ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.086.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ СТРУКОВА ДМИТРИЯ АНАТОЛЬЕВИЧА НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24 сентября 2025 года № 14

О присуждении Струкову Дмитрию Анатольевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Влияние гуминовых кислот на образование гидратов метана и углекислого газа» по специальности 1.4.4. Физическая химия принята к защите 18.06.2025 г. (протокол заседания № 12) диссертационным советом 24.1.086.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (ИНХ СО РАН), Минобрнауки России, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 3, действующего на основании приказа Минобрнауки РФ от 11.04.2012 г. № 105/нк.

Соискатель Струков Дмитрий Анатольевич, 08 августа 1997 года рождения, в 2021 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению магистратуры 04.04.01 «Химия». В период подготовки диссертации с октября 2021 г. Струков Дмитрий Анатольевич обучался в очной аспирантуре ИНХ СО РАН; с ноября 2021 г. по настоящее время работает младшим научным сотрудником в Лаборатории клатратных соединений ИНХ СО РАН, Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена в Лаборатории клатратных соединений ИНХ СО РАН, Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор химических наук Манаков Андрей Юрьевич, главный научный сотрудник, заведующий Лабораторией клатратных соединений ИНХ СО РАН.

Официальные оппоненты:

Стрижак Павел Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий Лабораторией тепломассопереноса Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»;

Мадыгулов Марат Шаукатович, кандидат химических наук, научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории гидратов природных газов Института криосферы Земли – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» в своем **положительном отзыве**, подписанном генеральным директором, доктором технических наук, профессором, академиком РАН Лебедевым Михаилом Петровичем, подготовленном кандидатом химических наук Калачевой Людмилой Петровной, ведущим научным сотрудником Лаборатории техногенных газовых гидратов, указала, что диссертационная работа Струкова Дмитрия Анатольевича «Влияние гуминовых кислот на образование гидратов метана и углекислого газа» по объему выполненных исследований, актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции от 25.01.2024 г.), а ее автор, Струков Дмитрий Анатольевич, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия. Отзыв заслушан и утвержден на семинаре Лаборатории техногенных газовых гидратов (протокол № 4 от 04.07.2025 г.).

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе 10 работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 статьей. Все журналы входят в Перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований, и индексируются базами данных Web of Science и Scopus. Общий объем опубликованных по теме диссертации работ составляет 42 стр. (2,62 печ. л), личный вклад автора – 2 печ. л. Недостоверные сведения о работах, опубликованных автором диссертации, отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Sagidullin A., Skiba S., Adamova T., Stoporev A., Strukov D., Kartopol'cev S., Manakov A. Humic Acids as a New Type of Methane Hydrate Formation Promoter and a Possible Mechanism for the Hydrate Growth Enhancement // ACS Sustainable Chemistry and Engineering. – 2022. – V. 10. – № 1. – P. 521–529.
2. Adamova T.P., Strukov D.A., Manakov A.Y., Nesterov A.N. Acceleration of methane hydrate nucleation by crystals of hydrated sodium dodecyl sulfate // Mendeleev Communications. – 2022. – V. 32. № 6. – P. 823-824.
3. Strukov D.A., Adamova T.P., Manakov A.Y. Nucleation and Growth of Methane and Carbon Dioxide Hydrates on Wetting Liquid Films // Crystal Growth & Design. – 2023. – V. 23. № 1. – P. 354-361.

4. Dmitry A. Strukov, Andrey Y. Manakov Nucleation of carbon dioxide hydrate in water with variable salt composition // Mendeleev Communications. – 2023. – V. 33. № 5. – P. 614-615.
5. Dmitry A. Strukov, Vyacheslav G. Smirnov, Andrey Y. Manakov Nucleation of Methane Hydrate in Surfactant Solutions in Cells Made of Teflon, Stainless Steel, and Glass // Energy and Fuels. – 2024. – V. 38. № 17. – P. 16294-16304.
6. Dmitry Strukov, Alexey Sagidullin, Sergey Kartopol'cev, Tatyana Rodionova, Andrey Manakov. Investigation of the kinetic Promoting effect of humic acids on the formation of methane hydrate // Chemical Engineering Science. – 2025. – V. 309. – 121477. – 10 стр.

На диссертацию и автореферат диссертации поступило шесть отзывов. Все отзывы положительные, все содержат замечания. Отзывы поступили от:

1. Шиц Елены Юрьевны, д.т.н., доцента, заместителя директора по науке Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр СО РАН». Отзыв содержит вопросы: «1. В названии рисунка 5 (стр. 15) указано, что «... в экспериментах использованы ячейки из нержавеющей стали 12Х18Н10Т; в экспериментах использованы ячейки из тефлона». Так какого типа ячейки использовались в представленных на рисунке 5 автореферата экспериментах? Требуется уточнение. 2. В тексте автореферата нет общей оценки возможного применения гуминовых кислот в промышленности. Интересно было бы рассмотреть возможные ограничения при промышленном внедрении технологии, основанной на использовании гуминовых кислот в качестве промоторов образования гидратов».

2. Семенова Матвея Егоровича, к.т.н., ведущего научного сотрудника НИЛ Гидратных технологий утилизации и хранения парниковых газов, Институт геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета. Отзыв содержит вопросы: «1. В названии рисунка 5, по-видимому, допущена опечатка: формулировка «в экспериментах использованы ячейки из нержавеющей стали 12Х18Н10Т» может ввести читателя в заблуждение. 2. Было бы полезно представить влияние гуминовых кислот на смачиваемость различных поверхностей (сталь, тефлон, стекло), в частности – рассматривалось ли изменение краевого угла смачивания? Также стоит обсудить, каким образом шероховатость поверхностей может повлиять на скорость нуклеации и механизм роста гидрата в присутствии ГК. 3. Следует уточнить материал стенки датчика температуры: покрывался ли он каким-либо из рассматриваемых материалов (тефлон, сталь, стекло)? Кроме того, желательно обсудить, каким образом материал датчика может влиять на скорость нуклеации».

3. Чувилина Евгения Михайловича, к.г.-м.н., доцента, ведущего научного сотрудника Центра науки и технологий добычи углеводородов, Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и

технологий». Отзыв содержит вопросы: «1. Слишком краткий раздел введения, а также содержание 1 и 2 глав, особенно по сравнению с другими разделами автореферата. 2. Мало информации о свойствах и характеристиках газогидрата, который получается в ходе использования гуминовых кислот при гидратообразовании, что имеет интерес для разрабатываемых технологий хранения и транспортировки газов в гидратной форме. 3. Также хотелось отметить, что образование пленок гидрата на стенках реактора за счет процессов влагопереноса исследователи наблюдали в 80х годах прошлого века, что нашло отражение в публикациях тех лет, а также в диссертациях В.С. Якушева и А.Н. Нестерова.».

4. Шлегеля Никиты Евгеньевича, к.х.н., доцента Исследовательской школы физики и высокоэнергетических процессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Отзыв содержит вопросы: «1. Какая экономическая составляющая у гуминовой кислоты относительно стандартного SDS? 2. Проводились ли оценки стабильности полученного гидрата? 3. Как влияет шероховатость стенки реактора на время получения газового гидрата с добавлением гуминовой кислоты?».

5. Мелешкина Антона Викторовича, к.х.н., старшего научного сотрудника Лаборатории 1.1., ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН. Отзыв содержит замечания: «1. Не указан краевой угол смачивания стенки каждого материала. 2. Хотелось бы видеть в диссертации экспериментальное подтверждение, что материал стенки не влияет на долю образовавшегося гидрата при перемешивании. 3. Не совсем понятна «зеленая» кривая на Рисунке 2».

6. **Павельева Романа Сергеевича**, к.х.н., ведущего научного сотрудника Научно-исследовательской лаборатории гидратных технологий утилизации и хранения парниковых газов, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет». Отзыв содержит замечания: «1. Пятое положение, выносимое на защиту, по тексту автореферата раскрыто не очень конкретно. 2. В работе отсутствуют данные для 0.5 масс.% растворов гуминовых кислот. 3. В главе, посвященной морфологии роста гидрата, не указана концентрация промотора в растворе. 4. Качество некоторых иллюстраций оставляет желать лучшего».

Все отзывы заканчиваются выводом, что диссертационная работа Струкова Дмитрия Анатольевича **полностью соответствует** требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области химии газовых гидратов. Данные компетенции подтверждаются наличием публикаций оппонентов и сотрудников ведущей организации в данной области исследования.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

установлено, что гуминовые кислоты могут выступать в качестве промотирующего поверхностно-активного вещества в реакциях образования гидрата метана;

показана возможность достижения высоких степеней превращения воды в гидрат при использовании добавок гуминовых кислот в реакциях образования гидратов метана;

установлено, что добавки различных ПАВ оказывают меньшее влияние на скорость нуклеации по сравнению с влиянием материала стенок реактора;

выявлено, что добавки гуминовых кислот на порядок увеличивают скорость нуклеации при pH 3 и 6, а при pH 11 такой эффект отсутствует;

установлен новый механизм роста гидрата метана из растворов гуминовых кислот, проходящий в две стадии с образованием гидратной пленки по межфазной поверхности раствор гуминовых кислот – газ и дальнейшим образованием рыхлой объемной гидратной массы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

выявлен многостадийный механизм процесса нуклеации газовых гидратов;

показано, *что скорость нуклеации газовых гидратов метана и углекислого газа по-разному зависит от параметров эксперимента* (материал стенки реактора, тип ПАВ и др.);

получены фундаментальные знания о процессах нуклеации и роста газовых гидратов метана и углекислого газа в присутствии гуминовых кислот.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

показана возможность использования гуминовых кислот в качестве поверхностно-активного вещества в реакциях образования газовых гидратов метана;

установлено, что добавки различных ПАВ оказывают меньшее влияние на нуклеацию газовых гидратов по сравнению с материалом стенок ячейки, что немаловажно для подбора оптимальных условий протекания процесса гидратообразования.

Оценка достоверности результатов исследования выявила высокий экспериментальный и теоретический уровень работы. Достоверность представленных результатов обеспечена применением комплекса физико-химических методов исследования и высоким методологическим уровнем проведения экспериментов. Публикации по теме работы в высокорейтинговых рецензируемых журналах и апробация результатов работы на российских и международных конференциях подтверждают значимость полученных результатов, их признание мировым научным сообществом.

Личный вклад соискателя заключается в получении гуминовых кислот, проведении экспериментов по исследованию процессов нуклеации и роста газовых гидратов метана и

углекислого газа, участии в сборке экспериментальных установок для последующих экспериментов совместно с соавторами и сотрудниками лаборатории. Автор принимал участие в постановке цели и задач исследования, проводил все необходимые расчеты и анализ экспериментальных данных. Интерпретация полученных данных, а также подготовка научных статей в рамках данной работы проводилась совместно с соавторами и научным руководителем.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: не приведены доказательства образования именно газовых гидратов в проведенных экспериментах.

Соискатель Струков Д.А. ответил на задаваемые в ходе заседания вопросы и пояснил, что образование гидратов, а не льда подтверждается кривыми тепловыделения и рентгеновскими дифрактограммами извлеченных из реакторов образцов, эти данные приведены в диссертации, но не были включены в доклад.

На заседании 24 сентября 2025 г., протокол № 14, диссертационный совет принял решение за проведенное систематическое исследование, посвященное исследованию влияния гуминовых кислот на процессы нуклеации и роста газовых гидратов метана и углекислого газа, которое вносит существенный вклад в развитие физической химии газовых гидратов, присудить Струкову Дмитрию Анатольевичу ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 (двадцати двух) человек, из них 6 (шесть) докторов наук по специальности 1.4.4. Физическая химия, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 20 (двадцать), против – 1 (один), недействительных бюллетеней – 1 (один).

Председатель диссертационного совета
д.х.н., акад. РАН Федин Владимир Петрович

Ученый секретарь диссертационного совета
д.х.н., доцент Потапов Андрей Сергеевич

24 сентября 2025 г.

Подпись Федина В.П.
Потапова А.С.
ЗАВЕРЯЮ О.А. Гераськo
Ученый секретарь ИНХ СО РАН
«24» 09 2025