

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Волошина Александра Иосифовича  
на диссертационную работу Асадуллина Рустэма Рустямовича «Разработка технологического процесса ограничения водопритоков 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

### **1 Актуальность темы диссертационной работы**

Использованию технологий на основе водонефтяных эмульсий (ВНЭ) в нефтегазодобыче способствует ряд их замечательных свойств, в числе которых наиболее значимыми являются их реологические свойства, адаптивность нефтяной дисперсной фазы к породе продуктивного пласта для обратных эмульсий, агрегативная стабильность, в связи с этим ВНЭ применяются в потокоотклоняющих технологиях, в качестве блокирующих фильтрацию в пласт систем в технологиях глушения скважин, в технологиях ремонтно-изоляционных работ. Однако, успешность их применения обусловлена не только их реологическими характеристиками, определяющими прочностные свойства ВНЭ, но и обнаруженным относительно недавно эффектом динамического запираания, проявляющегося при течении эмульсий в капиллярных структурах и моделях трещин.

Успешность применения в нефтедобыче коллоидных систем, таких как обратные и прямые эмульсии, стабилизированных твердой фазой, связана с результатами теоретических и экспериментальных исследований, прежде всего, с моделированием условий их промышленного применения. Физическое моделирование применения ВНЭ позволило выявить основные особенности поведения этих сложных, нелинейных систем.

При исследовании поведения ВНЭ, как нелинейных систем в неоднородном поле механического напряжения необходимо изучать особенности поведения их коллоидной структуры, фильтрации не только при постоянных скоростях подачи жидкости, но и при постоянном перепаде давления. Наряду с трансформацией эмульсии при её движении в щелях, капиллярах и пористых структурах выявлен эффект динамического запираания. Наличие такого эффекта для ВНЭ с твердой дисперсной фазой дополняет существующие представления о поле скоростей и градиента давления в призабойной зоне пласта. Требуется новые подходы при методическом обосновании технологического процесса ограничения водопритоков в пластовых условиях с учётом установленного эффекта, с возможностью регулировать процесс и повышать его успешность в реальных промышленных условиях. Поэтому исследования, подтверждающие эффекта динамического запираания, выполненные для

ВНЭ с твердой фазой, представляют безусловную актуальность, а технологический процесс на основе применения прямых и обратных эмульсии перспективность для решения различных задач при проведении ремонтно-изоляционных работ.

## **2 Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность разработанных автором научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, базируются на современных представлениях методов теоретического, экспериментального обоснования технологии на основе стабилизированных обратных эмульсий (ОЭ), выполненного с привязкой к конкретным геолого-физическим условиям нефтяных месторождений, с учетом критериев применения рассматриваемого метода воздействия.

Поставленные в работе задачи решались путём выполнения физико-химических исследований (обоснован компонентный состав обратных эмульсий, со стабилизирующей добавкой и включением твёрдой фазы – хризотила или аэросила); реологических исследований, устанавливающих зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига, а также физическое моделирование процесса фильтрации ОЭ Пикеринга в образце керна при определении критического градиента давления, устанавливающего максимальную величину давления, после которой происходит прорыв воды через обратную эмульсию.

Проведены фильтрационные исследования ОЭ Пикеринга в микрокапиллярах и ячейке Хили-Шоу, подтверждающие наличие эффекта динамического запираания, обеспечивающего селективность процесса и затухание фильтрации. При проведении опытно-промысловых работ выполнялся входной контроль за вязкостными характеристиками стабилизированных обратных эмульсий, позволяющий контролировать процесс закачки. Обеспечена совместимость обратной эмульсии с включением твёрдой фазы - хризотила с пластовыми флюидами (нефтью и водой) конкретных промысловых объектов, а именно Югомашевского, Копей-Кубовского и Петропавловского месторождений.

## **3 Достоверность и новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций**

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается применением апробированных оригинальных методик, экспериментальных исследований, выполненных на оборудовании, прошедшим государственную поверку. Все результаты экспериментальных исследований с применением методов математической статистики. Изучение фильтрации обратных водоуглеводородных эмульсий, то есть микрокапель воды в нефти, при радиально расширяющемся течении проводилось автором в ячейке Хили-Шоу, а также на дезинтегрированном керне. Для

радиально расширяющегося течения характерно то, что оно фиксируется в изначально неоднородном поле давления. Для изучения данного вида течения автором использованы обоснованные обратные эмульсии, стабилизированные поверхностно-активными веществами (девон 4в марка А) и твёрдой фазой (хризотил или аэросил). Им установлена высокая динамическая стабильность исследованных эмульсий. Отмечено, что имеющиеся крупные капли в процессе измерения вязкости диспергируют в микрокапли. Процесс упрочнения обратных эмульсий Пикеринга достаточно убедительно подтверждён автором при получении кривых зависимости касательного напряжения от скорости деформации сдвига, подтверждая тем самым, что исследуемые обратные эмульсии обладают свойствами реопексии.

Следует отметить, что кривая «упрочнения» насыщается через 30 минут, при этом величина напряжения сдвига увеличивается в четыре раза. При визуализации процесса течения обратных эмульсий с включением твёрдой фазы на указанных моделях, автором выявлен «эффект динамического запираания» в интервале времени от 20 минут до полутора часов от начала эксперимента. Установлено, что снижение давления на входе примерно вдвое приводит к возобновлению фильтрации обратной эмульсии, однако, с расходом меньше начального. Поэтому последующее запираание наступает раньше. Дальнейшее удвоение роста давления приводит также к возобновлению фильтрации, но спустя 20 минут система повторно переходит в состояние запираания. Автор прослеживает весь процесс формирования прочной эмульсионной оторочки. Так, он подчёркивает, что вначале происходит формирование радиальных трубок тока. «Хаотизация» течения сопровождается снижением расхода обратных эмульсии и последующим запирающим процессом, приостанавливающим процесс с характерным формированием эквипотенциальных поверхностей. Состояние запираания устойчиво в течение нескольких суток. Такие характеристики показывают эффективность обратных эмульсий при их фильтрации в моделируемых условиях пласта (на модели идеальной трещины).

#### **4 Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка использованной литературы, включающего 100 наименования. Работа изложена на 147 страницах машинописного текста, содержит 93 рисунка, 15 таблиц.

Диссертационная работа носит завершенный характер, текст диссертации написан грамотно, с соблюдением действующих на сегодняшний день стандартов. В ней обоснованы новые составы обратных эмульсий, стабилизированных твёрдой фазой (хризотилом или аэросилом) - эмульсии Пикеринга и прямые эмульсии с предварительной обработкой породы акриловыми дисперсиями, усиливающими

адгезионную способность прямых эмульсий. Подтверждены высокие технологические характеристики обратных эмульсий Пикеринга в реальных промышленных условиях, приуроченных к неоднородным карбонатным коллекторам. Разработанный технологический процесс, после устранения ряда замечаний, связанных с процессом контроля за вязкостными характеристиками ОЭ может быть рекомендован для внедрения на карбонатных коллекторах с целью решения сложных вопросов ограничений водопритоков.

В свою очередь автореферат отражает основную идею, содержание и заключение в целом всей диссертации, выдержан по форме и объему.

### **По диссертационной работе имеются следующие замечания:**

1. Из ранее приведённых исследований, содержащихся в литературных источниках известно, что течение водонефтяных эмульсий в щелевой модели и капиллярах разного диаметра при постоянном перепаде давления приводит к тому, что массоперенос эмульсии со временем прекращается, то есть проявляется эффект динамического запираания. Автору следует уточнить новизну, полученную лично им в указанных средах. Возможно, для подтверждения эффекта это связано с применением других моделей в ходе экспериментов, например, модель идеальной трещины, реального керна и т.д.

2. Уточнить наличие методики, позволяющей контролировать распределение твёрдой фазы вдоль поверхности эмульсии, то есть определять наличие у твёрдых наполнителей стабилизирующих свойств. Не приведены сведения, обосновывающие выбор твёрдой фазы, и отсутствуют эксперименты, подтверждающие целесообразность и эффективность такого подхода, то есть сравнение с другими дисперсными наполнителями.

### **5 Заключение**

Диссертационная работа Асадуллина Рустэма Рустямовича «Разработка технологического процесса ограничения водопритоков 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 блокирования высокопроницаемых зон ОЭ Пикеринга, имеющей существенное значение для нефтегазовой отрасли. Рассматриваемая работа обладают научной новизной и практической значимостью.

Автор Асадуллин Р.Р. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. – Разработка и эксплуатация нефтяных и

газовых месторождений.

Отзыв составил:

официальный оппонент,

Старший эксперт, Бюро старших экспертов, ООО РН-БашНИПИнефть»

доктор химических наук по специальности

02.00.04 – Физическая химия, старший научный сотрудник

*Волошин*

Волошин Александр Иосифович,

«28» апреля 2023 г.

Адрес: 450103, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Сочинская, д. 12, офис 103

Телефон: +7 (347) 262-43-40 E-mail: voloshinai3@mail.ru, +7 (917) 470-66-95

Я, Волошин А.И., согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Общество с ограниченной ответственностью "РН-БашНИПИнефть"

450006, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Ленина, д. 86/1

Телефон: (347) 262-43-40, Факс: (347) 262-41-75, mail@bnpin.rosneft.ru

Подпись Волошина Александра Иосифовича заверяю

«28» апреля 2023 г.



*Коченов А.Р.*