



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИХН СО РАН

Восм
д.х.н., проф. А.В. Восмериков

«25» *декабря* 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук на диссертацию Юнусова Тимура Ильдаровича «Коллоидно-химические свойства хелатных композиций в процессах интенсификации добычи в нефтяных пластах», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности

1.4.10. Коллоидная химия

Актуальность темы работы

В настоящее время одним из самых распространенных методов интенсификации добычи углеводородов является кислотная обработка скважин, приводящая к очистке призабойной зоны пласта и образованию длинных проводящих каналов. Использование реагентов на основе соляной кислоты, наиболее часто применяемой, сопряжено с рядом сложностей, связанных с ее высокой реакционной способностью. Высокая скорость взаимодействия с карбонатными минералами приводит к сплошному растворению породы без образования системы каналов, а высокая коррозионная активность по отношению к промышленному оборудованию накладывает определенные ограничения на использование. С увеличением температуры кислотной обработки – негативные эффекты усиливаются.

В этой связи, разработка новых химических составов, лишенных части недостатков солянокислотных композиций, представляет особый научный и

практический интерес. Одним из видов таких составов являются растворы хелатных реагентов (комплексонов), обладающих способностью растворять нерастворимые в воде соединения за счет механизма поверхностного комплексообразования и имеющих меньшую скорость растворения минералов карбонатных пород с более глубоким проникновением хелатных реагентов в призабойную зону пласта. Успешность операции интенсификации добычи с применением хелатных реагентов во многом опирается на межфазные процессы на границе с гидрофобной карбонатной породой (процессы растворения, изменения смачиваемости) и жидкостью (изменение межфазного натяжения, образование эмульсий). Тем не менее, многие особенности их протекания и влияния на конечный результат, остаются недостаточно исследованными, что ограничивает широкое применение новых интенсифицирующих составов на практике. Диссертационная работа Юнусова Т.И. посвящена изучению данных процессов, в которых выявлены основные закономерности их протекания в зависимости от компонентного состава, а именно наличия поверхностно-активных веществ и органических кислот. Исследование межфазных процессов с участием технологических жидкостей и их использование в практике является важной задачей **коллоидной химии**.

В связи с вышеизложенным, цель диссертационной работы Юнусова Т.И., которая состояла в выявлении особенностей процессов межфазных процессов, происходящих при взаимодействии растворов хелатных реагентов с добавками различных классов с карбонатной породой и пластовыми флюидами, и разработке хелатного интенсифицирующего состава на основе полученных закономерностей, является **актуальной**.

Новизна исследований

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что разработан методологический подход к созданию комплексных технологических жидкостей для стимуляции работы скважин на основе регулирования их поведения на границе раздела фаз. Данный подход

базируется на научно-обоснованном выборе компонентов состава — многоосновных органических кислот и поверхностно-активных веществ (ПАВ), изменяющих данное поведение в желаемую сторону. Автором сформулированы механизмы изменения смачиваемости, межфазного натяжения и процесса растворения карбонатной породы при применении данной композиции и пути их регулирования, а также подобраны оптимальные составы композиций, обеспечивающие высокую эффективность при интенсификации добычи в нефтенасыщенных карбонатных коллекторах при высокой температуре.

Все полученные результаты опубликованы в статьях в научных рецензируемых изданиях и вынесены на обсуждение на конференциях.

Практическая и теоретическая значимость полученных автором диссертации результатов

Описанные закономерности изменения растворяющей способности этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) по отношению к карбонатной породе при добавлении многоосновных кислот в зависимости от температуры, рН и типа кислоты, анализ причин происходящих изменений с их вероятным физико-химическим обоснованием на основе механизма поверхностного комплексообразования, исследование влияния химической структуры ПАВ и условий их применения в хелатных композициях на межфазные процессы на границах с углеводородными жидкостями и гидрофобной карбонатной породой значительно расширяют и углубляют существующие представления о поверхностных свойствах хелатных композиций.

Практическая значимость состоит в успешной разработке композиции на основе ЭДТА и ПАВ для интенсификации добычи углеводородов в карбонатных коллекторах с демонстрацией низкой скорости реакции и гидрофилизующей активностью по отношению к реальным образцам керна гидрофобной карбонатной породы и установлением возможности применения разработанной композиции в качестве интенсифицирующего состава в

высокотемпературных карбонатных нефтенасыщенных пластах с температурой до 120°C.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, результатов лабораторных исследований, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается высоким уровнем экспериментальных и теоретических исследований с использованием современного научно-исследовательского оборудования и программных комплексов, а также воспроизводимостью полученных данных.

Структура и содержание работы

Диссертация изложена на 181 странице, состоит из введения и четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 231 наименование. Работа иллюстрирована 73 рисунками и содержит 32 таблицы.

Во введении приведены актуальность, дается краткая характеристика работы в целом, сформулированы цели и задачи, научная новизна и практическая значимость исследования.

Первая глава представляет собой литературный обзор по теме диссертационной работы. В этой главе описаны литературные данные по тематике работы: сведения о петрофизике и растворимости карбонатных коллекторов, основы химии хелатных соединений, теоретические и практические аспекты применения хелатных реагентов для стимуляции карбонатных и терригенных коллекторов, обзор ряда перспективных хелатных систем и их коллоидно-химических свойств.

Во второй главе приведены характеристики объектов исследования и описаны методы и методики исследований.

Третья глава посвящена обсуждению результатов исследования реакции поверхностного комплексообразования и факторов, влияющих на нее, и выбора

основы композиции. Представлены результаты исследования условий применения ЭДТА, типа соли ЭДТА, температуры, присутствия добавок органической и неорганической природы на характеристики реакции растворения карбонатной породы.

В **четвертой** главе приведены результаты изучения коллоидно-химических свойств ПАВ-хелатных композиций на межфазной границе с углеводородами и твердым телом (породой и металлом). Представлены экспериментальные результаты по влиянию присутствия хелатной композиции в растворе на межфазное натяжение ПАВ различных классов на границе с модельным углеводородом, предложен механизм влияния хелатной композиции на межфазное натяжение раствора ПАВ, приведены экспериментальные закономерности изменения смачиваемости гидрофобной карбонатной породы при обработке ее ПАВ-хелатными композициями при различных условиях, выбрана оптимальная добавка ПАВ. Кроме того, приведены результаты исследований по совместимости нефти и ПАВ-хелатной композиции, а также коррозионной активности композиции. В этой же главе представлены результаты физического моделирования воздействия ПАВ-хелатной композиции на нефтенасыщенную модель пласта.

Содержание глав соответствует выносимым на защиту результатам. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.4.10. Коллоидная химия в пунктах:

п. 2. Адгезия, смачивание и растекание. Теории, методы исследования, практическое использование.

п. 10. Теоретические основы действия поверхностно-активных веществ (ПАВ) на границах раздела фаз. Теория мицеллообразования и солубилизации в растворах ПАВ. Микроэмульсии. Практическое использование ПАВ в технологических процессах.

Содержание диссертации в достаточной степени отражено в 18 научных трудах: 1 статья в издании, входящем в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 4 статьи в изданиях, входящих в

международную базу данных Scopus, 1 статья, входящая в базу данных Russian Science Citation Index, 2 патента Российской Федерации на изобретение. Количество и структура публикаций соответствуют пункту 13 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г. в действующей редакции).

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты работы могут способствовать дальнейшему развитию практического применения принципов коллоидной химии с целью создания технологических жидкостей для интенсификации добычи в нефтенасыщенных пластах. Результаты работы представляют интерес для научных и научно-технических организаций, ведущих свои исследования по данной проблеме: федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», Научно-Технический Центр «Газпром нефти», ООО «Лукойл-Инжиниринг», ООО «Флэк» и другие.

Соответствие автореферата диссертации

Автореферат диссертационной работы содержит основные положения диссертации и в полной мере отражает ее содержание.

Автореферат диссертации Юнусова Т.И. отвечает требованиям п. 25 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции.

Замечания по диссертационной работе

Несмотря на несомненные достоинства диссертационной работы, следует отметить некоторые замечания и недостатки:

1. В разделе «Заключение» целесообразно более явно отразить результат, связанный с практическим результатом работы - разработкой хелатного интенсифицирующего состава. Сам факт его разработки в ходе работы отражен в тексте диссертации, в публикациях, в нескольких пунктах заключения, но прямое указание на разработку состава в заключении отсутствует;

2. Исследование межфазного натяжения и межфазных явлений проводились на границе хелатных и ПАВ-хелатных композиций с октаном. В разделе «4.3 Межфазные процессы на границе раздела фаз нефти и хелатной композиции в различных условиях контакта» для выбранных ПАВ-хелатных композиций, для которых исследовалась их совместимость с нефтью, следовало бы исследовать межфазное натяжение и межфазные явления на границе с нефтью при различных условиях (температура, минерализация воды), чтобы можно было с уверенностью рекомендовать их применение на скважинах с различными геолого-физическими условиями.

3. В разделах «ВВЕДЕНИЕ» и «1.7 Выводы по главе 1» сообщается, что одним из ограничений применения хелатных реагентов для обработки скважин является их повышенный расход, обусловленный необходимостью их

закачки в концентрациях около 20 % масс. Также сообщается, что решению этой проблемы посвящена работа. К сожалению, в рукописи и, в частности, в разделе «ЗАКЛЮЧЕНИЕ» нет информации в явном виде об успешности решения этой проблемы.

4. В разделе «4.4 Коррозионная активность хелатной композиции и ее снижение» автор отождествляет понятия скорости растворения стали и скорости коррозии, что является не совсем корректным. Скорость растворения – это потеря массы металла с единицы поверхности в единицу времени ($\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$), а скорость коррозии измеряют в миллиметрах потери толщины за год ($\text{мм}/\text{год}$). Нет ссылки на нормативы, представленные в таблице 4.10. Чем объясняется различие в точности приведенных значений скоростей растворения для разных ингибиторов (таблица 4.11)?

Приведенные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общего положительного впечатления от работы.

Заключение

Диссертационная работа Юнусова Тимура Ильдаровича «Коллоидно-химические свойства хелатных композиций в процессах интенсификации добычи в нефтяных пластах» соответствует требованиям, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г. в действующей редакции), и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена важная задача коллоидной химии в части направленного регулирования межфазных взаимодействий технологических жидкостей для интенсификации добычи из пластов трудноизвлекаемых нефтей, а ее автор, Юнусов Тимур Ильдарович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.10. Коллоидная химия.

Отзыв на диссертацию и автореферат Юнусова Т.И. «Коллоидно-химические свойства хелатных композиций в процессах интенсификации

добычи в нефтяных пластах» обсужден и одобрен на заседании лаборатории коллоидной химии нефти Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН) (протокол № 6 от «17» ноября 2025 года).

Старший научный сотрудник лаборатории
коллоидной химии нефти ИХН СО РАН,
кандидат химических наук (02.00.13 (1.4.12) – Нефтехимия)



Владимир Валерьевич Козлов

Я, Козлов Владимир Валерьевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Заведующий лабораторией коллоидной
химии нефти ИХН СО РАН, Главный научный сотрудник, профессор,
доктор технических наук (25.00.17 (2.8.4) – Разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений)



Любовь Константиновна Алтунина

Я, Алтунина Любовь Константиновна, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

25.12.2025 г.

Подписи Старшего научного сотрудника лаборатории коллоидной химии нефти ИХН СО РАН, кандидата химических наук Козлова Владимира Валерьевича и Заведующего лабораторией коллоидной химии нефти ИХН СО РАН, Главного научного сотрудника, д.т.н., профессора Алтуниной Любви Константиновны заверяю:

Заместитель директора по научной работе ИХН СО РАН,

д-р хим. наук

25.12.2025 г.



Сергей Владимирович Кудряшов

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН)

Почтовый (фактический) адрес: 634055, г. Томск, пр. Академический, 4, ИХН СО РАН

Официальный сайт в сети Интернет: <https://petroleum.su>

e-mail: canc@ipc.tsc.ru

Контактный телефон: (3822) 491-623, 491-258