

На правах рукописи

КОВАЛЬ Максим Евгеньевич



**ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БУРОВЫХ
РАСТВОРОВ НА УГЛЕВОДОРОДНОЙ ОСНОВЕ
МЕТОДОМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

*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 – 2020

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет».

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент

Живаева Вера Викторовна

Официальные оппоненты:

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», кафедра Нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна, профессор

Хуббатов Андрей Атласович

кандидат технических наук, Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - Газпром ВНИИГАЗ», лаборатория разработки технологических жидкостей для бурения и ремонта скважин, заместитель начальника лаборатории

Ведущая организация - Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт»

Защита диссертации состоится 15 декабря 2020 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета ГУ 212.224.02 Горного университета по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, д. 2, ауд. 1163.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горного университета и на сайте www.spmi.ru.

Автореферат разослан 15 октября 2020 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



БЛИНОВ

Павел Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Вовлечение в эксплуатацию остаточных запасов на месторождениях поздней стадии разработки требует бурение наклонно-направленных и горизонтальных скважин. В сложившейся обстановке зарождаются новые требования по повышению эффективности процессов бурения. На данном этапе технологического развития отрасли это достижимо за счёт снижения непроизводительного времени, затрачиваемого компаниями при ликвидации осложнений, связанных с нестабильностью ствола скважин, путём применения растворов на углеводородной основе (РУО). К преимуществам РУО относится:

- высокая ингибирующая способность и низкая фильтрация, обеспечивающие устойчивость ствола и минимальное загрязнение продуктивных пластов;

- устойчивость к загрязнениям что даёт возможность его многократного повторного использования;

- высокая смазывающая способность, повышающая эффективность бурения скважин со сложным профилем.

В этих условиях растворы на углеводородной основе позволяют решать недостижимые для других типов промывочных жидкостей задачи, связанные с предотвращением осложнений при проводке скважин и качественным вскрытием продуктивных пластов. Успешному внедрению данного типа растворов препятствуют сравнительно высокие затраты на его приготовление. В этой связи, наиболее существенным является разработка решений по интенсификации диспергирования и повышения качества смешения компонентов при приготовлении РУО.

Степень разработанности темы исследования

Большой вклад в понимание процессов повышения дисперсности твердой и жидкой дисперсных фаз в буровом растворе и особенностей управления их свойствами при бурении горизонтальных скважин и скважин с большими отходами внесён трудами: Ю. Е. Алексеева, Б. А. Андресона, В. И. Балаба, Е. В. Беленко, П. Бечер, А. И. Булатова, Л. П. Вахрушева,

В. Д. Городнова, Дж. Р. Грея, Г. С. Г. Дарли, Ян. Джиниан, В. В. Живаевой, В. Н. Кошелева, Р. Ф. Крюгер, М. И. Липкеса, Н. Маковea, В. С. Новикова, М. В. Нуцковой, А. И. Острягина, А. И. Пенькова, Ю. М. Просёлкова, В. И. Рябченко, О. В. Савенок, Р. И. Федосовой, И. В. Чениковой, С. Н. Шишкова, Шу Юн.

Несмотря на реальные успехи в области продвижения эмульсионных буровых растворов и технологий промывки горизонтальных скважин, усовершенствование существующих и получение новых буровых растворов, отвечающих повышенным требованиям горизонтального бурения, до сих пор является одной из актуальнейших задач сегодняшнего дня.

Цель работы

Повышение эффективности строительства скважин за счёт формирования стабильной структуры бурового раствора на углеводородной основе с регулируемыми физико-механическими свойствами методом ультразвукового воздействия на стадии смешения компонентов и диспергирования.

Идея работы

Разработка методики приготовления стабильного бурового раствора на углеводородной основе с применением ультразвуковой кавитации.

Задачи исследований

1. Рассмотреть особенности применения РУО для бурения горизонтальных и наклонно-направленных скважин.
2. Проанализировать существующие способы приготовления эмульсионных растворов на углеводородной основе.
3. Определить параметры для контроля технологических свойств эмульсионных буровых растворов, приготовленных различными способами.
4. Разработать методику приготовления раствора на углеводородной основе с применением ультразвукового воздействия и выполнить сравнительные исследования эмульсионных буровых растворов, приготовленных разными способами.
5. Оценить влияние способа приготовления эмульсионного бурового раствора на технико-экономические показатели бурения.

Научная новизна работы

1. Разработаны математические модели, позволяющие рассчитать средний размер частиц водной фазы эмульсии и реологические показатели в зависимости от продолжительности ультразвукового воздействия.

2. Обоснован механизм повышения стабильности эмульсионного бурового раствора на углеводородной основе созданием регулируемой кавитации путём применения ультразвукового воздействия.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретически обоснована связь технологических параметров эмульсионных буровых растворов с продолжительностью ультразвукового воздействия различной мощности.

Разработанная методика приготовления эмульсионных буровых растворов позволяет сократить время проведения лабораторных испытаний на стадиях проектирования, для отражения в проектах на строительство скважин, и оперативной доработки рецептур при участии в ликвидации аварий, что подтверждено справкой о применении в Лаборатории аналитических и технологических исследований при строительстве скважин ООО «СамараНИПИнефть».

Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» в курсе «Буровые технологические жидкости» и по направлению подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело» магистерская программа «Строительство наклонно-направленных и горизонтальных скважин».

Методология и методы исследований

В работе применялись статистические методы определения влияния концентрации компонентов на электростабильность растворов на углеводородной основе (РУО). Стендовые и экспериментальные исследования влияния различных способов приготовления на технологические параметры РУО. Аналитические методы определения содержания хлоридов и извести. Определение дисперсности водной фазы с

помощью динамического рассеяния света в углеводородных средах.

Положения, выносимые на защиту

1. Разработанная технология получения эмульсии сокращает время приготовления буровых растворов в лабораторных условиях до 10 мин, что в 18 раз быстрее по сравнению с временем приготовления на стандартном перемешивающем устройстве «Hamilton Beach». Получаемая эмульсия сохраняет технологические параметры как после термостарения в течение 16 ч при температуре 80 °С в вальцовой печи (при перемешивании со скоростью 25 об/мин), так и после нахождения в покое в течение 14 сут.

2. Воздействие ультразвуковых волн частотой (20 – 40) кГц обеспечивает достижение рабочих параметров: пластической вязкости не менее 18 мПа·с (49 °С), динамического напряжения сдвига не менее 5 Па и сокращение среднего размера частиц водной фазы эмульсии с 464 мкм до 34 мкм.

Степень достоверности результатов исследований подтверждается аналитическими и экспериментальными исследованиями, воспроизводимостью полученных данных и высокой сходимостью результатов расчетных величин с результатами лабораторных исследований.

Апробация работы

Основные положения работы обсуждались на:

- Научно-исследовательский семинар ФГБОУ ВО «СамГТУ» (3 марта 2020 г., г. Самара);
- Техническая конференция SPE «Новая эра в бурении» (4 – 6 июня 2019 г., г. Сочи);
- IX научно-практическая конференция ПАО «НК «Роснефть» «Инжиниринг строительства и реконструкции скважин» (4 – 5 сентября 2019 г., г. Самара);
- Международная научно-практическая конференция «Ашировские чтения» (24 – 27 сентября 2019 г., г. Туапсе);
- Российская нефтегазовая техническая конференция SPE (22 – 24 октября 2019 г., г. Москва);

- Научно-практическая конференция «Актуальные задачи нефтегазо-химического комплекса. Добыча и переработка» (21 – 22 ноября 2019 г., г. Москва);

- XII корпоративная конференция по аварийности при строительстве скважин и зарезке боковых стволов (6 – 8 июня 2018 г., г. Красноярск);

- VIII научно-практическая конференция «Инжиниринг строительства и реконструкции скважин» (5 – 6 сентября 2018 г., г. Самара);

- IV конференция «Технологии в области разведки и добычи нефти ПАО «НК «Роснефть 2018» (23 – 25 октября 2018 г., г. Москва).

Личный вклад

Проведён анализ применения промывочных жидкостей для бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин. Сформулированы цели и задачи исследований. Изучены существующие способы приготовления эмульсионных растворов (РУО). Рассмотрены методики измерения параметров растворов на углеводородной основе. Разработана методика исследования ультразвукового воздействия на технологические параметры и дисперсность РУО. Получены зависимости изменения технологических параметров и дисперсности РУО от продолжительности воздействия ультразвуковых волн частотой 40 кГц (50 Вт) и 22 кГц (1000 и 2000 Вт), работающих в режиме кавитации. Определено минимальное время, необходимое для получения стабильной эмульсии, сохраняющей технологические параметры как после испытания на старение бурового раствора в динамических условиях, так и при нахождении РУО в статических условиях. Разработана методика приготовления эмульсионных буровых растворов с применением ультразвукового воздействия.

Данные о публикациях автора

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 10 печатных работах, в том числе в 7 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на

соискание ученой степени доктора наук, в 2 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus.

Структура и объем диссертационной работы

Диссертационная работа включает в себя введение, пять глав с выводами по каждой из них, заключение, список литературы из 83 наименований и 1 приложение. Материал диссертации изложен на 94 страницах, содержит 18 таблиц, 40 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируется цель, определяются задачи исследований, приводятся основные защищаемые положения, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе рассмотрены особенности промывки наклонно-направленных и горизонтальных скважин.

Приведён анализ теории эмульгирования, даны существующие классификации эмульсий, объясняется действие эмульгаторов. Рассмотрен опыт применения инвертных эмульсионных растворов, их преимущества и недостатки.

Даны выводы о достоинствах эмульсионных буровых растворов и отмечены экологические и технологические ограничения.

Во второй главе проанализированы существующие способы приготовления эмульсионных растворов. Рассмотрена стандартная технология приготовления растворов на углеводородной основе (РУО) на буровой площадке скважин.

Приведены результаты анализа альтернативных технологий приготовления эмульсионных растворов. Рассмотрены физические процессы, протекающие при кавитации и принцип действия ультразвуковых колебательных систем на основе пьезоэлементов.

Показано, что применение кавитационного воздействия позволяет достигать дисперсности менее 30 мкм, что положительно сказывается на технологических характеристиках эмульсий.

В третьей главе изложены методики измерения технологических параметров РУО, а также седиментационной

устойчивости буровых растворов и размера мицелл в углеводородных средах с помощью динамического рассеяния света.

Приведены результаты анализа влияния компонентного состава на электростабильность. Наибольшее влияние на электростабильность оказывает концентрация эмульгатора и извести: коэффициенты корреляции соответственно равны 0,91 и 0,80. Умеренным влиянием на электростабильность обладают водонефтяное отношение (OWR) и концентрация структурообразователя: коэффициенты корреляции соответственно равны 0,66 и 0,54. Обосновывается наиболее широко применяемая рецептура, которая далее берётся за основу для проведения исследований.

Также приведена стандартная методика приготовления РУО, применяемая при проверке составов, предлагаемых для включения в проекты на строительство скважин, предусматривающая перемешивание с помощью Hamilton Beach (отечественный аналог Воронеж) при 12 000 об./мин и следующий порядок ввода компонентов:

1. Набрать масляную основу в объёме, требуемом для достижения необходимого водонефтяного отношения.
2. Вместе с перемешиванием ввести органофильную глину. Перемешивать в течение 30 мин.
3. Вместе с перемешиванием ввести эмульгатор. Перемешивать в течение 30 мин.
4. Вместе с перемешиванием ввести известь. Перемешивать в течение 30 мин.
5. Растворить в воде хлорид кальция. Вводить минерализованную воду в раствор при перемешивании как можно медленнее. Перемешивать в течение 30 мин.
8. Вместе с перемешиванием ввести понизитель фильтрации. Перемешивать в течение 30 мин.
9. При необходимости ввести утяжелитель и наполнитель.

В четвёртой главе приведены результаты лабораторных исследований.

Для сопоставления параметров РУО, приготовленных различными способами, были измерены технологические параметры составов с различным водонефтяным отношением (OWR – Oil Water

Ratio), приведённые в таблице 1. Порядок приготовления на Hamilton Beach и Silverson соответствовал указанному выше. Разработанная методика приготовления РУО с воздействием ультразвука имеет следующий порядок: в ёмкость для воздействия ультразвуком набираются жидкие составляющие (вода с растворённым CaCl_2 , эмульгатор, минеральное масло), после включения ультразвуковой установки и верхнеприводной мешалки вводятся все сухие компоненты.

Таблица 1 – Рецептуры РУО с различным водонефтяным отношением

Порядок ввода реагента	Наименование	OWR = 70/30	OWR = 80/20
		Концентрация, кг/м ³ (л/м ³) или г/л (мл/л)	
1	Масло базовое	569,0	650,0
2	МEX-ВР 31	12,0	12,0
3	МEX-ОВ	25,0	25,0
4	Вода	244,0	162,5
4	Хлорид кальция	70,0	70,0
5	Известь	25,0	25,0
6	Unitrol	5,0	5,0

Отдельно изучено изменение температуры эмульсионных растворов при вводе извести в масляную основу с эмульгатором (рисунок 1). В связи с интенсивным ростом температуры при использовании ультразвуковой ванны и верхнеприводной мешалки (УВ+ВМ) и отсутствия технической возможности охлаждения РУО, время приготовления на УВ+ВМ было сокращено. Перемешивание на Silverson также сопровождалось интенсивным ростом температуры, но последующее помещение кружки с раствором в охлаждающую водяную рубашку предотвратило резкий рост температуры. Таким образом продолжительность приготовления на Silverson и в ультразвуковой ванне были сокращены, по сравнению с применяемой методикой на Hamilton Beach.

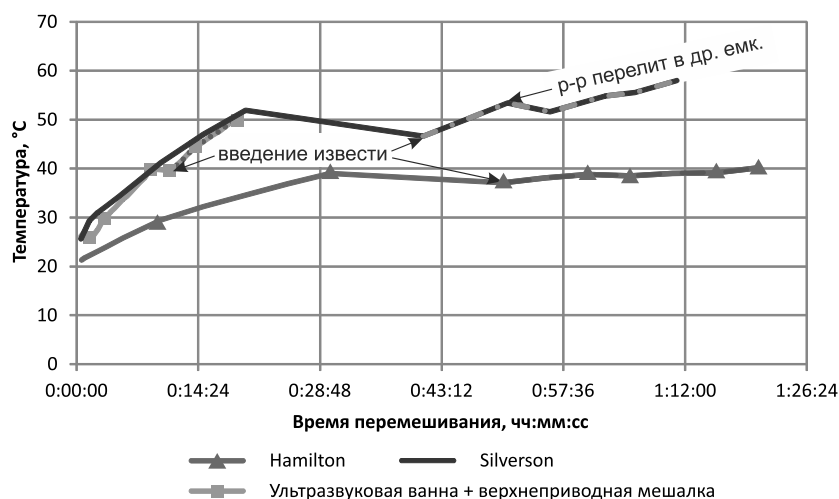


Рисунок 1 – Изменение температуры при перемешивании на разных устройствах

Сопоставление электростабильности составов с различным водонефтяным отношением (OWR) приведено на рисунке 2. Как видим из рисунка 2 электростабильность РУО, приготовленных на Hamilton Beach и Silverson с увеличением доли воды снижается. В то же время электростабильность составов, приготовленных с помощью ультразвуковых волн частотой 40 кГц (потребляемая мощность от электрической сети – 50 Вт), работающих в режиме кавитации, с увеличением содержания воды возросла. После нахождения в покое 7 и 14 сут. электростабильность РОУ с OWR = 80/20 принимает близкие значения (рисунок 3).

На рисунке 4 приведены результаты сопоставления основных параметров РУО (OWR = 70/30), приготовленных различными способами.

Зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига наиболее близки для РУО, приготовленных на Hamilton Beach и УВ+ВМ. Статическое напряжение сдвига минимально у эмульсии, полученной с помощью УВ+ВМ. Показатель фильтрации (через Whatman № 50 по ISO 10414) у всех РУО имеет близкое значение. Сниженная

концентрация избытка извести в РУО, приготовленном на Hamilton Beach, указывает, что известь плохо растворилась – это, в свою очередь, сказалось на ухудшении параметров.

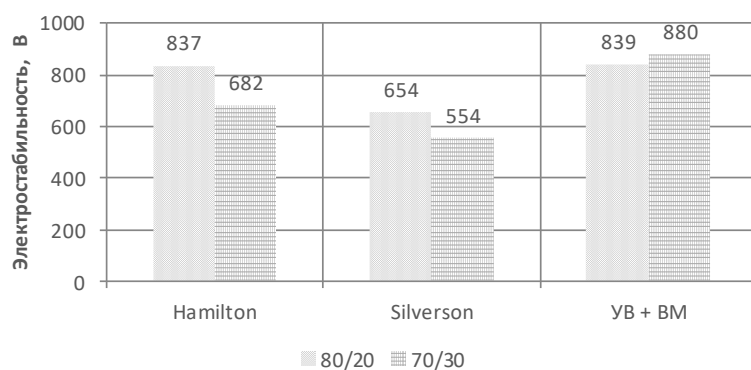


Рисунок 2 – Электростабильность РУО с различным водонефтяным отношением

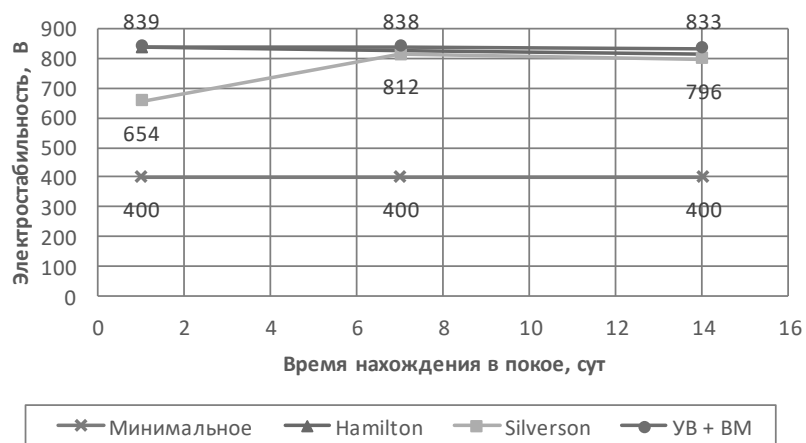


Рисунок 3 – Изменение электростабильности РУО с OWR = 80/20 при нахождении растворов в покое

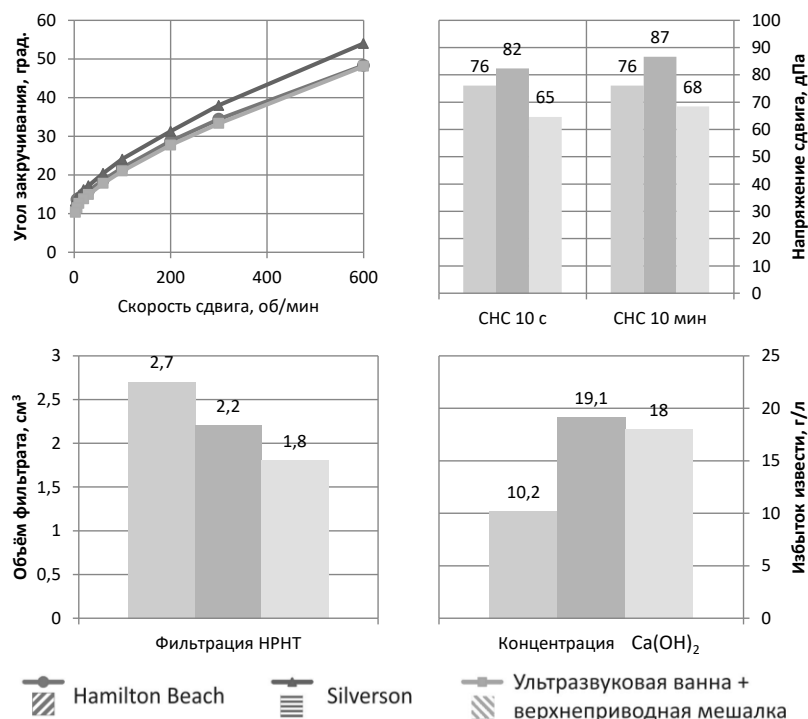


Рисунок 4 – Сопоставление основных параметров РУО (OWR = 70/30), полученных различными способами приготовления

Оценка дисперсности полученных эмульсий выполнена с помощью микроскопа Альтами и ПО «Altami Studio». Распределение размера капель водной фазы приведено на рисунке 5.

Общая близость параметров проанализированных растворов и схожие распределения частиц указывают, что воздействие ультразвуковых волн частотой 40 кГц (50 Вт), работающих в режиме кавитации, применимо для получения РУО и параметры растворов сопоставимы с параметрами эмульсий, получаемых с помощью широко распространённых перемешивающих устройств.

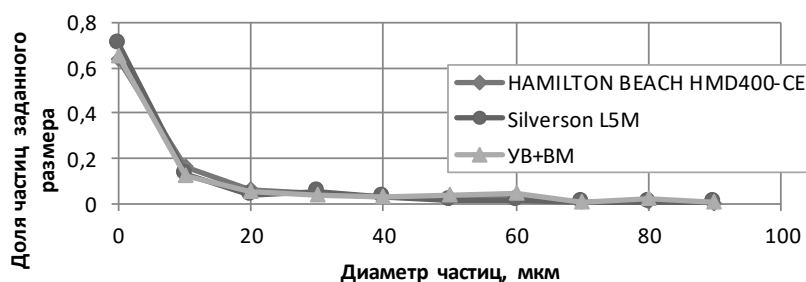


Рисунок 5 – Удельное распределение размеров капель эмульсий полученных различными способами приготовления

По результатам исследований продолжительности ультразвукового воздействия с частотой 40 кГц и потребляемой генератором мощности от электрической сети – 50 Вт разработаны математические модели (1 – 3), позволяющие определять параметры эмульсионных буровых растворов.

Средний размер капель водной фазы определяется (1)

$$\begin{cases} y = 688,3e^{-0,386x}, & \text{при } x < 7,5 \\ y = 493,51x^{-1,313}, & \text{при } x \geq 7,5 \end{cases} \quad (1)$$

где x – продолжительность ультразвукового воздействия, мин.

Пластическая вязкость находится по формулам (2)

$$\begin{cases} y = -0,3901x^2 + 3,4631x + 10,964, & \text{при } x < 3,75 \\ y = 18,44x, & \text{при } x \geq 3,75 \end{cases} \quad (2)$$

Динамическое напряжение сдвига находится по (3)

$$\begin{cases} y = -0,005x^2 + 0,4664x + 0,8927, & \text{при } x < 45 \\ y = 12x, & \text{при } x \geq 45 \end{cases} \quad (3)$$

Среднестатистические размеры капель водной фазы определялись с помощью лазерного анализатора Microtrac Nanotrac Ultra по международному стандарту ISO 22412 (ГОСТ 8.774-2011). Результаты исследований приведены на рисунке 6.

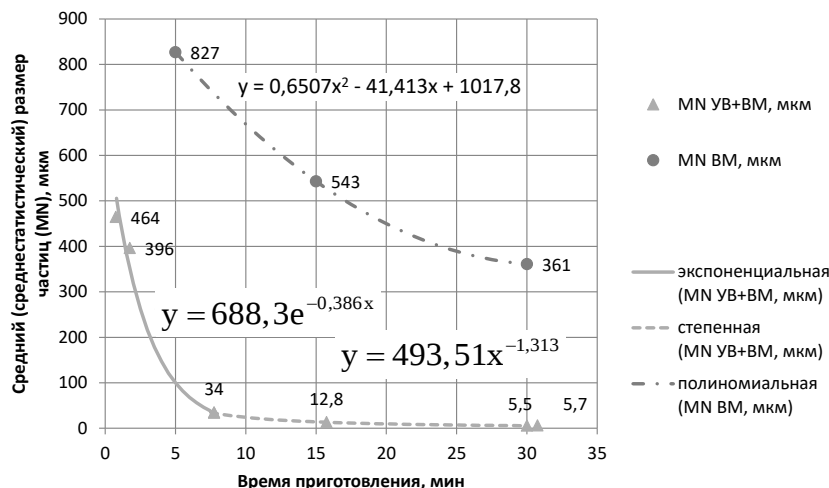


Рисунок 6 – Зависимость среднего размера капель водной фазы от продолжительности приготовления

Результаты исследований влияния продолжительности воздействия ультразвуковых волн с частотами 22 кГц и 40 кГц, работающих в режиме кавитации, на реологические параметры приведены на рисунке 7.

На графиках рисунке 7 выделяются две области. В начальной области изменение параметров происходит по квадратичной зависимости. Затем параметры стабилизируются: пластическая вязкость достигает (19 – 20) мПа·с, а динамическое напряжение сдвига стремится к 12 Па. Исключением явились параметры, достигнутые при воздействии на компоненты эмульсии верхнеприводной мешалки. Через 30 мин перемешивания на скорости 700 об/мин, пластическая вязкость составила только 15 мПа·с, а динамическое напряжение сдвига оставалось на уровне 1 Па. Данный факт свидетельствует об отсутствии эмульсии.

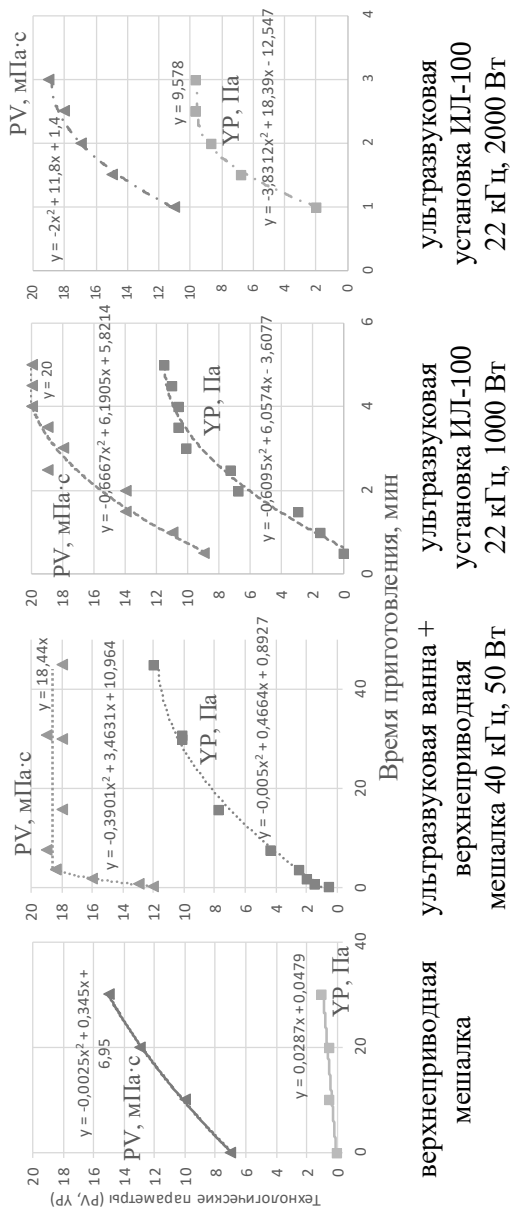


Рисунок 7 – Зависимость реологических параметров от продолжительности приготовления

Анализ полученных результатов показывает, что при воздействии ультразвуковых волн частотой 40 кГц (50 Вт), работающих в режиме кавитации, скачок от размера капель (400 – 500) мкм к размеру менее 50 мкм происходит в течение 8 мин перемешивания. Результаты измерения параметров РУО, полученные после 10 мин воздействия ультразвуковых волн, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры РУО, полученного после 10 мин воздействия ультразвуковых волн частотой 40 кГц (50 Вт), работающих в режиме кавитации

Параметры	Через 1 сут	После термо- старения	Через 14 сут
Соотношение углеводородной / водной фаз, % об.	70/30	71/29	69/31
Плотность, г/см ³	1,1	1,1	1,1
Пластическая вязкость при 49 °С, мПа·с (сП)	19	19	17
Динамическое напряжение сдвига при 49 °С, Па / фунт / 100 фут ²	5,1/19	8,1/17	9,5/22
Статическое напряжение сдвига за 10 с при 49 °С, Па / фунт / 100 фут ²	6,2/13	6,7/14	7,7/16
Статическое напряжение сдвига за 10 мин 49 °С, Па / фунт / 100 фут ²	6,7/14	7,2/15	7,7/16
Объём фильтрата, ΔР = 3,5 МПа и Т = 80 °С через керамический диск с проницаемостью по воздуху 60 мкм ² , см ³ за 30 мин	3,2	4,6	3,7
Толщина фильтрационной корки (при выс. тем. / выс. давлении), мм	0,5	0,5	0,5
Электростабильность, В	880	884	867
Содержание ионов Cl ⁻ , мг/дм ³	43 000	43 000	42 000
Избыток извести, кг/м ³	13	13	12
Содержание СаСО ₃ , кг/м ³	190	190	180

Из таблицы 2 видно, что параметры РУО, приготовленного с применением ультразвуковых волн частотой 40 кГц (50 Вт), работающих в режиме кавитации, не существенно изменяются как после термостарения в течение 16 ч при температуре 80 °С в вальцовой печи (при перемешивании со скоростью 25 об/мин), так и после нахождения в покое в течение 14 сут.

В пятой главе проведена оценка экономической эффективности применения ультразвуковых установок на скважинной площадке.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОодЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Анализ применяемых при бурении горизонтальных участков промысловых жидкостей показал, что по совокупности положительных достоинств, растворы на углеводородной основе являются наиболее подходящими для проходки наклонно-направленных скважин и горизонтальных участков, интервалов продуктивных пластов. Несмотря на ряд преимуществ, применение РУО ограничивается экологическими требованиями (класс опасности 3 – в случае применения в качестве основы дизельного топлива, класс опасности 4 – в случае применения минерального масла), технологическими трудностями приготовления и высокой стоимостью, а также, возможностями и потенциалом компаний, занимающихся строительством скважин.

2. Выполненный анализ существующих способов приготовления эмульсионных растворов на углеводородной основе показал, что время приготовления 160 м³ бурового раствора с применением струйного диспергатора на скважинной площадке составляет 3 сут и требует создания избыточного давления до 10 МПа с помощью цементирующего агрегата или бурового насоса. Необходима разработка энергосберегающих технологических средств, направленных на сокращение времени приготовления РУО.

3. По результатам статистического анализа выявлено, что на электростабильность существенно влияет содержания эмульгатора и извести. В меньшей степени влияет водонефтяное отношение и содержание структурообразователя. Если требуется повысить

электростабильность, то сначала надо увеличивать содержания эмульгатора, извести, OWR и концентрацию структурообразователя.

4. Экспериментально установлено, что воздействие ультразвуковых волн частотой 40 кГц, работающих в режиме кавитации, применимо для получения эмульсионных буровых растворов. РУО получаемые после 10 мин воздействия ультразвука 40 кГц в режиме кавитации, не расслаиваются как после термостарения, так и при отстое на протяжении 14 сут. Это подтверждает стабильность буровых растворов и возможность повторного применения при бурении скважин. Предложенные технологические решения являются перспективной альтернативой существующим решениям в бурении и рекомендуются для дальнейших разработок в области приготовления буровых растворов на углеводородной основе.

5. Укомплектование буровой 10 установками «Булава», при сокращении продолжительности приготовления 160 м³ РУО с 3 до 1 сут, по сравнению с использованием гидравлического диспергатора, окупится через 1 год после начала применения, в то время как при укомплектовании 1 установкой окупится через 5 лет.

Список основных работ, опубликованных автором по теме диссертации

Публикации в изданиях из Перечня ВАК

1. **Коваль, М. Е.** Влияние способов приготовления растворов на углеводородной основе на их основные параметры / М. Е. Коваль // Нефть. Газ. Новации / ООО "Портал Инноваций". – 2020. – № 3. – С. 30 – 36.

2. Живаева, В. В. Установление зависимости электро-стабильности от концентрации компонентов РУО / В. В. Живаева, **М. Е. Коваль**, В. А. Капитонов // Нефть. Газ. Новации / ООО "Портал Инноваций". – 2020. – № 1. – С. 26 – 28.

3. **Коваль, М. Е.** Оценка возможности использования выбуренной породы для ликвидации поглощений / М. Е. Коваль [и др.] // Нефть. Газ. Новации / ООО "Портал Инноваций". – 2019. – № 11. – С. 52 – 60.

4. Шиповский, К. А. Прогнозирование полных и катастрофических поглощений при бурении скважин на

месторождениях Камско-Кинельской системы прогибов в Самарской области / К. А. Шиповский, **М. Е. Коваль**, В.С. Циркова // Научно-технический ежемесячный журнал «Нефть. Газ. Новации». – № 10 / 2018. – С. 14 – 18.

5. **Коваль, М. Е.** Исследование влияния концентрации смазывающей добавки в рецептуре бурового раствора на коэффициенты трения / М. Е. Коваль [и др.] // Научно-технический ежемесячный журнал «Нефть. Газ. Новации». – № 10 / 2018. – С.32 – 35.

6. **Коваль, М. Е.** Практическое применение методов подбора кольматантов для предупреждения осложнений при бурении скважин на месторождениях Самарской области / М. Е. Коваль [и др.] // Научно-технический ежемесячный журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – 2017. – № 7. – С. 9 – 15.

7. Шиповский, К. А. Прогнозирование и предупреждение поглощений в серпуховском ярусе при бурении скважин на месторождениях самарской области / К. А. Шиповский, В.С. Циркова, **М. Е. Коваль** // Научно-технический ежемесячный журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – 2019. – № 9. – С. 35 – 39.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования SCOPUS

8. **Коваль, М. Е.** Бурение скважин с большим отходом от вертикали на блоке «Хунин-Б» / М. Е. Коваль [и др.] // Научно-технический ежемесячный журнал «Нефтяное хозяйство». – 2019. – № 9. – С. 68 – 70.

9. Леонтьев, М. В. Технологические решения по предотвращению деформации обсадных колонн в скважинах / М. В. Леонтьев, **М. Е. Коваль** [и др.] // Научно-технический ежемесячный журнал «Нефтяное хозяйство». – 2019. – № 5. – С. 22 – 25.

Публикации в прочих изданиях

10. Живаева, В. В. Статистический анализ влияния компонентного состава на электростабильность РУО / В. В. Живаева, **М. Е. Коваль**, В. А. Капитонов // Ашировские чтения : сб. трудов Междунар. науч.-практ. конференции. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т. – 2019. – С. 157 – 161.