

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по направлениям
нефтегазовых технологий,
природопользованию и наук о Земле,
профессор, д.г.-м.н.

Д.К. Нургалиев
«25» апреля 2023 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет" на диссертационную работу Асадуллина Рустэма Рустямовича на тему «Разработка технологического процесса ограничения водопритокков на основе применения обратных эмульсий с твердой дисперсной фазой», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Актуальность темы диссертационной работы

Разработка эффективных технологий для решения проблемы преждевременного обводнения скважин является актуальной задачей для многих компаний недропользователей в связи с постоянной необходимостью снижать себестоимость добычи сырья. В то же время, к разрабатываемым реагентам и технологиям, применяемым для блокировки трещин и пор предъявляются весьма жёсткие требования. Так, создаваемые водоизоляционные экраны должны выдерживать значительный гидродинамический напор воды, иметь высокие прочностные характеристики и сохранять длительное время стабильность в агрессивных пластовых условиях.

Автором диссертации решается задача, стоящая перед нефтедобывающей промышленностью, а именно – создание новых стабильных, агрегативно-устойчивых в пластовой среде обратных эмульсии с включением стабилизирующей твердой фазы и стабильных прямых битумных эмульсий. Такие эмульсии в последние годы находят применение при решении вопросов интенсификации добычи нефти, особенно в карбонатных коллекторах для борьбы с обводнением различной природы. В рамках решения данной задачи

автором обобщены результаты теоретических, экспериментальных и промысловых исследований применения обратных эмульсий в процессах интенсификации добычи при формировании изоляционных экранов в высокопроницаемых зонах неоднородных коллекторов. Получены новые экспериментальные результаты по обоснованию оптимальных составов агрегативно-устойчивых обратных эмульсий в свободном объеме и на керне. Проведены фильтрационные исследования в моделируемых условиях конкретного пласта с определением остаточного фактора сопротивления, градиента сдвига, с оценкой его запирающей способности. Обоснованы механизмы процесса формирования изоляционных экранов на основе обратной и прямой битумной эмульсий, обуславливающие эффект динамического запираения в высокопроницаемой зоне продуктивного пласта.

Предложенная автором технология водоизоляции апробирована на опытных участках месторождений ПАО АНК «Башнефть», установлена технологическая эффективность реализуемого процесса, в результате чего дополнительно добыто 540 тонн нефти.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованных источников литературы, насчитывающего 100 наименований. Объем диссертации составляет 147 страниц машинописного текста. В работе содержится 93 рисунка и 15 таблиц.

В первой главе приведено обобщение опыта применения технологий на основе прямых и обратных эмульсий в различных геолого-физических условиях пласта. Описаны свойства прямых и обратных эмульсий, отличающихся по составу реагентов для выравнивания профиля приемистости. Приведены методики расчета вязкостных свойств эмульсий различного состава. На основании обобщения сделан вывод о перспективности применения обратных нефтяных эмульсий для выравнивания профиля приёмистости и ограничения водопритоков.

Во второй главе диссертационной работы рассмотрены основные особенности геолого-физических характеристик карбонатных коллекторов некоторых месторождений Башкортостана, являющихся перспективными для проведения опытно-промысловых испытаний по ограничению водопритоков с применением обратных эмульсий.

В третьей главе приведен анализ показателей разработки ранее рассмотренных месторождений Башкортостана, на которых были проведены

опытные испытания с применением обратных эмульсий, содержащих твёрдую фазу, для селективной водоизоляции обводнившихся пропластков. Автором отмечается, что дальнейший период разработки по всем указанным месторождениям характеризуется снижением добычи по нефти и ростом обводнённости добываемой продукции скважин.

В четвертой главе диссертационной работы автором приведены результаты экспериментальных исследований, позволяющие обосновать перспективные составы на основе прямых битумных эмульсий и обратных эмульсий, содержащих твёрдую фазу, для применения водоизоляционных работ в неоднородных карбонатных коллекторах. Приводятся экспериментально полученные данные о реологических свойствах различных прямых и обратных эмульсий, содержащих в своём составе в качестве твёрдой фазы анизотропный хризотил и аэросил, результаты фильтрационных испытаний. По результатам проведённых лабораторных экспериментов, автором обоснованы предложения для промысловых испытаний разработанных составов, обладающих высокими селективными и изоляционными свойствами. Автором отмечается, что для повышения эффективности водоизоляционных работ в неоднородных карбонатных коллекторах предпочтение отдается селективным изоляционным составам, которые предусматривают избирательное блокирование поровых каналов водонасыщенной части коллектора, при соблюдении условия сохранения проницаемости нефтенасыщенных интервалов.

В пятой главе представлены результаты проведённых опытно-промышленных испытаний, разработанных в ходе проведения работ обратных эмульсий, на трёх скважинах ПАО АНК «Башнефть» (№ 10КНД Копей-Кубовского, № 1782 Петропавловского и № 2638 Югомашевского месторождений), представленных неоднородными карбонатными коллекторами, находящимися в эксплуатации с высокой степенью обводнённости. Отмечается, что на двух из трёх объектов достигнут положительный эффект и добыто дополнительно 540 тонн нефти.

Научная новизна полученных результатов заключается в том, что автором работы установлена седиментационная и агрегативная устойчивость обратных эмульсий, стабилизированных твердой дисперсной фазой хризотилом или аэросилом при физическом моделировании процесса фильтрации. Полученные данные позволяют регулировать стабильность и реологические характеристики эмульсий в процессах ограничения притока воды по высокопроницаемым пропласткам неоднородного карбонатного пласта при

проведении ремонтно-изоляционных работ. Автором обоснован эффект динамического запираания в моделируемом поровом пространстве, представленным идеальной трещиной при закачке в нее обратной эмульсии, стабилизированной и армированной анизотропными дисперсными наполнителями, приводящей к затуханию фильтрации при формировании изоляционного экрана в высокопроницаемых зонах пласта. Выявлена селективная способность стабилизированных твердой фазой обратных эмульсий формировать изоляционный экран в высокопроницаемых водонасыщенных пластах при проведении водоизоляционных работ в карбонатных коллекторах. Обоснован новый механизм формирования стабильного изоляционного экрана, представленного прямыми битумными эмульсиями, стабилизированными катионными поверхностно-активными веществами с высокими адгезионными свойствами, достигаемыми за счёт адсорбции акриловой дисперсии на поверхности горной породы, учитывающий селективные свойства при реализации технологического процесса, влияющего на порядок размещения реагентов в поровом пространстве с учётом источников обводнения.

Достоверность и обоснованность научных результатов подтверждается соблюдением фундаментальных законов термо- и гидродинамики, физической и коллоидной химии, использованием общепринятых методов исследований и согласованностью полученных данных с литературными данными. Кроме того, экспериментальные результаты были получены на оборудовании, прошедшем государственную поверку, а все результаты экспериментальных исследований обрабатывались с применением методов математической статистики. Научные и практические результаты апробированы на многочисленных конференциях.

Значимость для науки результатов диссертационных исследований автора

По результатам измерения кривых течения обратных эмульсий Пикеринга установлено, что ОЭ являются псевдопластичными жидкостями, то есть касательное напряжение, зависящее от скорости сдвига, описывается моделью Оствальда-де-Ваале. Наличие неньютоновских свойств ОЭ следует учитывать при обосновании технологии их приготовления в промысловых условиях неоднородных нефтяных пластов.

Установлен «эффект динамического запираания» при течении ОЭ в капиллярах. До момента запираания течение ОЭ происходит практически с

постоянным расходом, что обусловлено тем, что они динамически стабильны. Данный эффект обнаружен в плоском течении и в ячейке Хеле-Шоу при высокой концентрации анизотропных частиц хризотила (до 5%). Запирание происходит практически мгновенно, чего нельзя сказать об ОЭ стабилизированных аэросилом (запирания через 30 минут).

Результаты экспериментальных исследований, выполненных на фильтрационной установке, показали, что высокими удерживающими свойствами обладают ОЭ, стабилизированные хризотилом, которые проявляют указанные свойства при высоких перепадах давления, что показывает их эффективность в качестве жидкостей в процессе ограничения водопритоков.

Установлены преимущества прямых битумных эмульсий (ПБЭ) в процессах борьбы с текущим и преждевременным обводнением нефтяных скважин: низкая начальная вязкость, высокая проникающая способность в поровое пространство коллектора, формирование гидрофобной пленки (непроницаемой для воды), устойчивость к воздействию агрессивных сред (в том числе щелочей и кислот), термостабильность.

В ходе выполнения фильтрационных экспериментов соискателем была доказана селективная способность ПБЭ как на насыпной модели (снижение проницаемости на 32,8%), так и на модели идеальной трещины (снижение проницаемости на 33,6%).

Подтверждён процесс фильтрации ПБЭ как на нефтенасыщенной модели пласта, так и на водонасыщенной, проявляющий различную степень снижения проницаемости.

Значимость для производства результатов диссертационных исследований автора

Практическая значимость заключается в следующем:

1 Разработан селективный водоизоляционный состав на основе стабилизированной обратной водонефтяной эмульсии с эмульгатором Девон 4в марка А, стабилизированной хризотилом для условий карбонатных коллекторов на основе проведения физико-химических и реологических исследований.

2 Подготовлена инструкция на технологический процесс ограничения водопритока с регулируемым временем стабилизационного периода, обеспечивающий седиментационную стабильность, агрегативную устойчивость и высокие прочностные характеристики, позволяющие достигать эффект 7

динамического запираания, основные положения которой прошли адаптацию в промысловых условиях.

3 Проведены опытно-промысловые работы на трех скважинах месторождений ПАО АНК «Башнефть» (№ 10КНД Копей-Кубовского, № 1782 Петропавловского, № 2638 Югомашевского), приуроченных к карбонатным коллекторам, и получена технологическая эффективность процесса (№ 1782 – 420 т; № 2638 – 120 т).

4 Апробированы техника и технология приготовления стабилизированных обратных эмульсий на устье скважины, обеспечен контроль за реализацией технологического процесса селективной водоизоляции с установлением вязкостных характеристик закачиваемых эмульсий.

Конкретные рекомендации по использованию результатов диссертации

В работе обоснован технологический прием, повышающий эффективность метода воздействия на основе применения ПБЭ, учитывающего процесс селективности при его закачке в неоднородный пласт. Соискателем рекомендована схема селективной изоляции, предусматривающая закачку ПБЭ с предварительной обработкой пласта акриловой дисперсией, обеспечивающей высокие адгезионные свойства битума с поверхностью горной породы, при этом реализуя механизм, основанный на способности анионоактивного полимера адсорбироваться на указанной поверхности, обеспечивая стабилизацию свойств ПБЭ и в целом повышая технологическую эффективность реализуемого процесса.

Разработана методика оценки технологических параметров процесса применения стабилизированных обратных эмульсий (объемов ОЭ, радиуса проникновения в пласт). Предложен алгоритм указанного процесса, включающий обоснование технологии приготовления и его последующее размещение в поровом пространстве.

Экспериментальные и расчетные данные, полученные автором, могут быть использованы для проведения ремонтно-изоляционных работ по ограничению водопритоков на месторождениях различных нефтяных компаний, в том числе на объектах ПАО АНК «Башнефть», на которых были проведены успешные опытно-промысловые испытания.

Замечания по диссертации:

1. Из диссертации непонятно влияет ли на качество получаемых эмульсий марка хризотила, состав пластовой воды и нефти. В некоторых случаях

указывается какая нефть использовалась, в некоторых случаях нет. Не приводится состав используемых нефтей и эмульгаторов, несмотря на то, что состав нефти, эмульгатора и пластовой воды критически влияют на свойства обратных эмульсий, а именно на их реологию и устойчивость. Непонятно как выбиралось соотношение водной и углеводородной фаз в обратных эмульсиях. Не указан состав обратной эмульсии с эмульгатором «А», дано лишь содержание эмульгатора. Не ясно как определялось действительно ли обратная эмульсия получается в процессе приготовления, а не прямая, в особенности в экспериментах с водорастворимым эмульгатором «Г». В эмульсии принято различать дисперсную фазу и дисперсионную среду, в этом ключе непонятно что подразумевается под фразой «выделение несущей фазы».

2. В работе активно используется метод реологии для оценки реологических параметров эмульсий в широком интервале скоростей. Следует отметить, что эмульсии представляют собой гетерогенную систему и при использовании ротационного реометра образцы могут подвергаться деструкции. Таким образом, в работе требуется привести оценку термодинамической (агрегационной) устойчивости получаемых эмульсий. В работе не обнаружены исследования процесса коалесценции изучаемых эмульсий в процессе измерения реологических кривых, что может оказывать влияние на достоверность результатов. При этом не выявлено как влияют добавки и эмульгаторы на структурные особенности эмульсий. Кроме того, не проведен сравнительный анализ полученных реологических параметров обратных эмульсий с результатами фильтрационных исследований по ограничению водопритоков.

3. В работе отсутствует информация по критериям для подбора скважин-кандидатов для проведения работ по предложенным технологиям (пластовая температура, приёмистость скважины, проницаемость, пористость, пластовое давление и т.д.), а также диапазонам свойств пластовой воды (минерализация) и нефти (содержание тяжелых фракций) для приготовления водоблокирующих составов на основе обратных эмульсий. Также, необходимо не представлены методы экспресс-оценки качества получаемых эмульсионных составов при проведении опытно-промышленных испытаний (электростабильность, условная вязкость и др.).

4. Отсутствует обоснование выбора смесительного устьевого оборудования для приготовления водоблокирующих составов и анализ влияния

работы смесительного оборудования на качество итогового продукта, в частности на полноту диспергирования твердой фазы.

5. В работе не проведена экономическая оценка предлагаемой технологии ограничения водопритока. Было бы полезно привести анализ сравнения данной технологии и указать ее отличительные особенности (например, технологическая простота, экономический эффект, меньший риск) от применяемых в настоящее время технологий закачки коммерческих водоблокирующих составов.

6. В разделе 4.3 «Исследование фильтрационных характеристик обратных эмульсий отсутствует обоснование выбора раскрытости трещины в 0,4 мм. Почему не использовались другие размеры трещин? Также отсутствует обоснование выбранных расходов от 1 до 10 см³/мин. Какой был шаг ступенчатого увеличения расхода, почему стартовый, как указано базовый, расход на прорыв агента составлял 1 см³/мин? Исходя из постановки эксперимента модель заполнялась исследуемым образцом заблаговременно, затем помещалась в «СМП-ФЕС2Р», таким образом восстановление смачиваемости поверхности прокачкой пластовых флюидов отсутствовало, что не совсем корректно с точки зрения тестов при пластовых условиях.

7. В работе оценивается «удерживающая способность эмульсии», данный параметр определяется по перепаду давления, однако никак не описан физический смысл характеристики. Второй зависимой, но не менее важной характеристикой от перепада давления является проницаемость, которая приводится в результатах. Однако, не проведены расчеты коэффициента блокирования и фактора остаточного сопротивления – наиболее подходящих характеристик при оценке свойств блокирования и тампонирувания в моделях идеальных трещин. В разделе 4.3, 4.4 отсутствует схема закачки агентов, что усложняет восприятие результатов. До конца не понятно, как проведена оценка селективности агентов, если модель пласта не была двуслойной.

8. В работе встречаются опечатки, орфографические ошибки и неточности, так, например, на странице 69 не указан источник в [], на рисунке 32 общее количество компонентов более 100%, в нескольких местах встречается слово «выкипировка» и т.д. Некоторые рисунки неинформативны, а в Таблице 7 не приведено относительное увеличение веса при адсорбции битума, даны лишь массы пластинок до и после проведения испытания.

Заключение

Отмеченные недостатки существенно не влияют на общую положительную характеристику представленного исследования, выполненного на высоком научно-техническом уровне.

Диссертационная работа Асадуллина Рустэма Рустямовича «Разработка технологического процесса ограничения водопритокков на основе применения обратных эмульсий с твердой дисперсной фазой» соответствует критериям п. 9 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (пп. 9-14), «О порядке присуждения ученых степеней». Она является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи интенсификации добычи нефти из скважин карбонатных коллекторов нефтяных месторождений путем внутрислоистой водоизоляции с применением обратных эмульсий, имеющей существенное значение для нефтегазовой отрасли. Предлагаемые соискателем разработки обладают научной новизной и практической ценностью.

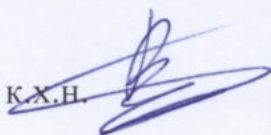
Соискатель Асадуллин Р.Р. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4 - «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

Отзыв на диссертацию подготовлен на основании обсуждения ее на расширенном заседании кафедры разработки и эксплуатации месторождений трудноизвлекаемых углеводородов Института геологии и нефтегазовых технологий ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет». Присутствовало – 35 человек. Результаты голосования - «за» – 35 человек, «против» – 0 человек. Протокол № 7 от 17.04.2022.

Отзыв подготовили:


Заведующий кафедрой разработки
и эксплуатации месторождений

трудноизвлекаемых углеводородов, доцент, к.х.н.

 М.А. Варфоломеев

Старший научный сотрудник

НИЛ методов увеличения нефтеотдачи, к.х.н.

 В.В. Андрияшин

25 апреля 2023 года

Подписи ФИО удостоверяю:



Нургалиев Данис Карлович,
Проректор по направлениям нефтегазовых
технологий, природопользованию и наук о Земле
доктор геолого-минералогических наук по специальности
25.00.00 - Науки о Земле
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
420008, Россия, Республика Татарстан, г. Казань,
ул. Кремлевская, д.18, корп.1
Телефон: +7 (843) 233-74-01
E-mail: Danis.Nourgaliev@kpfu.ru

Варфоломеев Михаил Алексеевич,
Заведующий кафедрой разработки и эксплуатации
месторождений трудноизвлекаемых углеводородов
кандидат химических наук по специальности
02.00.04 – Физическая химия,
Институт геологии и нефтегазовых технологий
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
420008, Россия, Республика Татарстан, г. Казань,
ул. Кремлевская, д.18, корп.1
Телефон: +7(843)233-79-77
E-mail: Mikhail.varfolomeev@kpfu.ru

Андряшин Виталий Владимирович,
Старший научный сотрудник
НИЛ методов увеличения нефтеотдачи
месторождений трудноизвлекаемых углеводородов
кандидат химических наук по специальности
02.00.08 – Химия элементоорганических соединений,
Институт геологии и нефтегазовых технологий
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
420008, Россия, Республика Татарстан, г. Казань,
ул. Кремлевская, д.18, корп.1
Телефон: +7(843)233-79-77
E-mail: Vandriya@kpfu.ru