

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.087.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А.А. ТРОФИМУКА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16.04.2024 г. № 03/4

О присуждении Фадеевой Ирине Игоревне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Количественная оценка содержания газогидратов в песчаных средах по данным лабораторных экспериментов» по специальности 1.6.9 – «Геофизика» принята к защите 02.02.2024 г. (протокол № 03/02) диссертационным советом 24.1.087.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН), (Российская Федерация, 630090, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, утвержденным приказом Минобрнауки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Фадеева Ирина Игоревна, 1985 года рождения, в 2010 году окончила магистратуру физического факультета Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирского государственного университета» (в настоящее время – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ)) по направлению «физика», со специализацией «Физика кинетических явлений». Фадеева И.И. в 2013 г. окончила очную аспирантуру при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» (соответствует специальности 1.6.9 – «Геофизика»). Фадеева И.И. работает в должности научного сотрудника в лаборатории динамических проблем сейсмологии в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории динамических проблем сейсмологии ИНГГ СО РАН, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, **Дучков Антон Альбертович**, заведующий лабораторией динамических проблем сейсмологии, ведущий научный сотрудник, заместитель директора по научной работе ИНГГ СО РАН.

Официальные оппоненты: **Попов Юрий Анатольевич**, доктор физико-математических наук, профессор Центра науки и технологий добычи углеводородов Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий» (г. Москва); **Адамова Татьяна Петровна**, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории клатратных исследований ФГБУН Института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН (г. Новосибирск), дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина» (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва) в своем **положительном** заключении, подписанным **Коваленко Казимиром Викторовичем**, доктором геолого-минералогических наук, заведующим кафедрой геофизических информационных систем и **Якушевым Владимиром Станиславовичем**, доктором геолого-минералогических наук, профессором кафедры разработки и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений, указала, что диссертация выполнена на актуальную тему и является завершённым исследованием, в котором предложен новый подход количественной оценки гидратосодержания песчаных пород.

Соискатель имеет 28 опубликованных научных работ по теме диссертации: 3 статьи опубликованы в научных журналах, включенных в перечень рецензируемых изданий, определенных Высшей аттестационной комиссией («Геология и геофизика», «Геофизические исследования», «Сибирский журнал индустриальной математики»), 1 патент на полезную модель, 2 публикации, индексируемые в РИНЦ («Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук», «Актуальные проблемы нефти и газа») и 22 публикации в трудах и материалах научных конференций.

Наиболее значимые публикации:

1. **Фадеева И.И.** Теплофизический метод количественной оценки гидратосодержания в образцах, имитирующих донные осадки / **И.И. Фадеева**, А.А. Дучков, М.Е. Пермяков // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. – № 6. – С. 1251-1261. (*Web of Science, Scopus*).

2. **Фадеева И.И.** Оценка количественного содержания гидрата CO₂ в лабораторных образцах с помощью двух-игольчатого зонда / **И.И. Фадеева**, А.А. Дучков, А.Ю. Манаков, Д.Е. Аюнов // Геофизические исследования. – 2020. – Т. 21. – № 2. – С. 61-77. (*Scopus*).

3. **Фадеева И.И.** Определение теплофизических свойств сред при помощи одноигольчатого зонда / **И.И. Фадеева**, А.А. Дучков // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2017. – Т. 20. – № 4 (72). – С. 80-89. (*Scopus*).

4. Кальяк А.А., Казанцев С.А., Фадеева И.И. Устройство для измерения теплофизических свойств слабосцементированных пород: Патент на полезную модель № 213321. Опубликовано: 06.09.2022, Бюл. № 25.

Общий объем диссертации составляет 130 страниц, из них авторский вклад – 125 страниц. Достоверность представленных сведений подтверждается результатами проверки с использованием системы «Антиплагиат», которые показали, что оригинальность текста диссертации составляет 97.77 %.

На диссертацию поступило 3 отзыва (ведущая организация д.г.-м.н. Якушев В.С. и д.г.-м.н. Коваленко К.В., официальные оппоненты к.ф.-м.н. Адамова Т.П. и д.ф.-м.н. Попов Ю.А.), все положительные, в 3-х есть замечания: предлагаемые способы не проверены в реальных условиях, это замечание, которое следует считать пожеланием диссертанту для дальнейшей работы; недостатком разработанного способа измерений и количественной оценки содержания газогидратов является не возможность измерений при глубоком расположении пород, содержащих газогидраты (глубина измерений ограничена длиной зонда), также способ не применим в мерзлых гидратосодержащих породах; из работы не ясно, учитывались ли влияние минерализации поровых вод на равновесные условия гидратообразования и эффект Джоуля-Томпсона при разложении газогидратов; также неясно, учитывалась ли растворимость углекислого газа в поровой воде при расчете объемной доли гидрата по количеству газа, перешедшего в гидратную фазу (ведущая организация д.г.-м.н. Якушев В.С. и д.г.-м.н. Коваленко К.В.); по всему объему диссертации одни и те же физические величины называются по-разному – теплофизические характеристики, теплофизические параметры, в названии работы излишним представляется слово «количественная», при упоминании теплоемкости иногда не указывается, имеется ли в виду объемная или удельная теплоемкость (оппонент д.ф.-м.н. Попов Ю.А.); в разделе «Научная новизна» (с.7-9) автор рассматривает не только научные результаты, но и созданные установки, литературный обзор (особенно его первая часть) скомпонован и написан неудачно, ряд приводимых ссылок устарел, в экспериментальной части изготовленные автором зонды описаны недостаточно (нет схемы зонда), неясно, какую технологию использовал автор для заполнения зонда легкоплавким сплавом, как соотносятся коэффициенты теплового расширения сплава и материала чехла? Как автор достигал расположения нагревателя «точно по оси зонда»? Автор использовал зонды с чувствительностью в тысячные °С и термостат со стабильностью поддержания температуры 0.1°С. Как это отразилось на результатах? (оппонент к.ф.-м.н. Адамова Т.П.);

На автореферат поступило 9 отзывов, все положительные, в 4-х есть замечания: почему в лабораторных экспериментах использовались только песчаные образцы и могут ли разработанные способы оценки содержания газогидратов применяться для более сложных сред, реальных систем (д.т.н. Рожин И.И., к.х.н. Калачева Л.П.); не ясно, учитывалась ли растворимость углекислого газа в поровой воде при расчете объемной доли гидрата по количеству газа, перешедшего в гидратную фазу; чем

аргументировано использование упрощающего допущения (см. граничное условие (2)) при решении задачи Стефана о том, что на бесконечном расстоянии от источника энергии температура равна начальному значению (к.х.н. Калачева Л.П.); в тексте автореферата не приведены результаты статистической обработки экспериментальных данных (д.т.н. Квеско Н.Г.); в автореферате: слишком кратко представлено содержание первой главы, нет информации об изученности теплофизических характеристик гидратосодержащих сред, на базе которых, автор делает в дальнейшем оценку содержания газогидратов в песчаных грунтах; недостаточно информации по гидратонасыщенным песчаным образцам, которые использовались для проверки предложенных способов оценки гидратосодержания; не понятно, что такое образец с низкой проницаемостью; не рассматриваются ограничения предлагаемых методов оценки содержания газогидратов песчаных грунтах (к.г.-м.н. Чувиллин Е.М.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим: **Попов Юрий Анатольевич** – доктор физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых», профессор, один из ведущих специалистов в области теплофизики, метрологии, создатель метода оптического сканирования для измерения теплофизических параметров горных пород, имеет публикации, связанные с темой представленной к защите диссертации; **Адамова Татьяна Петровна** – кандидат физико-математических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия, высококвалифицированный специалист в экспериментальных и теоретических исследованиях газовых гидратов (физико-химические свойства и строение газогидратов, кинетика их образования и разложения в различных условиях), имеет публикации, связанные с темой диссертации; **ведущая организация РГУ нефти и газа** активно выполняет газогидратные исследования и регулярно проводит конференции по гидратной тематике, в ней работают выдающиеся специалисты в области природных газовых гидратов, такие как, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры разработки и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений **Владимир Станиславович Якушев**, специалисты по прикладным геофизическим и термометрическим исследованиям, анализу температурного мониторинга и моделированию температурного поля глубоких скважин. Сотрудники ведущей организации имеют публикации по теме, представленной к защите диссертации, и способны оценить научную и практическую значимость защищаемых результатов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем научных исследований: **разработана и изготовлена** экспериментальная лабораторная установка, с помощью которой можно формировать гидратосодержащие образцы с разной влажностью и газопроницаемостью, а также определять их теплофизические характеристики с относительной погрешностью не более 10 % в расширенном диапазоне теплопроводности от 0.02 до 5 Вт/(м·К); **разработаны и реализованы** новые способы количественной оценки содержания газогидратов в песчаных средах по данным проведенных теплофизических экспериментов: 1) по тепловым эффектам,

сопровождаящим разложение газогидратов, 2) по изменению объемной теплоемкости до и после разложения.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что разработанные способы оценки гидратосодержания песчаных сред теоретически обоснованы и обеспечивают новый подход оценки содержания газогидратов в осадочных породах с разной влажностью и газопроницаемостью, слабочувствительный к минеральной составляющей этих пород. Способы чувствительны к малым количествам газогидратов в породе за счет сопоставления измерений, проведенных в условиях стабильного существования газогидрата в породе и в условиях его разложения или, когда гидрат в породе полностью разложился. Способы применимы в условиях низких температур и высоких давлений.

Перспективы использования полученных результатов состоят в том, что они могут стать основой для разработки и создания комплексного измерительного устройства, одновременно реализующего несколько физических методов, использование которого поможет решить проблему определения состава гидратосодержащих пород.

Конструкция созданных измерительных зондов с регистрирующей системой запатентована (в соавторстве с С.А. Казанцевым и А.А. Кальяком) и может быть использована для определения теплофизических характеристик пород как в лабораторных, так и в природных условиях, что является вкладом в развитие измерительных устройств теплофизики и геотермии.

Высокая степень достоверности результатов подтверждается достоверным согласованием оценок гидратосодержания, полученных с помощью предложенных способов, и из условий формирования гидратосодержащих образцов (согласно измеренному количеству газа-гидратообразователя, перешедшего в гидратную фазу).

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии во всех этапах исследования: разработка, создание и испытания лабораторной установки и измерительного оборудования, теоретическое обоснование способов количественной оценки гидратосодержания песчаных образцов, написание программ обработки и анализа экспериментальных данных, проведение экспериментов, интерпретация полученных результатов, верификация разработанных способов, написание статей по теме диссертации.

Диссертационный совет заключает, что диссертация Фадеевой И.И. «Количественная оценка содержания газогидратов в песчаных средах по данным лабораторных экспериментов» соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, - это научно-квалификационная работа, в которой **разработаны и реализованы новые способы** количественной оценки гидратосодержания сред с высокой и низкой газопроницаемостью. Для среды с высокой газопроницаемостью выполняются сравнительные теплофизические измерения, с помощью которых вычисляется затраченная на разложение газогидрата энергия и определяется объем, в котором произошло его разложение, что позволяет оценить массу

гидрата в единице объема среды вокруг нагревателя. Для среды с низкой газопроницаемостью, проводятся измерения её объемной теплоемкости в разных термобарических условиях как стабильного, так и нестабильных существования газогидрата.

Диссертация Фадеевой И.И. соответствует пункту 13 «Лабораторное изучение физических свойств геологического вещества для решения геофизических задач. Теоретическое и экспериментальное изучение физических, деформационных и прочностных свойств горных пород. Физика деформирования и разрушения горных пород. Теория ядерно-геофизических методов изучения элементного состава горных пород», пункту 21. «Измерительная техника, средства, технологии, системы наблюдения и сбора геофизических данных; геофизические излучающие и измерительные системы», пункту 24 «Теоретическое и экспериментальное исследование связей физических свойств горных пород с результатами измерения геофизических полей. Цифровая петрофизика, методы определения физических и фациальных характеристик по данным компьютерной томографии и комплекса лабораторных методов» паспорта специальности 1.6.9 - «геофизика» по техническим наукам.

На заседании 16.04.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Фадеевой Ирине Игоревне ученую степень кандидата технических наук за создание экспериментальной установки и разработку новых способов количественной оценки содержания газогидратов в песчаных средах по данным теплофизических экспериментов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (по техническим наукам), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - нет, недействительный бюллетень 1.

Председатель диссертационного совета,
д.т.н., академик РАН, профессор

Ученый секретарь диссертационного совета,
д.г.-м.н., доцент



Эпов М.И.

Неведрова Н.Н.

17 апреля 2024 г.