

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.004.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА УРАЛЬСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ФАНО РОССИИ) ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23.03.2018 г., протокол № 2

О присуждении **Антонову Сергею Михайловичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Взаимодействие вязких растворов HCl с карбонатной породой и их фильтрация в модели пласта» по специальности 02.00.04 – Физическая химия принята к защите 22.01.2018 г., протокол № 1 диссертационным советом Д 004.004.01 на базе ФГБУН Института химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук (ИХТТ УрО РАН), ФАНО России, 620990, г. Екатеринбург, ул. Первомайская, 91. Диссертационный совет создан 15.05.2014, приказ № 245/нк.

Соискатель Антонов Сергей Михайлович 1989 г. рождения в 2013 г. Окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет» (ФГАОУ ВО ТюмГУ). Прошел подготовку в **очной аспирантуре** ФГАОУ ВО ТюмГУ по специальности 02.00.04 – физическая химия, которую окончил в 2017г. Работает научным сотрудником в Тюменском отделении Сургутского научно-исследовательского и проектного института СургутНИПИнефть (ТО «СургутНИПИнефть» ОАО «Сургутнефтегаз»).

Диссертация выполнена на кафедре физической и неорганической химии Института химии ФГАОУ ВО ТюмГУ.

Научный руководитель – доктор химических наук **Андреев Олег Валерьевич**, ФГАОУ ВО Тюменский государственный университет, заведующий кафедрой физической и неорганической химии.

Официальные оппоненты: **Пимнева Людмила Анатольевна**, д.х.н. профессор, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», заведующая

кафедрой общей и специальной химии; **Сторожок Надежда Михайловна**, д.х.н., профессор, ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, профессор кафедры химии дали **положительные отзывы на диссертацию**.

Ведущая организация: ФГБУН Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения РАН (ФИЦ ТюмНЦ СО РАН), в своем **положительном заключении**, подписанном **Нестеровым Анатолием Николаевичем**, д.х.н., главным научным сотрудником отдела физико-химии процессов криогенеза Института криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, указала, что диссертационная работа Антонова С.М. представляет собой законченное исследование, содержащее важные результаты, имеющие существенное теоретическое и прикладное значение. Результаты работы могут быть интересны для практического использования специалистами в области физической химии, как справочные данные, в организациях специализирующихся в области нефтедобычи, а также в учебных заведениях, как курс лекций по дисциплине «физико-химические методы воздействия на нефтяные пласты». Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК РФ, а ее автор, Антонов С.М. заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Соискатель имеет **20** опубликованных работ, из них **14** – по теме диссертации, в том числе **4** статьи, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. К наиболее значимым из них относятся следующие публикации:

1. Антонов, С. М. Влияние гелирующих агентов на реологические и фильтрационные характеристики соляной кислоты / С. М. Антонов, О. В. Андреев, К. В. Киселев // Известия вузов. Нефть и газ. – 2014. – № 2. – С. 77-82.

2. Антонов, С. М. Установление физико-химических характеристик гелированных растворов HCl применительно к условиям залегания низкотемпературного засолоненного карбонатного коллектора / С. М. Антонов, Б. Т. Бижанов, К. В. Киселев // Вестник ТюмГУ. – 2014. – № 5. – С. 145-153.

3. Андреев, О. В. Взаимодействие вязких растворов HCl с кальцитом и доломитом в условиях высокой минерализации / О. В. Андреев, С. М. Антонов,

К. В. Киселев // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. – 2016. – Т. 3. – № 61. – С. 321-330.

4. Andreev, O. V. Kinetics of Reaction between Gelled HCl and Dolomite $\text{Ca}_{1,16}\text{Mg}_{0,84}(\text{CO}_3)_2$ and Filtration of Gelled Acid in a Reservoir Core Sample / O. V. Andreev, S. M. Antonov, K. V. Kiselev // International Journal of Oil, Gas and Coal Technology. – 2017. – V. 14, N. 4. – P. 369-379.

На автореферат поступили **8 положительных отзывов**. От к.х.н., доцента **Бурчакова А.А.** и д.х.н., профессора **Кондратюка И.М.**, кафедры общей и неорганической химии ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара; от д.х.н. **Гунцова А.В.**, заведующего кафедрой общей и физической химии и к.х.н., доцента **Ивановой Т.Е.**, кафедра общей и физической химии ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень; от д.х.н., профессора **Онучак Л.А.**, заведующего кафедрой физической химии и хроматографии ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара; от к.х.н., доцента **Филоновой Е.А.**, доцента кафедры физической и неорганической химии и д.х.н., профессора **Остроушко А.А.**, заведующего отделом химического материаловедения НИИ физики и прикладной математики, г.н.с., Институт естественных наук и математики ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург; от д.б.н., к.х.н., доцента **Плотниковой О.М.**, профессора кафедры физической и прикладной химии ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», г. Курган; от д.х.н., доцента **Воробьевой В.П.**, ведущего научного сотрудника сектора компьютерного конструирования материалов ФГБУН Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ; от д.х.н., профессора **Зломанова В.П.**, профессора химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва; от д.х.н. **Каюковой Г.П.**, ведущего научного сотрудника Института органической и физической химии, обособленного структурного подразделения ФГБУН «Федеральный исследовательский центр "Казанский научный центр РАН"», г. Казань.

Отзывы содержат следующие критические замечания и вопросы: о форме представления выводов (перенасыщены цифровыми значениями, большой набор

цифровых данных без их физико-химического обоснования, выводы фактически содержат только перечень полученных данных) (Бурчакова А.В. и Кондратюк И.М.; Онучак Л.А.; Плотникова О.М.; Каюкова Г.П.); о форме представления научной новизны (в п. 1 и 3 научной новизны работы приводятся фактически полученные значения; в п.3 приведены полученные в работе характеристики мицелл солянокислых растворов с карбоксибетаином, однако этого нет ни в задачах, ни в выводах) (Бурчакова А.В. и Кондратюк И.М.; Плотникова О.М.); о методологии и методах исследования (в разделе методология и методы исследования не приведены конкретные методы изучения физико-химических свойств растворов соляной кислоты, требуемых для решения поставленных в диссертации задач) (Бурчакова А.В. и Кондратюк И.М.); о качестве приводимых математических и химических формул (рисунки молекулярных формул соединений неразборчивы и сложно воспринимаются при чтении; уравнения (6), (7) (стр. 13), уравнение (8) (стр. 14), уравнение (10) (стр.21) представлены в виде картинок) (Бурчакова А.В. и Кондратюк И.М.); о частом дублировании числового материала в тексте и таблицах (Иванова Т.Е. и Гунцов А.В.); об опечатках в автореферате (Филонова Е.А. и Остроушко А.А.); о возможности применения вязких кислотных растворов в нагнетательных скважинах (Филонова Е.А. и Остроушко А.А.); о форме представления третьей главы (не очень удачно технически оформлена, что мешает быстрому восприятию материала) (Плотникова О.М.); о малом количестве кинетических уравнений для описания реакций растворения карбонатных минералов в растворах кислот (Воробьева В.П.); о необходимости более детального обоснования зависимости полученных результатов от особенности геологического строения карбонатных минералов (Зломанов В.П.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается высокой квалификацией д.х.н. Пимневой Л.А. и д.х.н. Сторожок Н.М. как специалистов в области межфазных взаимодействий и кинетики гетерогенных реакций, что подтверждается публикациями в высокорейтинговых журналах. **Выбор ведущей организации** обосновывается широкой известностью исследований сотрудников ФИЦ ТюмНЦ СО РАН в области моделирования процессов физико-химической

трансформации верхних слоев земной коры под действием природных и техногенных факторов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **впервые разработаны** новые кислотные составы с содержанием 12 мас. % HCl и 0,5 мас. % ксантана, 0,5 мас. % склероглюкана, 6,5 мас. % карбоксибетаина устойчивые в высокоминерализованной пластовой воде ($C_{\text{NaCl}} = 150$ г/л) для обработки карбонатных пластов нефтяных месторождений Восточной Сибири с аномально низкими термобарическими параметрами ($t_{\text{пл}} = 12-14$ °C, $P_{\text{пл}} = 10$ МПа); **предложен** оригинальный метод воздействия вязких растворов HCl на низкотемпературный карбонатный пласт, приводящий к формированию каналов фильтрации с пространственной формой червоточин, позволяющий значительно повысить нефтеотдачу пласта; **доказано**, что кинетические зависимости убыли масс кальцита и доломита в растворах HCl различной вязкости могут быть аппроксимированы уравнением для описания реакций, протекающих в диффузионной области; **подтверждено** появление псевдопластических свойств у раствора HCl при добавлении в него ксантана, склероглюкана и карбоксибетаина;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны основные положения о влиянии добавления реагентов-загустителей в раствор HCl (12 мас. %) на его структурно-механические и фильтрационные характеристики, позволяющие расширить представления о взаимодействии вязких кислотных растворов HCl с кальцитом и доломитом в поровом пространстве коллектора. Для достижения поставленных в диссертации задач **результативно (эффективно, т.е. с получением обладающих новизной результатов) использован** комплекс современных методов исследований, включающий установку для изучения движения растворов кислот в поровом пространстве горных пород при термобарических условиях, ротационную вискозиметрию и тензиометрию растворов кислот в термобарических условиях, сканирующую электронную микроскопию, рентгенофазовый анализ, рентгеновскую микротомографию, лазерную дифрактометрию. **Изложены** доказательства снижения межфазного натяжения на границе нефть-раствор HCl в условиях засоленного низкотемпературного карбонатного коллектора (C_{NaCl}

= 150 г/л, $t = 12$ °С, $P = 10$ МПа) при добавлении реагентов-загустителей; **раскрыта** связь между зеренной структурой обработанных карбонатных минералов и составом кислотного раствора: вязкий раствор HCl взаимодействует фронтально по всей поверхности твердой фазы, взаимодействие водных растворов HCl происходит в локализованных участках; **изучено** влияние температуры на кинетические зависимости взаимодействия растворов HCl различной вязкости с кальцитом и доломитом; на основе теоретических представлений и полученных экспериментальных данных **проведена модернизация** представлений о формировании высокопроницаемых каналов растворения в керне карбонатного пласта вязкими растворами HCl.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: **разработаны** технологические условия закачки вязких растворов HCl в низкотемпературный карбонатный пласт, при которых в поровом пространстве коллектора образуются каналы растворения со структурой червоточины, способствующие максимальному притоку углеводородов из пласта при наименьших затратах кислотного раствора; **определены** перспективы практического использования оптимальных составов вязких растворов HCl при разработке засоленных карбонатных коллекторов; **представлены** рекомендации для создания дополнения к регламенту проведения кислотных обработок низкотемпературных карбонатных пластов с высокой минерализацией пластовых вод .

Оценка достоверности исследования выявила: достоверность защищаемых положений обеспечена использованием современного сертифицированного оборудования градуированного по стандартным методикам, а результаты обработаны с применением специализированного программного обеспечения и воспроизводимы; сформулированные **теоретические положения** базируются на доказанных положениях физической химии и согласуются с опубликованными теоретическими и экспериментальными данными по теме диссертации; **идея работы** основана на анализе экспериментальных данных и обобщении передового опыта применения вязких растворов соляной кислоты в нефтедобыче; **установлена** качественная и количественная согласованность результатов полученных соискателем с

