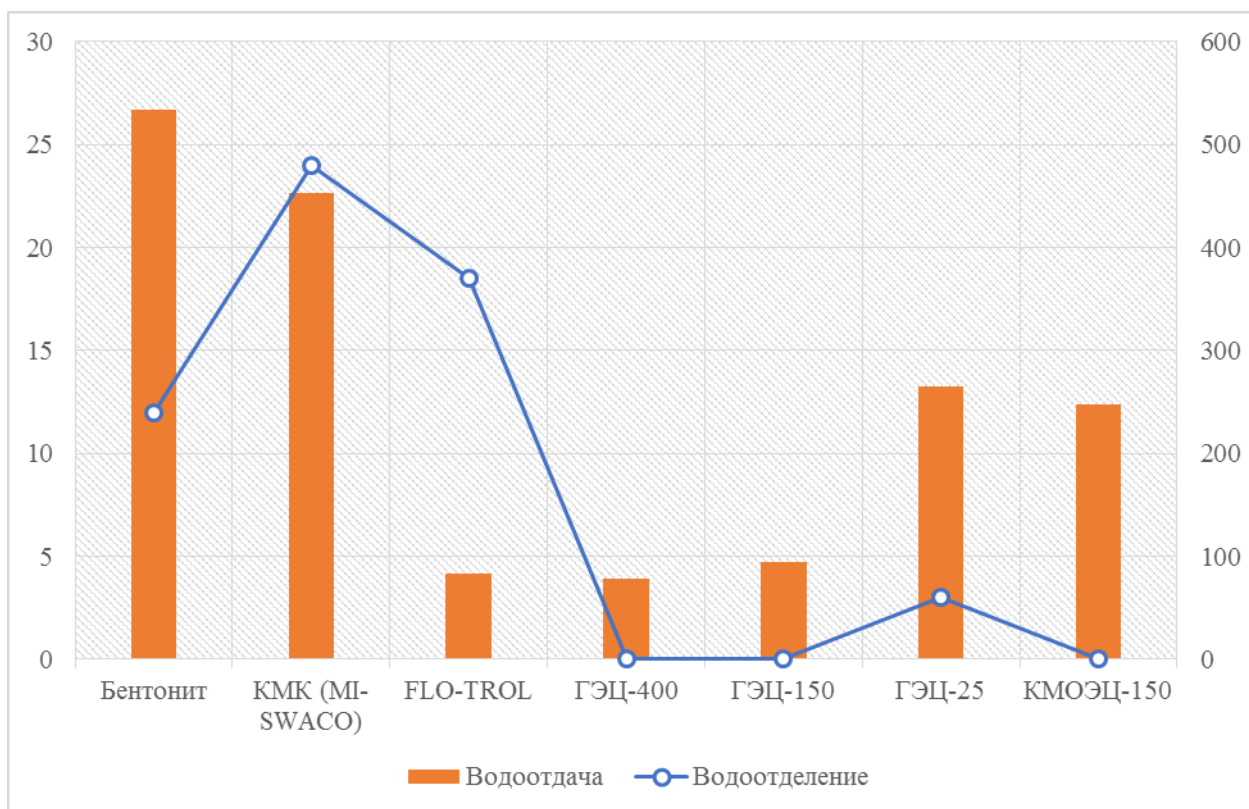


Figure 2 – Cement slurries containing water-soluble polymers must be well dispersed to obtain optimum fluid-loss control.

2. Low-density cement slurry

Several alternatives have been used to adjust cement slurry density. These methods can be used individually or in various combinations. The optimum means to adjust slurry density depends in part on the formation conditions of the well and logistics such as onsite availability of specialists, materials, and equipment and the service company's experience, hardware, and preferred practices.

Cement density is typically expressed in pounds-per-gallon or ppg (field units), with conventional unmodified slurries weighing between 15.6 and 16.4 ppg and reduced density material ranging down to as little as 5 ppg. Slurry density selection is based on factors that include pore pressure, fracture gradient, and

length of the cement column. Depending on conditions, slurry density alternatives can be used alone or in concert to achieve the best combination of performance and economy.

Density adjustment alternatives. It is more common to reduce rather than increase slurry density to achieve zonal isolation and protect the geologic structure. Several methods and materials are available for use individually or in combination for this purpose.

Water extension. The simplest means of achieving density reduction is to add water, along with extenders such as bentonite, sodium, or potassium silicates, or diatomaceous earth. This process is economical, but it degrades ultimate cement performance in proportion to the amount of excess added water. Slurry weight can be reduced to approximately 11.5 lbs/gal using water alone; further density reduction with water results in unacceptable permeability, low compressive strength, and extended cure time.

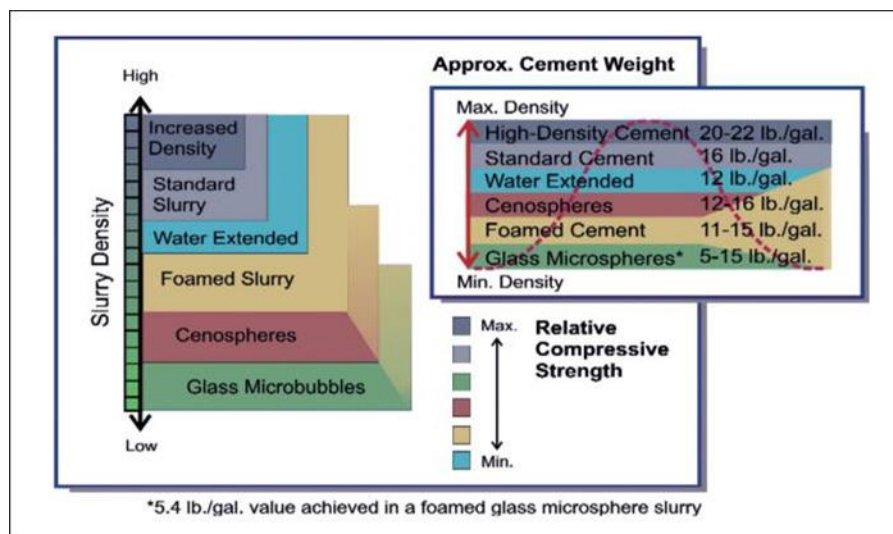


Figure 3 – This graph shows the relative properties of cement density modification alter natives. These materials can be used in combination to achieve the required density and compressive strength.

3. Cement slurry preparation

Cement slurries were prepared in accordance with the procedures set forth in the Recommended Practice for Testing Well Cements, API Recommended Practice 10B-2, issued by API.²² The slurries were mixed at a water-to-cement (w/c) ratio

of 0.98 with a blade-type laboratory blender manufactured by Waring Products, Inc. (Torrington, CT). The admixture dosages are stated in percentages by weight of cement (bwoc). Before cement addition, the powdered HEC or CMHEC was dry-blended with the cement. The homogenized mixture was added within 15 s to the water placed in a Waring blender cup and mixed for 3 min at 4,000 rpm.

Fluid loss test

The static fluid loss was measured at 270 C with a 500-mL HP/HT stainless steel filter press cell manufactured by OFI Testing Equipment, Inc. After pouring the homogenized slurry obtained from the atmospheric consistometer into the HT/HP cell, we used a heating jacket (OFI Testing Equipment) to adjust the test temperature. Then, a differential pressure of 0,7 MPa of N₂ was applied at the top of the cell. Filtration proceeded through a 22.6-cm² mesh metal sieve placed at the bottom of the cell. The fluid volume collected within 30 min was regarded as the API fluid loss of the corresponding slurry. The retained amount of the FLA was determined from the filtrate collected in the respective fluid loss test. The decrease in the polymer concentration before and after contact with cement solely resulted from interaction with cement and not from insolubility of the polymer. This assumption was confirmed through a solubility test.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1.Кожевников Е.В. Исследование свойств тампонажных растворов для крепления скважин и боковых стволов с наклонными и горизонтальными участками // Вестник ПНИПУ – Геология – Нефтегазовое и горное дело. 2015г. №17.
- 2.Данюшевский В.С. Проектирование оптимальных составов тампонажных цемента. – М.: Недра, 1978. – 293с.
- 3.Пестерев С.В., Фатхутдинов И.Х. Новые добавки для эффективного решения технологических задач при цементировании скважин. Бурение и нефть – №11 (Ноябрь) – 2012г.
- 4.Булатов А.И. Тампонажные материалы. – М: Недра, 1987 – 280 с.
- 5.Облегченный тампонажный раствор с добавкой минерализованного глинопорошка. – М.: ВНИИОЭНГ, 1976.
- 6.Данюшевский В.С. Проектирование оптимальных составов тампонажных цемента. – М.: Недра, 1978. – 294 с.
- 7.Круглицкий Н.Н. Физикохимия, реология растворов с добавкой цеолита // Получение и применение промывочных и тампонажных дисперсий в бурении. – Киев: Наукова думка, 1984. – С. 17 – 26.
- 8.Сулейманов Э.М. Разработка и исследование облегченного цементного раствора / Э.М. Сулейманов, Э.Т. Сулейманов, В.А. Кузнецов // Kimya problemleri. – 2016. – № 4. – С. 404 – 408.
- 9.Ходырев В.М. Разработка облегченного тампонажного раствора для крепления обсадных колонн в условиях АГКМ // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2008. – № 3. – С. 33 – 37.
- 10.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.

- 11.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.
- 12.Daniel, Johann. Role of colloidal polymer associates for the effectiveness of HEC as a fluid loss control additive in oil well cement. Journal of applied polymer science. 1/2012.
- 13.Dong-Fang, Ben-Zhi. Dispersing mechanism of carboxymethyl starch as water-reducing agent. Journal of applied polimer science. 3/2006.
- 14.Ghulam, Sonny. Experimental Study of Gas Migration Prevention Through Cement Slurry Using Hydroxypropylmethylcellulose. Asia pacific drilling technology conference and exhibition. 2014.
- 15.David Kulakofsky. Lightweight cement meets challenges of weak formations and depleted zones. FUEL, April 2007.
- 16.Fred Sabins. Ultra-lightweight cement slurries improve cement performance. GasTIPS, 2002.
- 17.Michel Michaux. Cement Chemistry and additives. Oilfield Review, 2011.