

На правах рукописи

ТИРОН ДЕНИС ВЯЧЕСЛАВОВИЧ



**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ЭМУЛЬСИОННЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ БУРЕНИЯ
СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ
ЗАБОЙНЫХ ТЕМПЕРАТУР**

**Специальность 25.00.15 – *Технология бурения
и освоения скважин***

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ухтинский государственный технический университет».

Научный руководитель:

кандидат технических наук, профессор

Уляшева Надежда Михайловна

Официальные оппоненты:

Лушпеева Ольга Александровна
доктор технических наук, ООО НПП «УфаНефтеПроект»,
научный консультант

Деминская Наталья Григорьевна
кандидат технических наук, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-
Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», заместитель начальника
управления – начальник отдела проектирования
строительства и реконструкции скважин

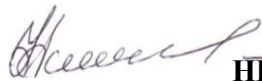
*Ведущая организация - ФГБОУ ВО «Самарский
государственный технический университет»*

Защита диссертации состоится 28 сентября 2017 года в
13 ч 00 мин на заседании диссертационного совета
Д 212.224.02 при Санкт-Петербургском горном университете
по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, В.О. 21-я линия, дом 2,
ауд. № 1163.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Санкт-Петербургского горного университета и на сайте
www.spmi.ru.

Автореферат разослан 28 июля 2017 года.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



НИКОЛАЕВ
Николай Иванович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования: За последние несколько лет, как в российской, так и в мировой нефтегазодобывающей отрасли наметились две тенденции:

– увеличение дебитов скважины за счет технологий повышения нефтеотдачи как на уже разрабатываемых, так и на новых месторождениях.

– разработка месторождений, которые не эксплуатировались ранее по причине сложных горно-геологических, климатических, технологических и экологических условий, например шельфовых месторождений северных морей и Сахалина.

Если говорить о реализации этих тенденций применительно к строительству скважин, то повышения нефтеотдачи можно достичь, внедряя строительство скважин сложного пространственного профиля, в том числе, с горизонтальным окончанием значительной протяженности и многозабойных скважин, делая особый акцент на технологии первичного вскрытия. Обеспечить нужное качество бурения и вскрытия способны эмульсионные системы (РУО), которые позволяют сохранить проницаемость призабойной зоны пласта, исключить затяжки инструмента, обеспечить устойчивость ствола скважины и вынос шлама.

Однако помимо доказанных преимуществ, они обладают и рядом недостатков, которые не всегда очевидны и вызывают ряд сложностей при проектировании и использовании РУО. Самыми заметными факторами являются снижение реологических характеристик при увеличении температуры, а также интенсивное испарение компонентов эмульсий, особенно при бурении скважин с повышенными забойными температурами (до 100°C).

В связи с этим, направление исследований, посвященных совершенствованию технологии буровых растворов на углеводородной основе для бурения скважин с повышенными забойными температурами, является весьма актуальным, требующим более углубленного изучения.

Цель работы - повышение эффективности бурения скважин в условиях повышенных забойных температур (до 100°C) за счет оптимизации технологии эмульсионных буровых растворов.

Идея работы заключается в уменьшении термозависимости эмульсионных буровых растворов за счет оптимизации их компонентного состава.

Основные задачи исследований:

1. Анализ представлений о теории эмульгирования и процессах стабилизации эмульсионных систем.

2. Разработка методики исследования процесса испарения компонентов буровых растворов на углеводородной основе.

3. Лабораторные и промышленные исследования реологического поведения эмульсий в зависимости от температурных условий.

4. Экспериментальные исследования влияния компонентного состава на седиментационную устойчивость эмульсий.

5. Исследование интенсивности «испарения» фаз и степени изменения технологических характеристик РУО.

Научная новизна работы заключается в установлении зависимости изменения реологических показателей буровых растворов на углеводородной основе от температурных условий, разработке методики исследования процесса испарения компонентов эмульсий и раскрытии механизма влияния процесса испарения на изменение технологических характеристик.

Практическая значимость:

1. Анализ механизма температурной зависимости вязкостных характеристик эмульсионных систем, наряду с рекомендуемыми концентрациями реагента – стабилизатора, позволяют предотвратить возможные осложнения при бурении скважин с повышенными забойными температурами.

2. Предлагаемая экспресс-методика исследования испарения РУО, а также математические уравнения расчета объема испарения фаз, могут использоваться как в промышленных, так и в лабораторных условиях. Стандартный набор необходимых приборов,

достоверность и простота расчета, делает данную методику весьма эффективной и информативной.

3. Представленный алгоритм процедуры восстановления исходных концентраций эмульсионных растворов позволит избежать осложнений и проблем, связанных с неправильной обработкой промывочной жидкости в процессе бурения.

Методика исследований включает в себя комплекс аналитических и экспериментальных исследований, направленных на изучение физико-химических процессов в буровых растворах на углеводородной основе в условиях повышенных забойных температур (до 100°C).

Защищаемые научные положения:

1. Поддержание концентрации эмульгатора (полиаминированной жирной кислоты) более 22 л/м³ позволяет уменьшить термозависимость реологических характеристик при бурении скважин с повышенными забойными температурами (до 100°C).

2. Разработанная методика оценки интенсивности испарения компонентов эмульсионных систем, а также математические зависимости удельного объема испарения, позволяют повысить оперативность регулирования и поддержания технологических свойств раствора в процессе бурения.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций определяется современным уровнем аналитических и достаточным объемом экспериментальных исследований, высокой степенью сходимости их результатов и воспроизводимостью полученных данных.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-техническом семинаре в ПАО «Газпромнефть» (Санкт-Петербург, 2016), на международных молодежных научных конференциях «Севергеоэкотех» (2013, 2016) при Ухтинском государственном техническом университете; на VII Всероссийской конференции «Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых» (2014) при Пермском национальном

исследовательском политехническом университете; на XX Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М. А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (2016) при Томском национальном исследовательском политехническом университете.

Реализация результатов работы. Отдельные результаты диссертационного исследования внедрены в практику работы компании «Халлибуртон Интернэшнл ГмбХ» при бурении скважин с повышенными забойными температурами (до 100°C) на таких месторождениях, как Восточно-Сарутаюское, имени Ю. Россихина, Салымское, Харьягинское, Кыртаельское, Ошское. Получена соответствующая справка о внедрении.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе 4 статьи в журналах, входящих в перечень ведущих журналов и изданий, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ и 4 статьи в других изданиях.

Личный вклад автора. Выполнен анализ результатов ранее опубликованных работ; сформулированы цели и задачи исследования; разработана методика оценки интенсивности испарения компонентов эмульсии; проведены экспериментальные исследования реологического поведения эмульсий в зависимости от температурных условий; разработан алгоритм процедуры восстановления исходных концентраций эмульсионных растворов; проведены исследования интенсивности «испарения» фаз и оценка степени изменения технологических характеристик эмульсионного раствора.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из оглавления, введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 108 наименований. Материал диссертации изложен на 114 страницах, включает 53 рисунка и 18 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводится общая характеристика работы, обосновывается ее актуальность, определяются цель, задачи, идея работы, излагаются защищаемые научные положения, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе осуществлен анализ представлений о теории эмульгирования и процессах стабилизации эмульсий поверхностно-активными веществами. Рассмотрены современные составы эмульсионных растворов, использующиеся в практике бурения как отечественными, так и зарубежными сервисными компаниями. Описан характер взаимодействия рассматриваемых промывочных жидкостей с горными породами в процессе бурения скважины.

Обширные исследования в области создания и изучения систем растворов на углеводородной основе в нашей стране и за рубежом проводили Л.К. Мухин, К.Ф. Жигач, В.Н. Демишев, А.Г. Розенгафт, К.Ф. Паус, К.Л. Минхайров, Э.Г. Кистер, В.И. Токунов, И.Б. Хейфец, А.З. Саушин, В.С. Каширин, Б.Д. Панов, Э.Н. Алчин, А.В. Мнацаканов, В.М. Соловьев, Р.А. Валитов, О.К. Ангелопуло, У.С. Карабалин, В.Ф. Пичугин, А.С. Чехлов, А.Е. Долгих, А.Н. Ананьев, В.С. Новиков, М.И. Липкес, П.А. Ребиндер, Б.В. Дерягин, Л.Я. Кремнев, А.А. Абрамзон, V. Kleyton, F. Sherman, N. Chirli, T. Becker, J. Azar, S. Okrajni, M. Chenevert.

Определены основные недостатки РУО, наибольший интерес среди которых представляет проблема зависимости реологических характеристик от температуры, а также интенсивное испарение компонентов эмульсий (водной и углеводородной фаз) в условиях повышенных забойных температур. Сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе описаны стандартные методы и сертифицированные приборы, использованные для определения реологических и физико-химических свойств эмульсионных буровых растворов. Подробно изложена специально разработанная методика, позволяющая оценить интенсивность испарения компонентов эмульсии (водной и углеводородной фаз) при динамическом перемешивании и заданной температуре, тем самым, моделируя реальные условия.

В третьей главе представлены результаты лабораторных и промысловых исследований реологического поведения эмульсий в зависимости от температурных условий, а также осуществлена оценка

влияния компонентного состава на седиментационную устойчивость РУО. Опытная часть включала в себя три блока исследований.

В первом блоке осуществлялось исследование зависимости реологических характеристик РУО от комплексного воздействия четырех факторов (температуры, концентрации эмульгатора, структурообразователя и понизителя фильтрации). Компонентный состав раствора представлен в таблице 1.

Необходимо отметить одинаковый характер изменения реологических характеристик для всех исследуемых рецептур, условно его можно разделить на две стадии. Первая – переход из холодного в теплое состояние (от -7°C до $+60^{\circ}\text{C}$), сопровождающееся резким падением пластической вязкости и динамического напряжения сдвига, что объясняется интенсивным плавлением кристаллов парафина в минеральном масле и кристаллов воды в дисперсной фазе. Вторая стадия – нагревание при высоких температурах (от 60°C до 100°C), плавное снижение реологии, медленное плавление парафино-нафтеновых углеводородов и соответствующее уменьшение прочности образуемой ими пространственной структуры.

Таблица 1 – Компонентный состав исследуемого раствора

Реагент	Концентрация, кг/м ³
Плотность – 1120 кг/м ³ , УВ/Вода - 75/25	
Дисперсионная среда (минеральное масло)	700
Дисперсная фаза (рассол хлорида кальция)	200
Регулятор щелочности	20
Эмульгатор	16, 18, 20, 22, 24
Понизитель фильтрации	6, 8, 10, 12, 14
Структурообразователь	6, 8, 10, 12, 14
Гидрофобизатор твердой фазы	5
Утяжелитель (карбонат кальция)	300

Результаты лабораторных исследований представлены в виде гистограмм (рисунок 1). Также была выявлена еще одна закономерность – поддержание максимально-допустимой концентрации эмульгатора (полиаминированная жирная кислота)

более 22 л/м³, способствует увеличению термоустойчивости тестируемых эмульсий на основе минерального масла. Очевидно, что грамотный подбор типа и концентрации эмульгатора позволяет компенсировать падение вязкости, сохранив нужную реологию раствора в забойных условиях.

Второй блок экспериментов был посвящен оценке влияния температуры и различных асфальто-смолистых веществ на реологическое поведение углеводородных жидкостей, применяемых крупнейшими сервисными компаниями в качестве основы для РУО. Опираясь на опыт прошлых лет, где в известково-битумных растворах для повышения термостойкости использовался высокоокисленный битум, который, к слову, также выполнял функцию структурообразователя, было выдвинуто предположение о том, что современные продукты углеводородного происхождения могут повысить вязкость углеводородных жидкостей с ростом температуры. Масла и смолы создают истинные растворы в углеводородной среде, а асфальтены, являющиеся продуктом уплотнения смол, практически нерастворимы, однако с увеличением температуры растворимость асфальтенов возрастает, что способствует структурообразованию, снижению фильтрации и повышению термостойкости.

Среди тестируемых углеводородных жидкостей, были: минеральное масло «АКС 5/10» (компания «Halliburton»), внесезонное загущенное гидравлическое масло «ВМГЗ» (компания «Schlumberger»), индустриальное масло «И-5А» (ИСК «ПетроИнжиниринг»). Используемые асфальто-смолистые вещества:

1. «BARATROL» - модифицированный углеводород, «Halliburton».
2. «BARABLOK» - углеводородный полимер (асфальтит), представляет собой природный битум, «Halliburton».
3. «DURATONE HT» - органофильный леонардит (лигнит), «Halliburton».
4. «VERSATROL» - природный асфальт, «Schlumberger».
5. «Асфальт сульфированный FT» - «ХимПартнеры».
6. «Стабилайт II» - гидрированная и окисленная высокомолекулярная природная смола, «СпецБурМатериалы».

7. «SOLTEX» - соль сульфированного битума, «Chevton Company».
8. «EWO Block» - ИСК «Петройнжиниринг».

Каждое из минеральных масел обрабатывалось одним из вышеперечисленных асфальто-смолистых веществ в концентрации 20 кг/м³. Затем измерялись реологические свойства (ПВ и ДНС) масел при температурах -5; 30; 60; 80; 100°С. На основании полученных данных, были построены зависимости, представленные на рисунке 2.

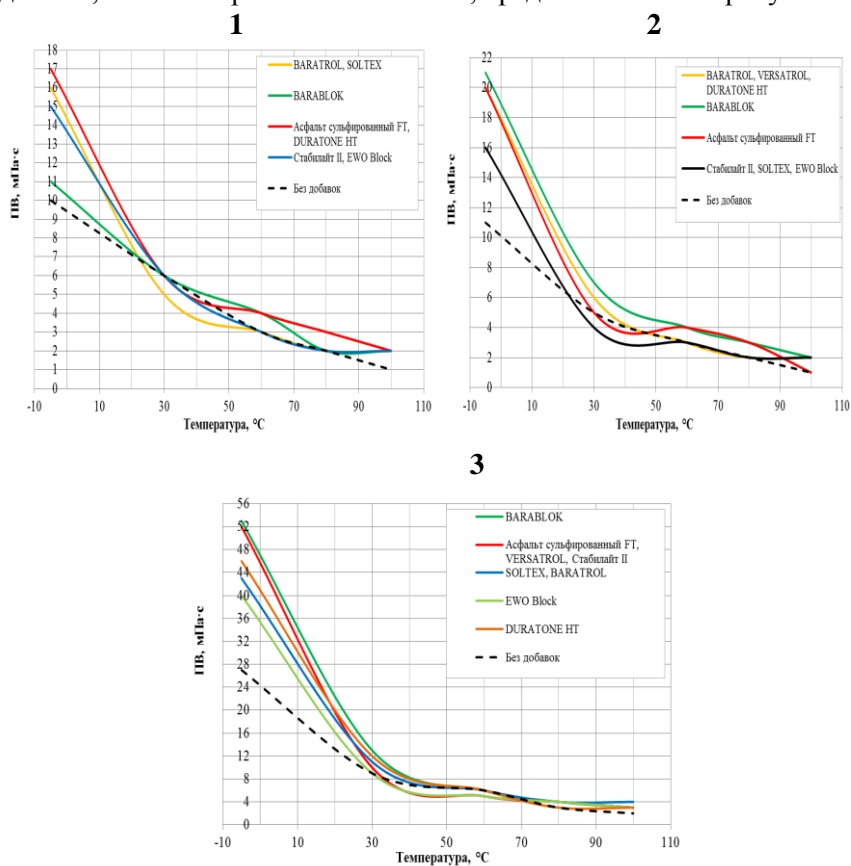


Рисунок 2 - Влияние асфальто-смолистых веществ на пластическую вязкость различных минеральных масел: 1 – «АКС 5/10», 2 – «ВМГЗ», 3 – «И-5А»

Проведенные исследования показали, что все асфальто-смолистые вещества повышают реологические свойства базовых минеральных масел при отрицательных и низких положительных температурах. В наибольшей степени этот процесс отмечается при использовании материала «BARABЛОК», в масле «И-5А» (в 1,96 раз) и «ВМГЗ» (в 1,91 раз).

Наиболее сбалансированными реологическими характеристиками обладает минеральное масло «АКС 5/10» с добавкой природного битума BARABЛОК (20 кг/м^3), низкая вязкость при отрицательных температурах – высокая при нагреве от 85°C . Такая сбалансированность параметров необходима при бурении скважин с высокими забойными температурами, где наблюдается значительная разница между температурой раствора на забое и на поверхности в емкостном парке.

В третьем блоке экспериментов осуществлялся анализ влияния изменения соотношения фаз и концентрации реагента - структурообразователя на седиментационную устойчивость эмульсии. Было приготовлено пять рецептур с различным соотношением фаз – 50/50, 60/40, 70/30, 80/20, 90/10, каждая из которых тестировалась при трех различных концентрациях органophilной глины 5, 10, 15 кг/м^3 . Оценка седиментационной устойчивости осуществлялась по методике «Dynamic Sag Shoe Test» (глава 2) при температуре раствора 50°C . Классификация полученных значений коэффициента SAG:

- 0 – оседание барита отсутствует
- 0,08 – 0,2 – имеются незначительные проблемы с оседанием барита
- более 0,2 – раствор не удерживает утяжелитель, наблюдается тенденция к расслоению.

Данные, полученные по результатам тестирования, представлены в виде гистограмм на рисунке 3. По приведенной гистограмме и промысловым наблюдениям, были сделаны следующие заключения:

1. При увеличении соотношения фаз углеводороды/вода от 50/50 до 90/10, седиментационная устойчивость снижается, растут значения коэффициента SAG.

2. Увеличение концентрации структурообразователя (органоглинистая глина) способствует повышению реологических характеристик и, соответственно, росту седиментационной устойчивости эмульсий. В рецептуре №3 (соотношение 70/30) наблюдается несоответствие экспериментальных данных с выдвинутым заключением: значение коэффициента SAG при концентрации 10 кг/м³ меньше, чем при 15 кг/м³. По всей видимости, это ошибка опыта.

3. Седиментационная устойчивость эмульсии зависит не только от структурных свойств, но и от концентрации реагента - гидрофобизатора. При изменении соотношения фаз, необходимо повышать концентрацию пассивного эмульгатора - гидрофобизатора в растворе, с целью предотвращения осаждения выбуренной породы и утяжелителя. В промышленных условиях данная закономерность зачастую не учитывается, что приводит к серьезным последствиям.

Четвертая глава посвящена лабораторным исследованиям интенсивности «испарения» фаз и последующей оценке степени изменения технологических характеристик эмульсионного раствора.

Анализ теоретических и методических подходов к данной проблеме выявил тот факт, что на данный момент явление испарения компонентов РУО практически не изучено, не существует общепринятой методики исследования данного процесса, нет оценки его влияния на изменение основных свойств. Промысловые исследования на различных месторождениях показали достаточно высокий уровень потерь эмульсии (таблица 2).

Помимо физических потерь объема эмульсии в результате испарения, данный процесс влияет и на изменение вязкостных характеристик. Так, на Восточно-Саругаюском и Россихинском месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, при бурении интервала под эксплуатационную колонну с глубины 4500 м по вертикали наблюдается резкое увеличение реологических

характеристик, повышение соотношения фаз и плотности раствора на основе минерального масла.

Таблица 2 - Данные потерь бурового раствора на основе дизельного топлива в результате испарения

Месторождение	Интервал бурения, м	Дней бурения на РУО	Объем испарения м ³	Интенсивность испарения м ³ /сутки
Яро-Яхинское куст № 3, скв. 305	1652-4398	35	78.7	2.25
Самбургское куст № 12, ск. 1205	1665-4580	57	139	2.44
Самбургское куст № 12, ск. 1206	1648-3621	20	54.2	2.44
Ю. Россихина куст № 301, ск. 440	2483-4815	33	87.8	2.66
Восточное Сарутаю куст № 3, ск. 34	2919-4954	25	57.5	2.30
Верхнесалымское куст № 92, с. 91092	1139-3077	47	109	2.32
Куюмбинское куст 2, скв. 125	1700-2985	17	32.6	1.92

Горные породы, слагающие данный горизонт – твердые, кварцевые песчаники, черные, темно-серые алевролиты, плотные, крепкие аргиллиты. При сравнительно небольших скоростях проходки 1,5 - 3 м/час и инертных, по отношению к эмульсионному раствору, породах, происходит значительный рост реологических характеристик. Считается, что повышение вязкостных параметров РУО при углублении скважины связано с наработкой твердой фазы, попаданием пластовой воды и влажной выбуренной породы, изменением соотношения фаз и концентрации структурообразователя. Однако нами было выдвинуто предположение о том, что значительное влияние на загущение эмульсионного раствора оказывает испарение его компонентов (водная и углеводородная фаза) с поверхности в емкостном парке буровой установки.

Для доказательства выдвинутого предположения, используя разработанную экспресс-методику (подробное описание во 2 главе), был проведен комплекс экспериментов по испарению обратной эмульсии. В качестве дисперсионной среды использовалось два вида минерального масла: индустриальное «И-5А» и внесезонное загущенное гидравлическое масло «ВМГЗ». Данные жидкости применяются в качестве основы для РУО двумя крупнейшими сервисными компаниями (глава 3).

В ходе проведенных лабораторных исследований были выявлены следующие закономерности. Процесс испарения по временному фактору можно разделить на две основные стадии, первая – интенсивное испарение, значительное снижение массы (первые 4 часа), вторая – медленное испарение (от 4 до 12 ч). Общее снижение массы бурового раствора на основе минерального масла «ВМГЗ» меньше - 12%, чем у раствора с маслом «И-5А» - 14,8%. Кинетика испарения двух исследуемых рецептур показана на рисунке 4.

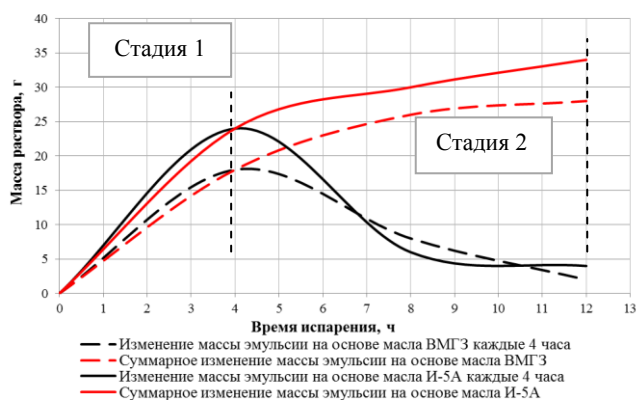


Рисунок 4 – Кинетика испарения двух исследуемых эмульсий

Ретортный анализ и проведенные расчеты показали, что интенсивное испарение на первой стадии, в основном, происходит за счет испарения воды. Силы притяжения между молекулами минерализованной воды и масла, гораздо меньше, чем между молекулами масла, стабилизированного различными асфальто-

смолистыми добавками, поверхностно-активными веществами и структурообразователями. Соответственно молекулы воды, под действием температуры и динамического перемешивания быстрее испаряются, чем молекулы масла. Что касается второй стадии, то здесь интенсивность испарения резко замедляется, вследствие уменьшения количества свободной воды и роста содержания углеводородной фазы (рисунок 5).

Помимо температуры, скорость испарения зависит от площади открытой поверхности. Был введен дополнительный параметр – удельный объем испарения ($л/м^2$), характеризующий отношение объема испарившейся жидкости к единице площади испарения, при температуре эксперимента - $60^{\circ}C$.

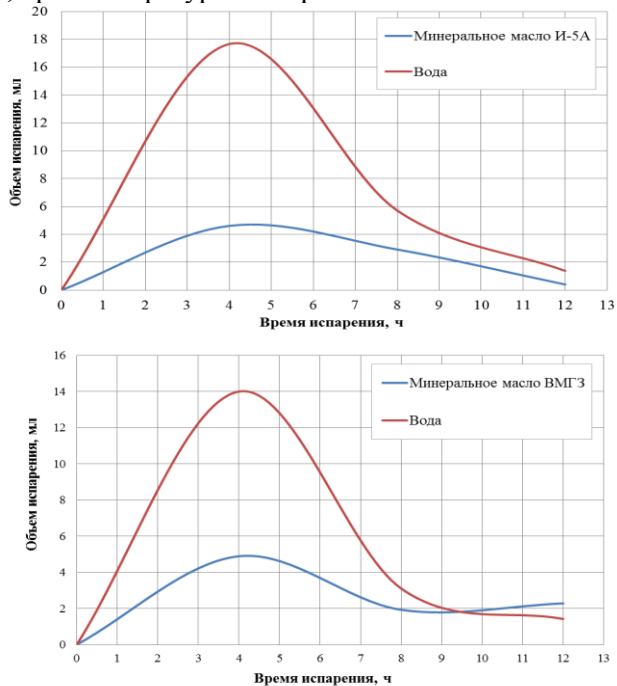


Рисунок 5 – Кинетика испарения минеральных масел («И-5А», «ВМГЗ») и воды при температуре $60^{\circ}C$ и динамическом перемешивании

В результате получены математические зависимости, позволяющие рассчитать количество воды ($л/м^2$) и углеводородной жидкости ($л/м^2$), необходимых для восстановления начального соотношения фаз:

Для рецептуры с минеральным маслом «И-5А»:

$$I_M = -0,0232t^2 + 0,5154t - 0,0143 \quad (1)$$

$$I_B = -0,0898t^2 + 1,7849t + 0,1345 \quad (2)$$

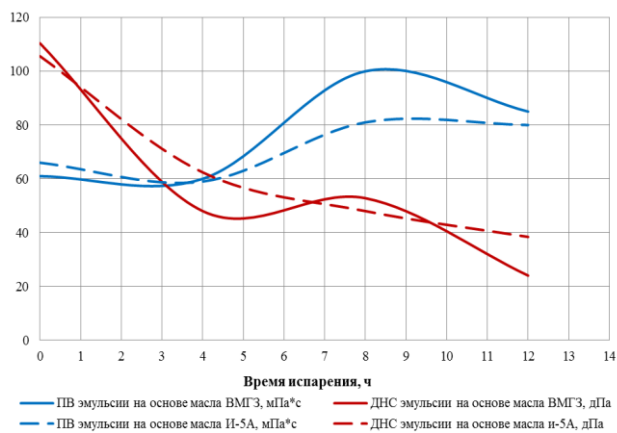
Для рецептуры с минеральным маслом «ВМГЗ»:

$$I_M = -0,0145t^2 + 0,4321t + 0,0587 \quad (3)$$

$$I_B = -0,0688t^2 + 1,342t + 0,1613 \quad (4)$$

где t – время, ч.

Характер изменения реологических характеристик в результате испарения водной и углеводородной фаз – идентичный (рисунок 6). Разница в значениях пластической вязкости объясняется различным «стартовым» соотношением фаз углеводороды/вода (в первом случае 78/22, во втором 83/17), а также физико-химическими свойствами применяемых масел.



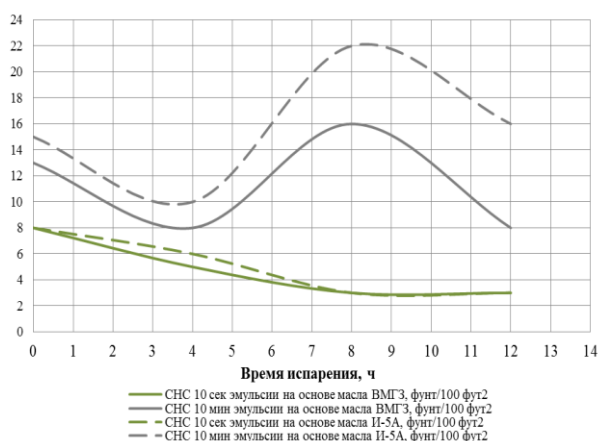


Рисунок 6 – Изменение реологических характеристик эмульсий во время испарения

Помимо негативного влияния процесса испарения на реологические характеристики, существует еще один так называемый побочный эффект. Увеличение концентрации твердой фазы вызывает резкий рост плотности эмульсионного бурового раствора (в условиях эксперимента с 1410 до 1480 кг/м³), что, в ряде случаев, может спровоцировать проблемы с устойчивостью ствола скважины, а также вызвать потерю циркуляции. Также рекомендуется при выборе дисперсионной среды для приготовления эмульсионных систем, в частности минерального масла, особое внимание обращать на его физико-химические свойства. А именно на групповой углеводородный состав, начальную кинематическую вязкость, степень испаряемости, температуру вспышки.

Для удобства и оперативности управления свойствами и составом инвертно-эмульсионного раствора, при бурении в полевых условиях рекомендуется использовать полученные в работе математические уравнения. С помощью данных уравнений можно определить количество минерального масла и воды, необходимое для восстановления исходных концентраций в эмульсионном растворе.

Особое внимание следует уделить способам восстановления концентраций фаз обратных эмульсий. Практический опыт работы выявил, что раздельное добавление всего объема испарившихся жидкостей (особенно воды), сразу приводит к резкому загущению системы. В промышленных условиях данное обстоятельство может привести к серьезным последствиям, таким как: скачки и рост рабочего давления на насосах, невозможность прокачки эмульсии через наземную обвязку, забивание всасывающих и нагнетательных линий.

Исходя из написанного выше, предлагается следующий алгоритм процедуры восстановления исходных концентраций компонентов эмульсионного раствора на основе минерального масла:

1. Зная концентрации химических реагентов в эмульсионном растворе, после нескольких циклов циркуляции произвести замер основных параметров;

2. В случае выявления отклонений, сделать еще один контрольный замер при прочих равных условиях, особое внимание при этом уделив плотности, соотношению фаз;

3. Рассчитать объем минерального масла и воды, необходимый для восстановления исходных концентраций и свойств;

4. В емкость для приготовления раствора ввести необходимый объем минерального масла, обработав его ПАВ – эмульгатором в концентрации более 22 л/м³;

5. В подготовленную углеводородную основу ввести рассчитанный объем воды, получившуюся смесь перемешивать и диспергировать в течение 2-3 часов;

6. Затем порционно, за 3-4 цикла, ввести весь объем свежеприготовленного премикса;

7. После ввода премикса, спустя 2-3 цикла циркуляции, произвести замер всех технологических параметров бурового раствора, по мере необходимости дообработать эмульсию реагентами (понижителями фильтрации, структурообразователями и т.д.) до необходимых концентраций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании анализа теоретических материалов, экспериментальных и промышленных данных установлено, что эмульсионные растворы обладают двумя серьезными недостатками – это температурная зависимость реологических характеристик и испарение компонентов (жидкая фаза) при повышенных забойных температурах.

2. Разработана экспресс-методика исследования процесса испарения компонентов эмульсионных буровых растворов.

3. Экспериментально установлено, что обратные эмульсии в диапазоне температур от -7°C до $+100^{\circ}\text{C}$ имеют одинаковый двухстадийный характер изменения реологических параметров. Первая стадия (нагревание эмульсии от -7°C до $+60^{\circ}\text{C}$) характеризуется резким уменьшением вязкостных характеристик, на второй стадии наблюдается плавное их снижение. В эмульсионных растворах меньшая зависимость реологических свойств от температуры достигается за счет поддержания максимально допустимой концентрации в рецептуре ПАВ – эмульгатора, более 22 л/м^3 . При этом теоретически и экспериментально доказано, что все асфальто-смолистые вещества повышают реологические свойства базовых минеральных масел при отрицательных и низких положительных температурах. В наибольшей степени этот процесс отмечается при использовании материала «BARABЛОК»: в масле «И-5А» (в 1,96 раз) и «ВМГЗ» (в 1,91 раз).

4. Компонентный состав определяет седиментационную устойчивость эмульсионных систем в целом: увеличение соотношения фаз, при постоянной концентрации структурообразователя, снижает седиментационную устойчивость; увеличение концентрации структурообразователя (органофильная глина) способствует повышению реологических характеристик и, соответственно, снижению коэффициента седиментации; низкая концентрация реагента – гидрофобизатора приводит к седиментации утяжелителя и выбуренной породы.

5. Установлено, что процесс испарения водной и углеводородной фаз эмульсионных растворов делится на две стадии:

1-ая – активное испарение, значительное снижение массы раствора за счет испарения водной фазы (первые 4 часа), 2-ая – медленное испарение, выравнивание соотношения объема испарившихся фаз (4 – 12 часов). При испарении воды и минерального масла происходит интенсивный рост реологических параметров эмульсии из-за увеличения концентрации твердой фазы и плотности.

6. Для управления свойствами разработан алгоритм процедуры восстановления исходных концентраций компонентов эмульсионных буровых растворов, применение, которого может повысить эффективность применения большинства современных РУО при бурении скважин с высокими забойными температурами.

7. Опытно - производственная оценка компании «Халлибуртон Интернэшнл ГмбХ» при бурении скважин на Восточно-Сарутаюском, Салымском, Харьягинском, Кыртаельском, Ошском месторождениях, свидетельствует об эффективности предложенных рекомендаций по оптимизации компонентного состава обратных эмульсий на основе минерального масла.

Основные положения диссертации опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Тирон, Д.В. К вопросу о термодинамической неустойчивости растворов на углеводородной основе / Д.В. Тирон, Н.М. Уляшева // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М.: ОАО ВНИИОЭНГ. - 2015. - №8. – С. 25-30.

2. Тирон, Д.В. Методы исследования седиментационной устойчивости растворов на углеводородной основе / Д.В. Тирон // Наука и бизнес: пути развития. – 2015. - №10. – С. 10-13.

3. Тирон, Д.В. Исследование влияния температуры на реологические свойства различных углеводородных жидкостей / Д.В. Тирон, Н.М. Уляшева, Т.Д. Ланина // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М.: ОАО ВНИИОЭНГ. - 2016. - №4. – С. 29-34.

4. Тирон, Д.В. Исследование процесса испарения фаз в буровых растворах на углеводородной основе / Д.В. Тирон, Н.М. Уляшева // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327, №4. – С. 97-107.

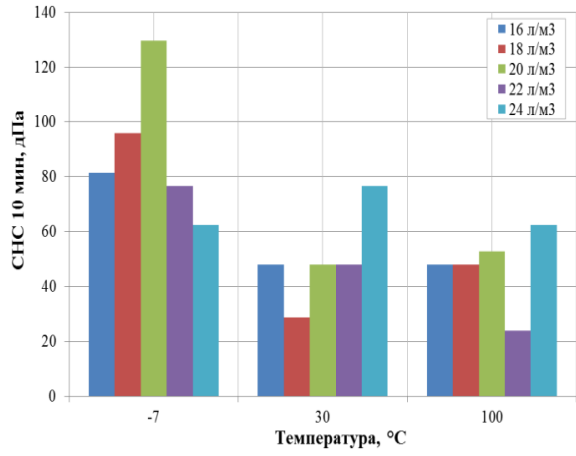
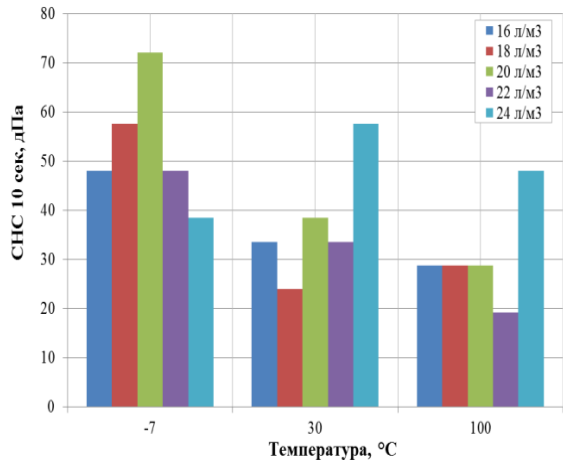
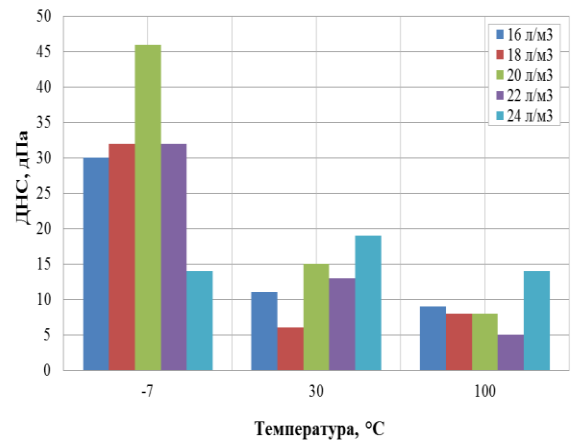
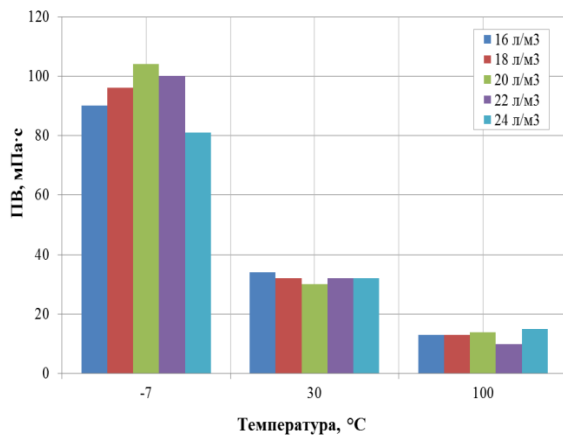


Рисунок 1 – Зависимость реологических характеристик эмульсий от температуры при различных концентрациях эмульгатора

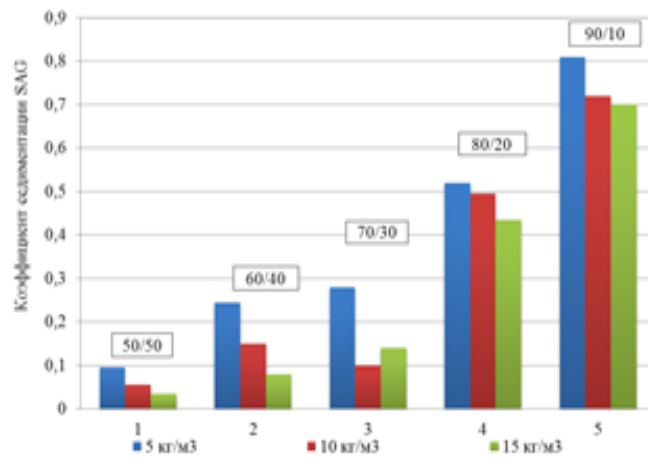


Рисунок 3 – Изменение коэффициента седиментации SAG в зависимости от соотношения фаз и концентрации структурообразователя