

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Антонова Сергея Михайловича «Взаимодействие вязких растворов HCl с карбонатной породой и их фильтрация в модели пласта», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия

Эксплуатация нефтяных месторождений со сложным геологическим профилем определяет необходимость развития физико-химических методов интенсификации притоков углеводородных флюидов и, в частности, методов кислотной обработки. По сравнению с другими методами несомненным преимуществом кислотных обработок является длительность эффекта притоков флюидов (до 0,5 года и более). Карбонатные нефтяные коллектора новых нефтегазодобывающих центров Восточной Сибири характеризуются низкими температурами ($t = 12-14\text{ }^{\circ}\text{C}$) и высокой минерализацией пластовых вод с содержанием NaCl более 150 г/л. Обработка призабойной зоны пласта растворами соляной кислоты различной концентрации часто вызывает образование объемных каверн незначительно увеличивающих приток углеводородов. Для создания в карбонатном коллекторе каналов типа червоточины необходима разработка и детальное изучение новых составов кислотных растворов характеризующихся в условиях высокоминерализованных пластовых вод низкой скоростью взаимодействия с карбонатной породой и высокой проникающей способностью в пласт.

Диссертационная работа Антонова С.М. направлена на создание загущенных кислотных растворов для условий месторождений Восточной Сибири ($t = 12-14\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 10\text{ МПа}$, $C_{\text{NaCl}} = 150\text{ г/л}$), определение их физико-химических параметров, характеристик взаимодействия с карбонатной породой, особенностей фильтрации в модели пласта.

Тема диссертационной работы Антонова С.М., безусловно, **актуальна**, а ее цель **обоснована**.

Результаты диссертационной работы обладают **научной новизной**. В диссертации развиты теоретические представления и получены новые

экспериментальные данные. Автором разработаны вязкие растворы HCl (12 мас. %) с добавлением биополимеров и карбоксибетаина, которые устойчивы в минерализованной воде с концентрацией NaCl равной 150 г/л. Добавление в раствор HCl ПАВ (карбоксибетаин) и биополимеров (ксантан, склероглюкан) вызывает понижение межфазного натяжения нефть – кислотный раствор более чем 2,7-128,2 раз. Добавленные биополимеры и ПАВ повышают вязкость раствора HCl от $\eta = 46,37$ мПа·с до $\eta = 62,52$ мПа·с при скорости сдвига $\dot{\gamma} = 100$ с⁻¹, $P = 10$ МПа, $t = 12$ °С.

Для условий месторождений Восточной Сибири ($t = 10-25$ °С, $C_{\text{NaCl}} = 150$ г/л, $P = 0,101$ МПа) определены коэффициенты массопередачи K_M , энергии активации реакций E_a взаимодействия вязких кислотных растворов с доломитом $\text{Ca}_{1,16}\text{Mg}_{0,84}(\text{CO}_3)_2$ и кальцитом CaCO_3 . Повышенная вязкость растворов приводит к замедлению скорости взаимодействия HCl с карбонатными минералами более чем в 7 раз. Таким образом, выполняются основные требования к кислотным растворам, характеризующие их проникающую способность в нефтенасыщенный пласт.

Установлено изменение размера мицелл в реакции карбонатных минералов с вязким кислотным раствором (HCl – 12 мас. %, карбоксибетаин – 6,5 мас. %). В исходном растворе 60 % мицелл раствора имеют размер в пределах 1-10 нм, 40 % мицелл – 200-1200 нм. В нейтрализованном растворе размеры мицелл составили 2000-7000 нм.

Проведена фильтрация вязких растворов HCl (12 мас. %) через модели карбонатного пласта в термобарических условиях пласта ($P = 10$ МПа, $t = 12$ °С). Получены каналы фильтрации типа червоточкины с оптимальными значениями числа Дамкелера $N_{\text{Da}} = 0,2-0,6$

Экспериментально полученные результаты фильтрационных испытаний вязких растворов HCl позволили предложить физико-химические основы процесса проведения кислотной обработки низкотемпературного карбонатного пласта.

Комплексный подход к решению поставленных задач, использование современного исследовательского оборудования, грамотная интерпретация полученных экспериментальных данных, соответствие результатов экспериментов проведенных в лабораторных условиях обуславливают **достоверность** данных, представленных в диссертационной работе.

К достоинствам диссертационной работы следует отнести ее **практическую значимость**. Автором разработаны составы вязких водных растворов HCl для обработки карбонатных коллекторов: содержащие 12 мас. % соляной кислоты, биополимеры ксантан, склероглюкан, раствор ПАВ карбоксибетаин. Даны рекомендации для планирования геолого-технических мероприятий по интенсификации притока нефти в добывающих скважинах, по выравниванию профиля приемистости реагента вытеснения в нагнетательных скважинах.

Диссертационная работа хорошо структурирована, обладает внутренним единством, достаточно компактна, легко читается. Ее **выводы, основные положения и рекомендации научно обоснованы**. Поставленная цель и связанные с ней задачи соискателем достигнуты. Тема диссертации соответствует заявленной научной специальности. Основные результаты диссертационной работы в полной мере отражены в 14 публикациях, в том числе в 4 статьях в реферируемых российских и международных научных изданиях, рекомендуемых ВАК. Результаты исследований прошли апробацию на 10 научных региональных, всероссийских и международных конференциях. Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертации. Автореферат дает полное представление о вкладе автора, новизне и значимости результатов.

Результаты работы могут быть использованы предприятиями нефтегазодобывающей промышленности, разрабатывающими месторождения Восточной Сибири – ПАО «НК «Роснефть»», ОАО «Сургутнефтегаз», ООО «Иркутская нефтяная компания», а также в высших учебных заведениях при чтении лекционных курсов по дисциплинам

«Химические реагенты для повышения нефтеотдачи пластов» и «Моделирование физико-химического воздействия на пласт».

Тем не менее, диссертация не лишена **недостатков**. Вот некоторые из них:

1. В работе необоснован выбор биополимеров, не рассмотрены процессы их возможной деструкции в условиях пласта.

2. Не проведен сравнительный анализ кислотных растворов, применяемых в Восточной Сибири с растворами для подобных месторождений в других регионах мира.

3. Возможно ли было измерить скорость реакции взаимодействия кислотных растворов с карбонатными минералами в процессе продавливания растворов через модель карбонатного пласта? Такая информация имела бы теоретическое и практическое значение.

4. В таблице 3.8 на стр. 83 приведены результаты рентгеноструктурного анализа распределения элементов в карбонатных минералах. Не указаны единицы размерности результатов.

5. На стр. 86 дана ссылка на табл. 3.8 вместо табл. 3.9.

6. К сожалению, в диссертации имеются опечатки, орфографические и пунктуационные ошибки.

Указанные замечания не влияют на основные выводы работы. Диссертация «Взаимодействие вязких растворов HCl с карбонатной породой и их фильтрация в модели пласта» является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных С.М. Антоновым исследований представлены научно обоснованные решения проблем интенсификации притоков углеводородных флюидов из карбонатных коллекторов обработкой призабойной зоны пласта вязкими растворами HCl. Результаты диссертационной работы имеют существенное значение для развития нефтегазодобывающей промышленности.

Считаю, что диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование и удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о

порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями от 21 апреля 2016 г. № 335, а ее автор Антонов Сергей Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия.

Официальный оппонент,
Заведующий кафедрой общей и
специальной химии, доктор
химических наук, профессор

Пимнева Пимнева Людмила Анатольевна



Пимнева Людмила Анатольевна,
заведующий кафедрой «Общей и специальной химии» ФГБОУ ВО
«Тюменский индустриальный университет», Строительный институт,
д.х.н. по специальности 05.17.02 –Технология редких, рассеянных и
радиоактивных элементов, профессор.
Адрес: 625000, Российская Федерация, г.Тюмень, ул.Луначарского, д.2,
каб.916
Телефон: 8(3452)28-39-20, сот. 8-9044-966-664
Эл. почта: l.pimneva@mail.ru

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет»,

Почтовый адрес: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, тел.: 8(3452)28-36-70. Факс: 8(3452)28-36-60. E-mail: general@tyuiu.ru