

На правах рукописи

Лютиков Кирилл Владимирович

**УПРАВЛЕНИЕ АДГЕЗИОННЫМИ И РЕОЛОГИЧЕСКИМИ
СВОЙСТВАМИ УСЛОВНО-БЕЗГЛИНИСТЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ
В СЛАБОЛИТИФИЦИРОВАННЫХ ГЛИНИСТЫХ ПОРОДАХ**

Специальность 25.00.15 — Технология бурения и освоения скважин

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук**

Ухта - 2015

Диссертация выполнена на кафедре бурения ФГБОУ ВПО
«Ухтинский государственный технический университет»

Научный руководитель: Уляшева Надежда Михайловна, кандидат
технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Крысин Николай Иванович, доктор технических
наук, профессор, ведущий научный сотрудник
отдела проектирования строительства и
реконструкции скважин филиала ООО
«ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в
г. Пермь
Чеславский Ярослав Владимирович, кандидат
технических наук, главный инженер проектов
ООО «Ухтинская комплексная методическая
экспедиция»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Самарский
государственный технический университет»

Защита состоится 21 апреля 2015 года в 12 часов на заседании
диссертационного совета Д 212.291.01 при Ухтинском государственном
техническом университете по адресу: 169300 г. Ухта Республики Коми, ул.
Первомайская, 13.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ухтинского
государственного технического университета, а также на сайте вуза по адресу
www.ugtu.net в разделе «Диссертации».

Автореферат разослан ____ 2015 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 212.291.01, к. т.н. профессор



Н. М. Уляшева

Общая характеристика работы

Актуальность работы

Одним из часто встречаемых видов осложнений при бурении в слаболитифицированных породах является сальникообразование, которое зачастую приводит к прихвату бурильного инструмента и возможным длительным аварийным работам. В связи с этим остро стоит вопрос не только предупреждения появления сальников на долоте, но и роста этих образований в процессе углубления.

Строительство нефтяных и газовых скважин в значительной мере зависит от степени физико-химического взаимодействия горных пород и бурильного инструмента с буровыми промывочными жидкостями. Наиболее остро последствия таких взаимодействий проявляются при бурении в диспергирующих слаболитифицированных глинистых породах. Опыт строительства скважин в подобных породах показывает, что поддержание технологических свойств «условно-безглинистых» буровых растворов на водной основе, а также содержания коллоидной фазы является в настоящее время задачей, решение которой сможет позволить значительно улучшить качество промывки и минимизировать риски возникновения аварий и осложнений, в особенности связанных с сальникообразованием и прихватом бурильной колонны.

Таким образом, направление исследований, посвященных технологии управления реологическими, адгезионными и фрикционными свойствами условно-безглинистых буровых растворов при строительстве скважин в интервалах слаболитифицированных глинистых пород, является актуальным, особенно с учетом значительных объемов применения подобных систем промывочных жидкостей.

Цель работы

Совершенствование технологии управления адгезионными и реологическими свойствами условно-безглинистых буровых растворов в интервалах слаболитифицированных глинистых пород.

Основные задачи исследований

1. Анализ теоретических представлений о физико-химических процессах при углублении в слаболитифицированных глинистых породах с применением безглинистых биополимерных буровых растворов на водной основе.

2. Исследование степени изменения реологических, адгезионных и смазочных свойств условно-безглинистых буровых растворов в условиях наработки коллоидной фазы.

3. Лабораторные и промысловые исследования по оптимизации состава условно-безглинистых буровых растворов при углублении скважин в интервалах, осложненных высокой вероятностью образования сальников.

4. Разработка технологических рекомендаций по управлению адгезионно-смазочными и реологическими свойствами промывочных жидкостей в слаболитифицированных глинистых породах.

Научная новизна

1. На основании лабораторных и промысловых исследований установлено, что зависимость пластической вязкости от содержания в растворе глинистой фракции в условно-безглинистых растворах подчиняется линейному закону, что подтверждается статистическими методами.

2. Установлена величина «критического» значения пластической вязкости для условно-безглинистых буровых растворов, определяющая границы перехода бурового раствора к состоянию интенсивного гелеобразования, что характеризуется увеличением адгезионных характеристик с последующим увеличением риска возникновения сальников.

3. Определены граничные концентрации хлорида калия в пределах от 80 до 120 кг/м³, при которых минимизируется количество диспергированной глинистой породы за счет снижения влажности шлама, что позволяет сохранять буровой раствор в условно-безглинистом состоянии, снижая риск образования сальника, и при этом, не допуская хрупкого разрушения стенок скважины.

Основные защищаемые положения

1. Использование пластической вязкости в качестве «критического» параметра позволит сократить временные затраты на принятие решений по обработке бурового раствора при бурении скважин в интервалах слаболитифицированных пород и их технологическое исполнение, а также затраты на предупреждение осложнений и минимизацию рисков возникновения аварийных ситуаций.

2. Предупреждение формирования сальника обеспечивается комплексом мероприятий, который включает оптимизацию содержания коллоидной фазы, реологических и смазочных свойств бурового раствора.

3. Предупреждение и разрушение сальников обеспечивается оптимизацией минерализации бурового раствора (преимущественно по хлориду калия), ниже которой происходит диспергирование выбуренной породы в состав промывочной жидкости, а выше – хрупкое обрушение стенок скважины вплоть до интенсивного обвалообразования.

Практическая значимость

Использование предлагаемых технологических рекомендаций по управлению реологическими и адгезионно-смазочными свойствами безглинистых буровых растворов позволит значительно упростить процесс контроля качества промывочной жидкости, увеличит прогнозируемость темпов загрязнения бурового раствора коллоидной фазой и повысит эффективность применения большинства современных буровых растворов на водной основе, применяемых при строительстве скважин в интервалах залегания слаболитифицированных глинистых пород.

Алгоритм управления технологическими свойствами биополимерных буровых растворов позволит сократить временные затраты на принятие решений по обработке и их технологическое исполнение, а также затраты на восстановление свойств буровых растворов и предупреждение осложнений и минимизацию рисков возникновения аварийных ситуаций в целом.

Разработанные в диссертации алгоритм и методика по управлению

технологическими параметрами условно-безглинистых буровых растворов используются в учебном процессе при подготовке специалистов по бурению скважин и магистров по направлению «Нефтегазовое дело».

Апробация результатов работы

Основные положения диссертационной работы докладывались на научно-технических конференциях преподавателей и сотрудников (2011, 2013г.г.) при Ухтинском государственном техническом университете; на международной научно-технической конференции «Наука и образование XXI века» в 2013 г.; на VII Всероссийской конференции «Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых» в рамках III Всероссийского молодежного форума «Нефтегазовое и горное дело» в 2014 г.

Публикация результатов работы

Результаты исследований опубликованы в 8 работах, в том числе 3 в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и рекомендаций, библиографического списка из 105 наименований, содержит 129 страниц текста, включая 41 рисунок и 13 таблиц.

Благодарности:

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю кандидату технических наук, профессору Уляшевой Надежде Михайловне за оказание огромной помощи и постоянный контроль на всех этапах научно-исследовательской работы.

Автор признателен коллективу кафедры бурения УГТУ за понимание и помощь при работе над диссертацией.

Основное содержание работы

Во введении изложена актуальность работы.

В первой главе рассмотрены причины и характер процесса сальникообразования. Рассмотрены особенности глинистых пород, их физико-химические свойства и процессы, обоснованные ими и

происходящие на границе раздела фаз. Описаны основные методы борьбы с образованием сальников и меры предупреждения аварийных ситуаций. Обоснованы цель и задачи исследований.

Проблемой, связанной с бурением в слаболитифицированных активных, набухающих глинах, является налипание глинистых частиц на породоразрушающий инструмент (долото, расширитель), замки и муфты труб и образование так называемых «сальников», что зачастую приводит к увеличению толкающих и тяговых нагрузок, росту момента при вращении бурильной колонны. При этом снижается эффективность разрушения горной породы, а вследствие этого и показатели работы долот.

В большей степени механизм возникновения сальника можно связать с действием адгезионных сил, которые становятся очень высокими из-за пластической деформации глинистой породы с образованием плотного контакта с поверхностями долота и бурильного инструмента. А силы притяжения, действующие на очень малых расстояниях, начинают проявляться, в момент, когда твердые вещества входят в плотный контакт с поверхностью.

Вопросами управления смазочно-адгезионными и структурно-механическими свойствами буровых растворов занимались многие исследователи такие, как Ахмадеев Р.Г., Белов В.П., Городнов В.Д., Грей Дж., Дарли Г.С.Г., Дуркин В.В., Жигач К.Ф., Конесев Г.В., Куваев И.В., Михеев В.Л., Новиков В.С., Новицкая Н.А., Орман Л.М., Петров Н.А., Пименов И.Н., Пустовойтенко В.С., Самотой А.К., Свиридов Л.А., Сергеев Г.Л., Спивак А.И., Уляшева Н.М., Христенко А.В., Яров А.К. и другие.

К важнейшим свойствам глинистых пород, определяющим ее качество и стабильность, относятся пластичность, набухаемость, дисперсность, гидрофильность, обменная адсорбция. Но еще больший интерес представляют основные физико-механические процессы на границе раздела фаз, которые занимают важное место в условиях возможных сальникообразований.

Во второй главе приведены методические подходы к оценке адгезионных взаимодействий бурильной колонны с компонентами бурового

раствора и выбуренной породой. Перечисляются приборы и методы, применяемые при написании данной работы. В том числе методика оценки адгезии, разработанная на кафедре бурения Ахмадеевым Р.Г. и Куваевым И.В.

Исследование смазочных свойств бурового раствора выполнялось на «Тестере предельного давления и смазывающей способности» фирмы OFITE. Проведенный тест заключался в оценке прочности поверхностных пленок, образуемых различными смазочными добавками (номер свидетельства об аттестации КП.13.275.01.00264-2008-2011, номер в Федеральном Реестре ФР.1.28.2011.10536).

Третья часть исследований была посвящена определению показателя липкости фильтрационной корки, образуемой данными буровыми растворами, и проводилась с использованием прибора КТК-2.

Для разработки методики управления технологическими свойствами «условно-безглинистых» буровых растворов произведен анализ существующих подходов. В частности, комплексной технологии регулирования свойств буровых растворов, предложенной С.Ю. Жуховицким, в том числе ее варианте, усовершенствованном Н.М. Уляшевой и И.Н. Пименовым. Однако предлагаемы методические и технологические способы в первую очередь направлены на поддержание стабильности систем буровых растворов с достаточно высоким содержанием глинистой фазы.

Методики оценки влияния промывочной жидкости на образование сальника были предложены такими исследователями, как А.В. Христенко, В.В. Дуркин, И.В. Ионов. В диссертационной работе предложена модифицированная экспериментальная установка с использованием лабораторного перемешивателя, в котором стандартный полированный стержень был заменен на неполированный стальной стержень равного диаметра. Это было сделано с целью приблизить условия проведения эксперимента к реальным. При проведении исследований поддерживалась постоянная частота вращения. После образования сальника совершался

комплекс рекомендованных действий по разрушению полученного сальника.

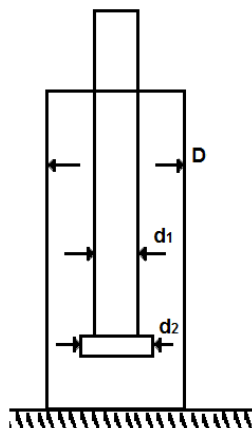


Рисунок 1 - Схема модифицированной экспериментальной установки

Элементы установки представляют собой цилиндр, имитирующий скважину диаметром D , буровую колонну диаметром d_1 , калибратор диаметром d_2 .

Для отработки методов управления качеством безглинистых биополимерных буровых растворов в условиях наработки коллоидной глинистой фазы были проведены комплексные исследования их технологических свойств. Для имитации выбуренной глинистой породы с преобладанием смектитов использовался немодифицированный бентонит. При этом установлено, что в первую очередь на изменение содержания глинистой фазы реагирует вязкостная составляющая, оцениваемая величиной пластической вязкости. Усиление структурно-механических характеристик наблюдается при достаточно высоких концентрациях глинистой фазы (рисунок 2).

Анализ графической зависимости показал, что область построения можно условно разделить на 3 участка:

1. участок с содержанием глинистой фазы до 10 кг/м^3
2. участок с содержанием глинистой фазы до 40 кг/м^3
3. участок с содержанием глинистой фазы свыше 40 кг/м^3 . Здесь необходимо пояснение: изменение пластической вязкости определялось при ограниченном времени диспергирования. В случае, если время диспергирования будет увеличено, интенсивность роста PV может значительно

возрастать.

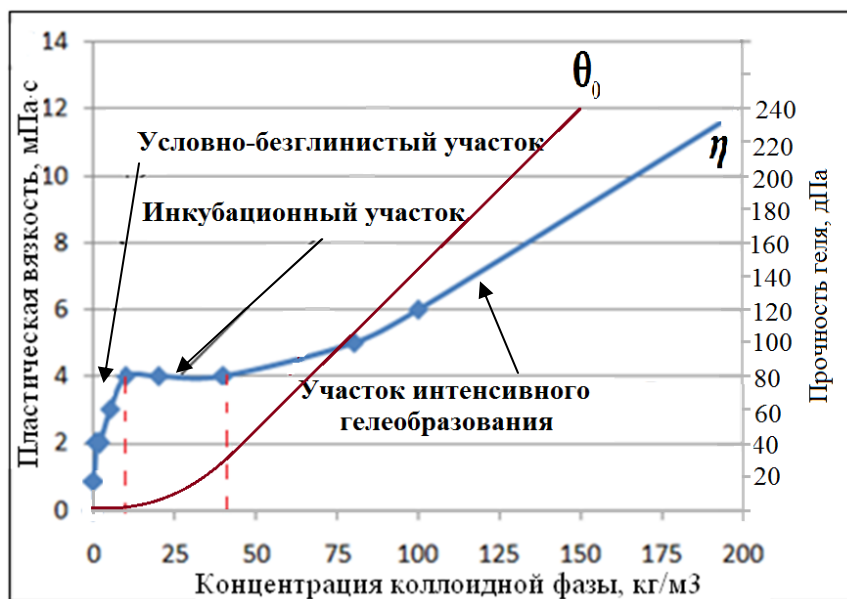


Рисунок 2 - Зависимость пластической вязкости от концентрации коллоидной фазы

Результаты предварительных лабораторных исследований подтверждены в промышленных условиях при использовании минерализованного по хлориду калия безглинистого биополимерного бурового раствора. При этом происходила постепенная наработка глинистой фазы в свежеприготовленном буровом растворе при бурении в активных слаболитифицированных глинистых породах. Параметры бурового раствора представлены в таблице 1.

Таблица 1: Параметры бурового раствора

Параметры	ед. изм.	Значения параметров	
		#1	#2
Плотность	кг/м ³	1100	1140
Пластическая вязкость	мПа·с	13,0	8,0
ДНС	дПа	86,0	86,0
СНС 10 сек/10мин	дПа	24/33	24/33
Фильтратоотдача(АРІ)	см ³ /30мин.	3,0	3,0
Содержание смазывающей добавки	%	2,0	2,0
рН		11,0	11,0

Проанализировав промышленные данные, можно отметить определенную зависимость увеличения пластической вязкости, связанную с ростом содержания глинистой фракции в буровом растворе. На основании полученных данных были построены графики, представленные ниже (рисунок 3).

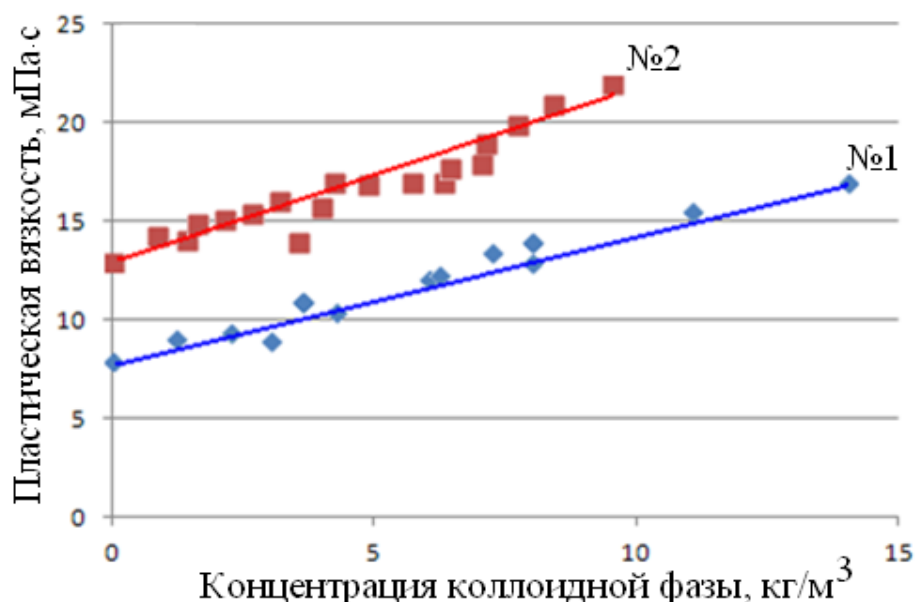


Рисунок 3 - Зависимость пластической вязкости от содержания коллоидной фазы (промысловые данные).

Можно отметить, что зависимость величины пластической вязкости (PV) от содержания в растворе глинистой фракции (МВТ) в пределах до 10-15 кг/м³ подчиняется линейному закону. Таким образом, вернувшись к вышеуказанной зависимости, можно прийти к следующей функции:

$$y=kx+b \quad (1);$$

которая применительно к рассматриваемой ситуации примет вид

$$PV=[МВТ] \cdot k + PV_0 \quad (2),$$

где PV- величина пластической вязкости в мПа•с,

[МВТ] – значение параметра адсорбционно-обменной емкости бурового раствора, выраженное в кг/м³ неорганических коллоидов, содержащихся в растворе (глинистая фракция),

PV₀ – величина пластической вязкости в (мПа•с) свежего раствора без глинистой фазы, измеренная при циркуляции после усреднения и стабилизации параметров бурового раствора до начала бурения,

k – коэффициент, определяющий степень роста параметра пластической вязкости в процессе загрязнения бурового раствора глинистой фазой. Т.е. изменение пластической вязкости бурового раствора при увеличении содержания глинистой фазы на 1 кг/м³.

Таким образом, коэффициент k можно легко выразить как

$$k = (PV - PV_0) / [MBT] \quad (3)$$

В третьей главе представлены результаты промышленных и лабораторных исследований полимерных малоглинистых и условно-бегглинистых буровых растворов, отличающихся плотностью, с добавками смазочных материалов. Для выполнения исследований были использованы приборы и методики для оценки адгезионного взаимодействия и смазочных свойств буровых растворов (см. глава 2).

Составы используемых в исследовании буровых растворов показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Составы исследуемых буровых растворов

№	Буровой раствор
1	МВТ=30кг/м ³ ; содержание биополимера = 4г/л
2	МВТ=45кг/м ³ ; содержание биополимера = 4 г/л
3	МВТ=30кг/м ³ ; содержание биополимера = 5,5 г/л
4	МВТ=30кг/м ³ ; содержание биополимера = 4 г/л+ 2% Микан-40
5	МВТ=30кг/м ³ ; содержание биополимера = 4 г/л+ 4% Микан-40
6	МВТ=30кг/м ³ ; содержание биополимера = 4 г/л+2% СМЭГ-5
7	МВТ=30кг/м ³ ; содержание биополимера = 4 г/л+ 4% СМЭГ-5
8	МВТ=30кг/м ³ ; содержание биополимера = 4 г/л+2%; Микан-40+ 2% СМЭГ-5
9	МВТ=26кг/м ³ ; содержание биополимера = 4 г/л. Обработка водным раствором ФХЛС.

Результат исследований представлены в виде гистограмм (Рисунки 4 и 5).

Подробный анализ проведенных экспериментов представлен в тексте работы. Однако необходимо отметить, что силы адгезии значительно увеличиваются с повышением содержания твердой фазы, а также при повышении концентрации полимерных реагентов. Наличие твердых смазочных добавок, несмотря на положительное влияние на смазочную способность промывочной жидкости, увеличивают адгезию с металлом, что, скорее всего, является следствием увеличения концентрации дисперсной фазы, а также недостаточной гидрофобности подобных добавок.

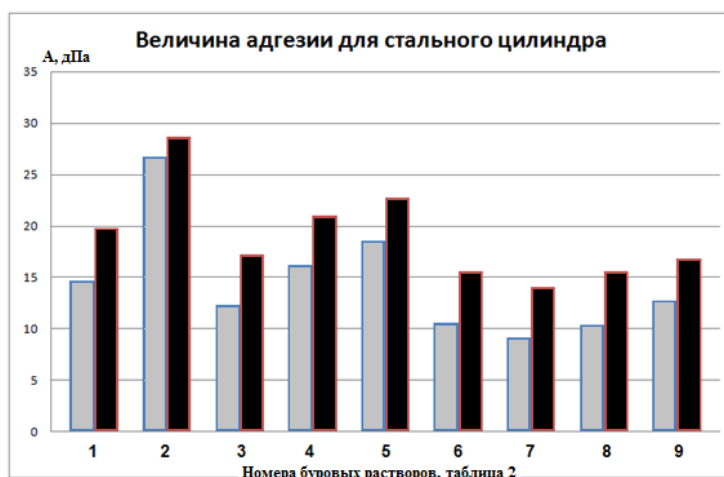


Рисунок 4 - Изменение адгезии бурового раствора во времени при использовании стального цилиндра (серый – за 10 мин, черный – за 20 мин).

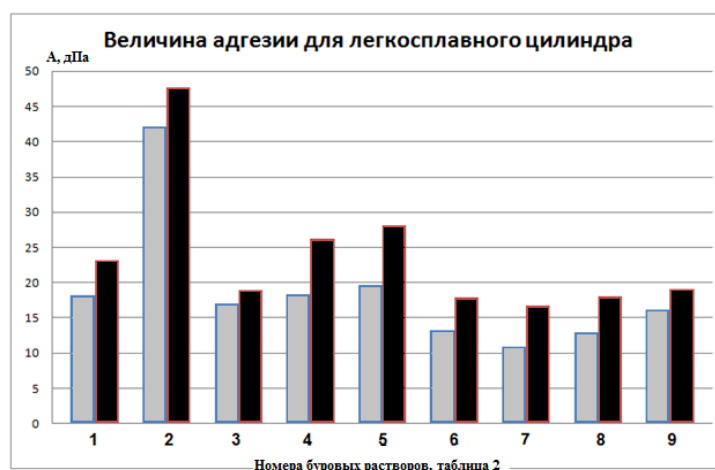


Рисунок 5 - Изменение адгезии бурового раствора во времени при использовании легкосплавного (алюминиевого) цилиндра (серый – за 10 мин, черный – за 20 мин).

Помимо влияния компонентного состава бурового раствора, можно отметить также и определенную зависимость сил адгезии от материала используемого цилиндра. В данном эксперименте использовались стальной и алюминиевый цилиндры. Необходимо отметить, что показатель адгезии бурового раствора при взаимодействии с легкосплавным цилиндром значительно выше, чем со стальным, что обусловлено химическими свойствами материала.

Данные, полученные в результате комплексной оценки смазочно-адгезионных характеристик буровых растворов, подтвердили ранее выполненные исследования по влиянию различных химических реагентов на

смазочную способность бурового раствора и его адгезионную характеристику. В том числе, наглядно отображен негативный эффект присутствия глинистой фазы в составе промывочной жидкости на силу адгезии и коэффициент трения. Установлено, что применение высокоэффективных смазочных добавок, в особенности жидких гидрофобных на основе синтетических и растительных масел, позволяет сохранять показатель адгезии без изменений в течение длительного времени. При этом нельзя не отметить снижение эффективности при использовании высоких концентраций твердых смазочных добавок, в связи с их влиянием на рост показателя адгезии.

Механизм возникновения сальников основан не только на действии адгезионного эффекта в чистом виде, но и на действии аутогезионного эффекта, заключающемся в дополнительном налипании глины на уже сформировавшийся начальный слой сальника. Исследования Эрика ван Оорта показали, что зона повышенного риска образования сальника относится к пластичному состоянию разбуриваемой глинистой породы. В доказательство вышеприведенным заключениям, следуя описанной ранее методике, был произведен ряд экспериментов по образованию и разрушению искусственного сальника при увеличении концентрации глинистой фазы в буровом растворе. За основу брались биополимерные растворы, пресный и минерализованный.

Процесс формирования сальника с использованием лабораторного прибора, описанного выше, заключается в погружении стального стержня в цилиндр, заполненный буровым раствором. Вращение стержня в промывочной жидкости с разным содержанием глинистой фазы проводилось до прекращения процесса образования на нем искусственного сальника. После чего определялась величина зазора между диаметрами элементов экспериментальной установки, представляющих бурильную колонну и стенку скважины. Постепенное уменьшение этой величины при увеличении концентрации коллоидной фазы позволяет судить о соответствующем увеличении размеров сальника.

Процесс образования сальника можно разделить на 2 стадии, первая из

которых характеризуется адгезионным прилипанием глинистой фазы к металлическому стержню (Рис. 6а), а вторая увеличением размера и плотности сальника за счет слипания и укрупнения глинистых частиц (Рис. 6б).

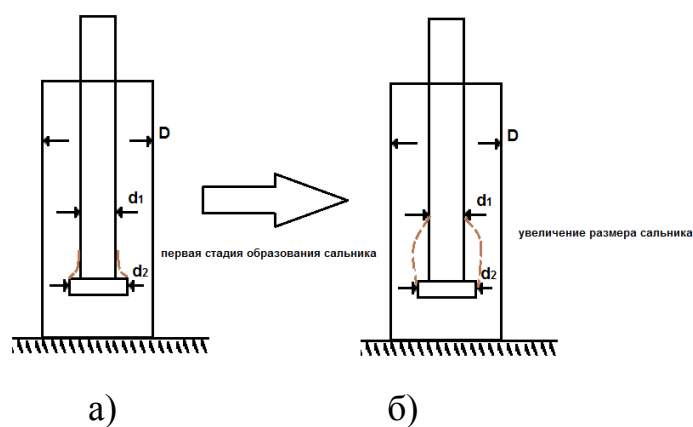


Рисунок 6 - Стадии формирования сальника.

Представленное в правой части рисунка 6 изображение сальника не характеризует критические размеры, возможные в реальных условиях при бурении скважины. При постоянном увеличении диспергированной твердой фазы форма сальника будет меняться, смещая максимальный диаметр толщины к переходной зоне ближе к диаметру d_2 , что означает увеличение образования наиболее крупных, плотных и опасных сальников в нижней части КНБК, представленной крупноразмерными элементами, такими как калибраторы. Размер сальника при неправильном контроле качества бурового раствора, нарушении режима промывки, некачественной очистке ствола скважины, и как следствии увеличения концентрации твердой (в особенности коллоидной) фазы в буровом растворе может приближаться к диаметру скважины. Величина сальника характеризовалась через уменьшение радиального зазора на применяемой модели скважины.

Изменение радиального зазора в скважине в зависимости от минерализации и величины параметра пластической вязкости, изменяющейся в процессе увеличения концентрации коллоидной фазы, изображено на рисунке 7.

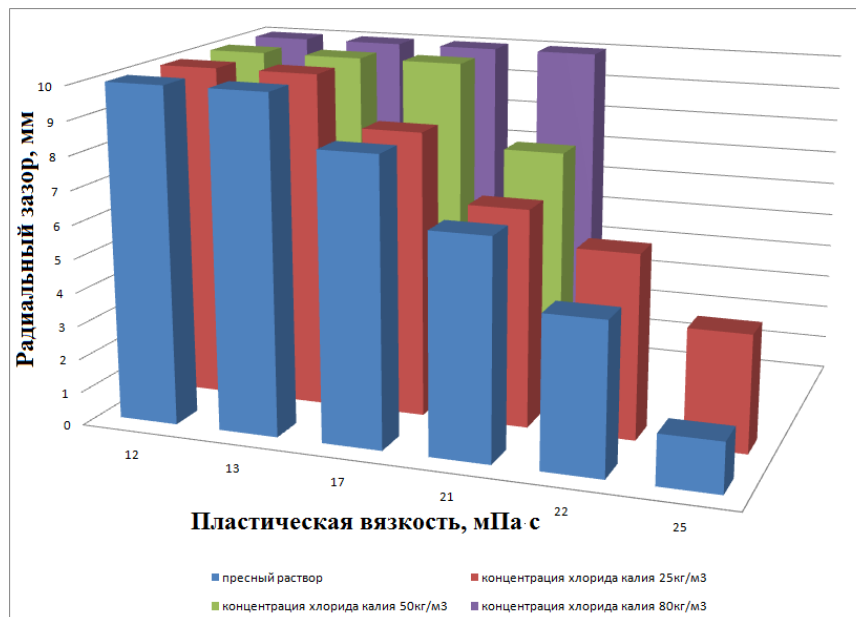


Рисунок 7 – Изменение радиального зазора в скважине при росте пластической вязкости в процессе наработки коллоидной фазы в растворах различной минерализации.

Процесс разрушения сальника в лабораторных исследованиях заключался в полной замене бурового раствора, содержащего глинистую фазу, на базовый безглинистый состав соответствующей минерализации. При этом стержень с образовавшимся сальником погружали в него и производили вращение с заданной частотой до окончания разрушения. Однако в промышленных условиях возможно применение и других способов разрушения сальника, как, например, изменение компонентного состава промывочной жидкости (в частности, включение в ее состав детергентов).

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что наименьшая вероятность образования сальников в ингибирующих безглинистых буровых растворах. Увеличение показателя минерализации производит позитивный эффект, т.е. при повышенных концентрациях глинистой фазы сальник либо хрупкий, либо не образуется. В тех случаях, когда сальник все же формируется на долоте, его структура достаточна непрочна, чтобы не вызывать сложных ситуаций. С другой стороны в пресных растворах активная наработка глинистой фазы оказывает крайне негативное действие. Исходя из вышесказанного, в дополнение к минимальным содержаниям коллоидной фазы

рекомендуется при бурении скважин в интервалах слаболигифицированных глинистых пород применение минерализованных буровых растворов с содержанием соли (хлористый калий) не ниже 80 кг/м³. Величина минерализации может быть уточнена на основании опыта бурения в рамках конкретного месторождения.

Четвертая глава посвящена разработке технологии управления реологическими, адгезионными и смазочными свойствами безглинистых буровых растворов. Предполагая в дальнейшем автоматизировать процессы управления свойствами, предложено использование пластической вязкости бурового раствора в качестве «критического параметра» наработки бурового раствора, а также дана оценка адекватности предлагаемой модели контроля с применением статистических методов.

В настоящее время наиболее распространенным типом промывочной жидкости, применяемой при строительстве скважин на месторождениях Западной Сибири в интервалах залегания слаболигифицированных глинистых пород, является безглинистый хлоркалийевый полимерный раствор.

Чтобы доказать возможность использования линейной функции величины пластической вязкости от концентрации коллоидной фазы с целью контроля качества бурового раствора, использованы статистические методы с оценкой адекватности предлагаемой модели. Для этого основываясь на промысловых данных, построен график зависимости пластической вязкости от концентрации глинистой фазы в буровом растворе и масштабирован наиболее интересующий нас участок (рисунок 8).

Используя предлагаемую механику расчета, можно определить для конкретных условий коэффициент k ($k=0,22$). Следовательно, характеризующая данную зависимость линейная функция будет иметь вид:

$$PV=0,22 \cdot [MBT]+PV_0 \quad (4)$$

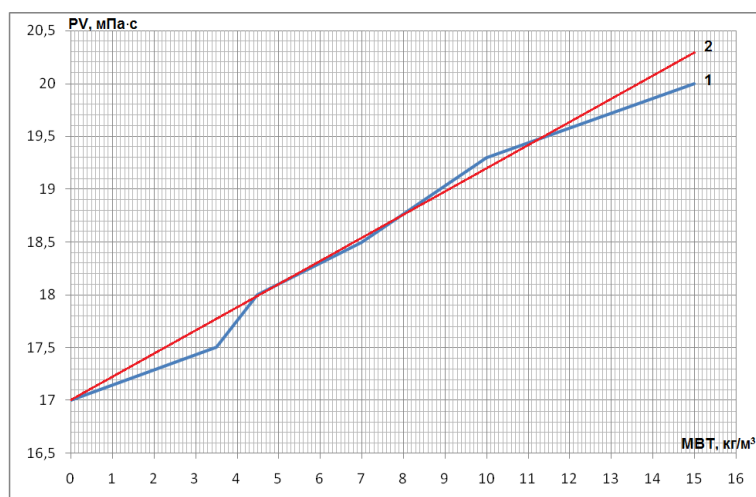


Рисунок 8 – Зависимость пластической вязкости от концентрации коллоидной фазы (ряд 1 – распределение согласно промышленным данным, ряд 2 – график фактической линейной функции $PV=0,22 \cdot [МВТ]+PV_0$)

В связи с этим в процессе бурения скважины в интервалах слаболитифицированных глинистых пород на основании опыта бурения на данном месторождении рекомендуется заранее прогнозировать реологические характеристики таким образом, чтобы допустимые пределы изменения пластической вязкости бурового раствора определялись расчетной величиной ее критического значения.

Анализ изменения адгезионно-смазочных свойств буровых растворов позволяет отметить, что по достижении критического значения пластической вязкости показатель адгезии резко возрастает, и его рост будет продолжаться по мере дальнейшей наработки коллоидной фазы, несмотря на визуальное сохранение пластической вязкости на одном уровне. Аналогичная ситуация наблюдается при рассмотрении коэффициентов трения и липкости. При этом демонстрируется негативное воздействие на буровой раствор процесса наработки коллоидной фазы по достижении критического значения пластической вязкости (рисунки 9, 10, 11).



Рисунок 9 – Изменение коэффициента липкости фильтрационной корки при росте пластической вязкости в процессе наработки коллоидной фазы.

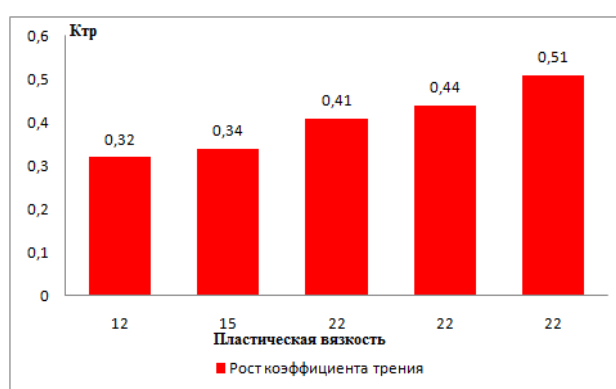


Рисунок 10 – Изменение коэффициента трения бурового раствора при росте пластической вязкости в процессе наработки коллоидной фазы.

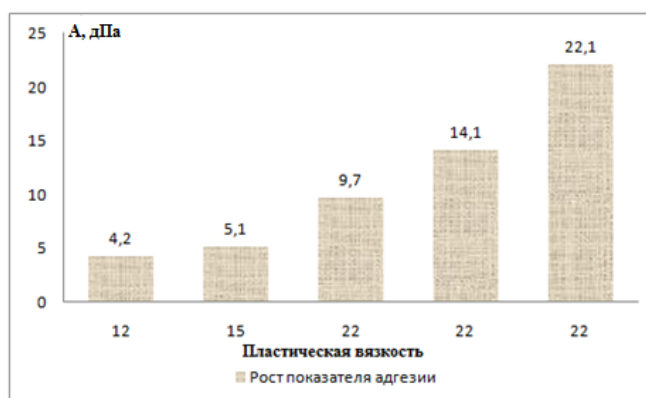


Рисунок 11 – Изменение показателя адгезии при росте пластической вязкости в процессе наработки коллоидной фазы.

В связи с вышесказанным рекомендуется не доводить состояние промывочной жидкости до данного состояния, производя своевременно процедуру разбавления циркуляционного объема свежеприготовленным буровым раствором.

С целью выяснения достаточной концентрации смазки был произведен ряд замеров анализируемых параметров исследуемого бурового раствора с плавным увеличением концентрации смазки.

Результат исследования ожидаемо показывает, что при увеличении концентрации смазки происходит значительное улучшение адгезионно-смазочных свойств бурового раствора. Однако темп снижения адгезии, липкости и коэффициента трения в паре буровой раствор - фильтрационная корка не пропорциональны увеличению концентрации смазочной добавки. Схожая ситуация происходит и с коэффициентом трения, где при росте концентрации смазочной добавки снижение сил трения гораздо менее заметны и вряд ли могут считаться целесообразными, учитывая, что затраты на обработку смазкой вырастут практически вдвое. Показатель адгезии продолжает уменьшаться вместе с увеличением концентрации смазки, однако повлиять на его величину можно также и просто снизив содержание коллоидной фазы в буровом растворе, то есть произвести разбавление раствора вместе с добавлением смазочной добавки. Таким образом, можно рекомендовать содержание смазочной добавки в буровом растворе порядка 2-3% с целью достижения оптимальных адгезионно-смазочных параметров бурового раствора с учетом сохранения экономической эффективности.

Исходя из написанного выше, предлагается следующий **алгоритм** по управлению реологическими, адгезионными и смазочными свойствами условно-безглинистых буровых растворов, а также некоторому прогнозированию их изменения:

1. Зная концентрации химических реагентов в буровом растворе после нескольких циклов циркуляции и усреднения параметров произвести замер базовых параметров промывочной жидкости.

2. В случае проявления «наработки» бурового раствора произвести внеочередной контрольный замер параметров при равных условиях, особое внимание уделив величине пластической вязкости и адсорбционной емкости по методу МБТ.

3. Вычислить «коэффициент загрязнения раствора» k используя уравнение, подробно описанное во второй главе

$$k = (PV - PV_0) / [MBT]$$

4. Определить критическое значение параметра пластической вязкости по формуле

$$PV_{кр.} = k \cdot 15 + PV_0$$

5. В случае приближения величины пластической вязкости к критическому значению в виду недопущения неконтролируемого роста адгезии бурового раствора к бурильному инструменту производить разбавление свежеприготовленным буровым раствором.

6. Обработать буровой раствор смазочной добавкой (желательно жидкой) из расчета 2-3% от циркуляционного объема и поддерживать ее концентрацию на данном уровне в ходе прохождения интервала слаболитифицированных глинистых пород.

7. Поддерживать минерализацию бурового раствора на требуемом уровне с целью минимизации влажности выбуренной глинистой породы.

Алгоритм и методика проведения исследований оформлены в виде методических рекомендаций по дисциплине «Технология буровых жидкостей» для подготовки магистров по направлению «Нефтегазовое дело».

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На основании анализа теоретических материалов, экспериментальных и промысловых данных установлено, что одним из распространенных видов осложнений в интервалах слаболитифицированных пород, является образование сальника на элементах бурильной колонны, что связано не только со свойствами породы, залегающей в интервале бурения, но и физико-химическими процессами между компонентами циркулирующей жидкости и контактирующими с ней поверхностями.

2. Предложен усовершенствованный метод определения качественных характеристик сальника, позволяющий увидеть процесс его образования при

вращении металлического стержня в исследуемой промывочной жидкости с учетом масштабирования.

3. Экспериментально доказано, что в процессе увеличения содержания глинистой фазы в составе бурового раствора и соответственного роста пластической вязкости можно условно выделить три основных участка, характеризующих состояние промывочной жидкости: условно-безглинистый (характеризующийся относительно резким ростом пластической вязкости в процессе наработки и сохранении структурных характеристик), малоглинистый (представляющий собой так называемый «инкубационный участок», где начинают проявляться структурные свойства раствора), глинистый (как правило означает переход системы в состояние тиксотропной глинистой суспензии).

4. Экспериментально подтверждено, что силы адгезии бурового раствора на твердой поверхности зависят от содержания твердой фазы, реологических характеристик промывочной жидкости и свойств металла контактирующей поверхности. Таким образом, минимизация содержания твердой фазы в буровом растворе позволит снизить вероятность образования сальника в процессе бурения.

5. Установлено, что максимально эффективное повышение смазочных свойств промывочной жидкости может быть достигнуто при условии применения жидких смазочных добавок в концентрации 2-3%.

6. Установлена линейная зависимость величины пластической вязкости от содержания глинистой фракции в условно-безглинистом растворе. При этом определена величина «критического» значения пластической вязкости для условно-безглинистых буровых растворов, определяющая границы перехода бурового раствора к состоянию интенсивного гелеобразования, что характеризуется увеличением адгезионных характеристик с последующим увеличением риска возникновения сальников и связанных с этим осложнений и аварий.

7. Установлено, что предупреждение формирования и разрушение сальника обеспечивается комплексом мероприятий, который включает оптимизацию содержания коллоидной фазы, реологических и смазочных свойств бурового раствора, а также поддержание минерализации бурового раствора (преимущественно по хлориду калия) в пределах от 80 до 120 кг/м³, при которых минимизируется количество диспергированной глинистой породы за счет снижения влажности шлама. Это позволяет сохранять буровой раствор в условно-безглинистом состоянии, снижая риск образования сальника, и при этом не допуская хрупкого разрушения стенок скважины.

8. Предложен алгоритм действия по управлению реологическими и адгезионно-смазочными свойствами условно-безглинистых буровых растворов, применение которого может позволить значительно упростить процесс контроля качества промывочной жидкости, обеспечить прогнозируемость темпов загрязнения бурового раствора коллоидной фазой и повысить эффективность применения большинства современных буровых растворов, применяемых при строительстве скважин в интервалах залегания слаболитифицированных глинистых пород, сократить временные и материальные затраты.

9. Разработаны и используются в учебном процессе методические указания по управлению смазочно-адгезионными свойствами буровых растворов.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

а) Статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. Лютиков, К.В. Определение критического параметра наработки буровых растворов при бурении в слаболитифицированных глинистых породах [Текст] / К.В. Лютиков // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2014. - № 10. - С. 41-43

2. Лютиков, К.В. Природа и специфика адгезионных процессов при бурении скважин [Текст] / К.В. Лютиков // Строительство нефтяных и газовых

скважин на суше и на море. - 2014. - № 9. - С. 13-15

3. Уляшева, Н.М. Задачи управления адгезионными свойствами буровых растворов при углублении скважины в глинистых породах [Текст] /Н.М. Уляшева, А.М. Вороник, К.В. Лютиков, Д.В. Ходенко//Нефтегазовое дело (электронный журнал). – 2014. – №6. – С.103-119.

б) В других изданиях и материалах конференций

4. Лютиков, К.В. Зависимость адгезионных и смазочных свойств буровых растворов от их компонентного состава [Текст] / К.В. Лютиков // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - 2012. - № 11. - С. 83-85

5. Лютиков, К.В. К вопросу влияния свойств граничных слоев на смазочную способность бурового раствора [Текст] / К.В. Лютиков // Труды международной конференции «Наука и образование XXI века», Уфа, 2013 г.

6. Лютиков, К.В. К вопросу выбора оптимальных структурно-механических характеристик бурового раствора при проектировании программы промывки для строительства скважин в интервалах слаболитифицированных пород [Текст] / К.В. Лютиков // Труды VII Всероссийской конференции «Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых» в рамках III Всероссийского молодежного форума «Нефтегазовое и горное дело», Пермь, 2014 г.

7. Лютиков, К.В. К вопросу предупреждения случаев комплексных осложнений при бурении скважин [Текст] / К.В. Лютиков // Сборник трудов преподавателей и сотрудников УГТУ, Ухта, 2013 г.

8. Лютиков, К.В. Повышение смазочной способности буровых растворов [Текст] / К.В. Лютиков // Сборник трудов преподавателей и сотрудников УГТУ, Ухта, 2011 г.