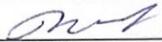


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ХИМИИ
Кафедра органической и экологической химии

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК
Заведующий кафедрой органической и
экологической химии, к.т.н., доцент
 Г.Н. Шигабаева
20.06.2023 2023 г.

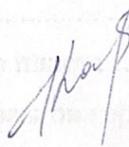
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Магистерская диссертация

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПИРТО-КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕРРИГЕННЫХ
ПОРОД ПРИ СТАНДАРТНЫХ И ПЛАСТОВЫХ УСЛОВИЯХ**

04.04.01.

Магистерская программа «Химия нефти и экологическая безопасность»

Выполнила работу
Студентка 2 курса очной
формы обучения



Гарипова Карина
Фауадисовна

Научный руководитель
к.х.н., доцент, профессор кафедры органической
и экологической химии



Русейкина Анна
Валерьевна

Консультант
к.х.н., ведущий инженер НИО моделирования
физико-химического воздействия на пласт
Тюменского отделения "СургутНИПИнефть"



Антонов Сергей
Михайлович

Рецензент
к.х.н., лаборант – исследователь
Лаборатории теории и оптимизации химических
и технологических процессов ТюмГУ



Харитонцев
Владимир
Борисович

Тюмень 2023

Оглавление	
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ТЕРРИГЕННАЯ ПОРОДА. МУН. КИСЛОТНАЯ ОБРАБОТКА....	8
1.1. Химический состав	8
1.2. Структура минералов терригенных коллекторов	10
1.3 Тюменская свита, пласт ЮС ₂	15
1.4. Методы увеличения нефтеотдачи	18
1.4.1. Физико-химические методы увеличения нефтеотдачи пластов	19
1.4.2. Микробиологическое повышение нефтеотдачи пластов.....	22
1.4.3. Термические и газовые методы увеличения нефтеотдачи	23
1.5. Кинетика растворения алюмосиликатов	24
1.6. Кислотная обработка терригенного коллектора	27
1.7. Используемые для обработок терригенных коллекторов кислоты	29
1.8. Применение спиртосодержащих составов ОПЗ	34
1.9. Кислотная обработка с отклонителями	35
1.10. Влияние кислотной обработки на фильтрационные характеристики терригенного коллектора	38
ГЛАВА 2. ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	39
2.1. Определение фаз породы терригенного пласта	39
2.2. Анализирование зеренного состава образцов горной породы (РЭМ)...	41
2.3. Термогравиметрический анализ	42
2.4. Петрографическое описание терригенных пород	43
2.5 Рентгенофлуоресцентный анализ горных пород	44
2.6.1. Отбор образцов керна терригенного пласта и экстрагирование нефти из образцов	46
2.6.2. Определение пористости и проницаемости образцов керна терригенного пласта	46
2.7. Фильтрация кислотных растворов через модели терригенного пласта, определение проницаемости по нефти	47
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	49
3.1. Результаты исследований химического состава пород по керну методом рентгенофлуоресцентного анализа	50

3.2. Результаты определения макро- микроструктуры поверхности образцов после взаимодействия с растворами кислот	51
3.3. Результаты термогравиметрического анализа	52
3.4. Результаты определения минерального состава горных пород методом рентгенофазового анализа.....	54
3.5. Петрографическое описание шлифов	56
3.6. Подбор уравнения для описания реакций взаимодействия кислотных растворов с терригенными минералами	57
3.7. Моделирование увеличения проницаемости терригенной породы кислотными растворами в термобарических условиях	62
3.8. Расчет числа Дамкелера для каналов фильтрации, образованных кислотными растворами в моделях карбонатного пласта	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время нефтяная промышленность Российской Федерации вступила в период, когда запасы углеводородов в значительной степени исчерпаны и ограничены месторождениями с хорошими коллекторными свойствами и относительно простой структурой. Разработка трудноизвлекаемых нефтяных запасов помогает увеличивать ресурсную базу у/в. На долю труднодоступных запасов нефти в Российской Федерации приходится до 67% исследованных, из которых 13% приходится на высоковязкие коллекторы и 13% – на коллекторы с низкой проницаемостью (около 90% из них связаны с Западно–Сибирскими, Волго-Уральскими и Тиманопечорскими нефтегазоносными месторождениями регионов). В данных (Yakutseni et al., 2007; Доктор, 2013; Новак, 2014) говорится, что разработка месторождений Дальнего Востока, Восточной Сибири, морских, малопроницаемых коллекторов, Хадумского, Баженовского, Ачимовского, Абалакского, Тюменского, Доманикских месторождений решит проблему увеличения углеводородных запасов.

Анализ распределения запасов нефти по отдельным запасам в Российской Федерации показал, что большая их часть находится в коллекторах с низкой проницаемостью – 31%, 32% в продуктивных месторождениях Тюменской свиты и 21% в месторождениях с чрезвычайно высокой вязкостью (Катушка, 2015; Рогачев и Мухаметшин, 2018).

Западная Сибирь является основным нефтегазодобывающим регионом Российской Федерации. Основные месторождения, содержащие почти все запасы нефти и газа, в том числе труднодоступные в этом регионе, ограничены по времени терригенными коллекторами. Коллекторы терригена, в свою очередь, представлены песками, песчаниками, алевролитами и алевролитами, соединенными с минеральным цементом. Глинистый или карбонатно-глинистый цемент характерен для терригенных коллекторов Западной

Сибири. Часто встречаются коллекторы с высоким содержанием карбонатов - 5% и более.

Для восстановления и повышения продуктивности скважин с низкой проницаемостью терригенных коллекторов кислотная обработка часто проводится на этапе разработки, что делает работы, выполняемые при бурении и отделке скважины, несколько более дорогостоящими.

При выборе кислотных составов для разработки карьерных скважин необходимо учитывать следующие параметры: минералогический состав пласта; пористость и проницаемость пласта; температура и давление пласта; причина снижения проницаемости призабойной зоны. Особенно важно учитывать все факторы, когда происходит подбор для обработки низкопроницаемых высокотемпературных террированных коллекторов с высоким содержанием карбоната кислотного состава (Глущенко и Силин, 2018).

Предпочтительно проводить КО ПЗП с использованием индивидуальных растворов HCl, которые обеспечивают высокую проникающую способность на глубину пласта и последующее легкое удаление продуктов реакции путем исключения или уменьшения интенсивности процессов вторичного осаждения в скважине. Предлагается сосредоточиться на составной комбинации в растворе соляной кислоты низкоуглеродистых кислот, полярных неэлектролитов (спиртов, гликоля, сложных эфиров), поверхностно-активных веществ, стабилизаторов ионов железа, гидрофобизаторов горных пород для снижения скорости реакции кислотного компонента с осадочными минералами, долгосрочной стабилизации низкого pH реакции среды и улучшенная фильтрация через нефтенасыщенное пространство пласта.

Введение растворителя в состав способствует гомогенизации и стабилизации состава, а также удалению растворимых в спирте асфальтенов, смол и реагентов, которые закачиваются в скважину. Используются

следующие растворители: водорастворимые спирты, такие как метанол, этанол, отходы спиртосодержащей промышленности.

Вот почему целью моей работы является изучение реакционной способности спиртосодержащих кислотных композиций с минералами терригенных пород и определение их влияния на изменение проводимости коллекторной жидкости.

Цель работы: подбор наиболее эффективного раствора для кислотной ОПЗ пласта ЮС₂, обеспечивающего устранение фильтрационных сопротивлений в пустотном пространстве пород-коллекторов от кольматантов и создающего высокопроницаемые флюидопроводящие каналы.

Задачи исследования:

1. Выполнить определения фазового и зеренного состава образцов керна пласта ЮС₂ тюменской свиты. Провести термогравиметрический и дифференциально-термический анализы минералов терригенного коллектора.

2. Провести растворение образцов керна пласта ЮС₂ в кислотных растворах различного состава: СКО+ПАВ (в % масс.: НСІ - 22, ПАВ - 3), ГКО+ПАВ (в % масс.: НСІ - 22, HF - 3, ПАВ - 3) и СГКО+ПАВ (в % масс.: НСІ - 16, HF - 3, ПАВ - 3, ИПС - 20) в квазистатических условиях. Подобрать кинетическое уравнение, описывающее реакции взаимодействия породы с растворами кислот. Оценить скорость протекания реакции,.

3. Определить фильтрационные характеристики кислотных растворов СКО+ПАВ, ГКО+ПАВ и СГКО+ПАВ на составных колонках из образцов керна пласта ЮС₂ в условиях, приближенных к пластовым ($P_{пор}=10$ МПа, $P_{обж}=42-45$ МПа, $t_{пл}=77-88^{\circ}$ С).

4. оценить число Дамкелера для фильтрационных каналов, образованных в керне кислотными составами, сравнить воздействие их на поровое пространство кернов. Сделать вывод об эффективности применения кислотных составов для воздействия на породы пласта ЮС₂.

Актуальность: с целью повышения производительности работы скважин на месторождениях применяют различные растворы основных композиций технологии кислотных ОПЗ пластов. Однако у широко апробированных на промысловых объектах кислотных составов существует ряд недостатков, препятствующих достижению планируемых объемов дополнительной добычи нефти от их применения на тюменских отложениях, для которых остаются до конца неотработанными технологические подходы нефтеизвлечения на фоне отсутствия достаточного опыта разработки близких по строению месторождений-аналогов. К основным причинам, снижающим эффективность кислотной обработки пласта ЮС₂, относятся: низкая способность проникновения водно-кислотных растворов в поровое пространство пород с высокой водоудерживающей способностью (более 40-45 %) в условиях залегания низкопроницаемых и глинизированных коллекторов; интенсивное осаждение продуктов реакции кислых растворов с глинистыми минералами; повышенное взаимодействие концентрированных кислот с породой при высоких температурах (80°С) объектов разработки, приводящее к откачке раствора по стенке скважины. В связи с этим перспективное вовлечение в разработку низкопродуктивных залежей тюменской свиты обуславливает актуальность проведения научно-исследовательской работы с целью подбора наиболее эффективного кислотного раствора, обеспечивающего как устранение кольматационного повреждения, так и увеличение флюидопроводимости породы.

Научная значимость заключается в определении кинетических характеристик реакций взаимодействия кислотных растворов СКО+ПАВ (в % масс.: HCl-22, ПАВ - 3), ГКО+ПАВ (в % масс.: HCl-22, HF - 3, ПАВ - 3) и СГКО+ПАВ (в % масс.: HCl-16, HF - 3, ПАВ - 3, ИПС - 20) с терригенными породами пласта ЮС₂ тюменской свиты. Расчет чисел Дамкелера для полученных каналов фильтрации.

Практическая значимость состоит в том, что на основе анализа и обобщения результатов лабораторных экспериментов можно предложить технологию воздействия наиболее эффективным кислотным раствором на призабойную зону скважин пласта ЮС₂ тюменской свиты.

Предметами и объектами исследования являются образцы керна пласта ЮС₂ тюменской свиты, а также кислотные растворы составов: СКО+ПАВ (в % масс.: HCl-22, ПАВ - 3), ГКО+ПАВ (в % масс.: HCl-22, HF – 3, ПАВ - 3) и СГКО+ПАВ (в % масс.: HCl-16, HF - 3, ПАВ - 3, ИПС - 20).

ГЛАВА 1. ТЕРРИГЕННАЯ ПОРОДА. МУН. КИСЛОТНАЯ ОБРАБОТКА

1.1. Химический состав

Терригенный коллектор – порода, сложенная песчаниками, которые сцементированы глинами и карбонатами (Рис. 1.1).



Рис. 1.1. Минеральное строение терригенного пласта

Свойства данных пород изменяются в широких диапазонах: величина пористости составляет 5–35%; проницаемость – 0,1–3000 мД (Vishnyakov, 2021). При исследовании песчаников необходимо знать величину зерна и сортировку, степень цементирования зерна, форму зерна, тип и распределение глины (ГОСТ 39-195-86, 1986; Гайворонский и др., 2000; ГОСТ 26450.0-85, 1985; Morozov et al., 2018). Существуют песчаники, алевролиты и глинистые