

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Член-корр. РАН, д.ф.-м.н.
Вячеслав Николаевич Глинских

«23» сентября 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института
нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения
Российской академии наук (ИНГГ СО РАН)**

на основании решения Учёного совета ИНГГ СО РАН.

Председатель Учёного совета – В.Н. Глинских, д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН.

Учёный секретарь – М.Й. Шумскаяйте, к.т.н.

Диссертация **«Количественная оценка содержания газогидратов в песчаных средах по данным лабораторных экспериментов»** выполнена в лаборатории динамических проблем сейсмики Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

Фадеева Ирина Игоревна, 1985 года рождения, гражданство РФ, окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный университет» (в настоящее время Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет») с присуждением в 2008 году степени бакалавра физики по направлению «физика» и с присуждением в 2010 году степени магистра физики по направлению «физика» со специализацией «физика кинетических явлений».

В 2010 г. Ирина Игоревна Фадеева поступила в очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук по образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров по специальности 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых». В 2013 г. отчислена в связи с окончанием срока обучения.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов №331 от 30.09.2013 г. выдана в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель И.И. Фадеева работала в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук инженером лаборатории динамических проблем сейсмики (с

2013 г.) и с 2018 года по настоящее время в должности научного сотрудника лаборатории динамических проблем сейсмологии.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Антон Альбертович Дучков, ведущий научный сотрудник и заведующий лабораторией динамических проблем сейсмологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

Текст диссертации проверен в системе «Антиплагиат» и не содержит заимствованного материала без ссылки на авторов.

По итогам обсуждения диссертации **«Количественная оценка содержания газогидратов в песчаных средах по данным лабораторных экспериментов»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 «Геофизика», принято следующее заключение:

Объект исследования – гидратосодержащие песчаные среды в различных термобарических условиях.

Актуальность темы диссертационного исследования объясняется необходимостью разработки и верификации в лабораторных условиях новых способов оценки гидратосодержания осадочных пород на примере простых песчаных сред с дальнейшим обоснованием области их применения. Учитывая многообразие насыщенных гидратами пород в некоторых случаях необходимы специализированные способы оценки их гидратосодержания с прогнозируемой погрешностью.

Изучение скоплений природных гидратов (гидратосодержащих пород) проводится с использованием геофизических методов (сейсмических, геотермических, электромагнитных), каждый из которых имеет свою область применения и свои ограничения. Как правило, эти методы позволяют установить наличие газовых гидратов в породе, но не дают информации об их количественном содержании (или дают с большой погрешностью).

Основную роль в исследованиях гидратосодержащих пород играют лабораторные исследования, как правило, требующие использования специально разработанных экспериментальных установок. Наличие гидратов природного газа в мерзлоте или донных отложениях устанавливается главным образом при исследованиях кернов в лабораторных условиях. Если керн породы извлекается в герметичном пробоотборнике, то гидратосодержание устанавливается по массе или объему газа-гидратообразователя в нем, если в негерметичном, то по количеству поглощённого при разложении газогидрата тепла (метод теплового инфракрасного сканирования керна извлеченной породы).

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Автором лично разработаны способы оценки гидратосодержания песчаных сред как с высокой, так и низкой газопроницаемостью и проведена верификация предложенных способов оценки гидратосодержания в серии экспериментов с образцами модельных гидратосодержащих песчаных сред:

1. Соискателем проанализированы существующие способы измерений теплофизических характеристик образцов.
2. Модифицированы измерительные зонды с регистрирующей системой и развиты методики определения теплофизических параметров образцов:

- с помощью одноигольчатого зонда с высокой собственной теплопроводностью на основе теории линейного нагревателя постоянной мощности можно определять не только теплопроводность, но и температуропроводность образцов с низкой теплопроводностью (до $1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) в разных термобарических условиях;
- с помощью модернизированного двухигольчатого зонда на основе теории линейного нагревателя постоянной мощности можно определять теплофизические параметры образцов в более широком диапазоне теплопроводности (до $5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) и с лучшей относительно импульсной методики точностью в разных термобарических условиях.

3. Проведены калибровочные эксперименты по определению параметров стандартных образцов с известными теплофизическими характеристиками для тестирования модифицированных зондов и измерительного оборудования.

4. Разработана экспериментальная лабораторная установка для формирования и определения теплофизических характеристик образцов как с малым, так и большим содержанием воды/гидрата, высокой/низкой газопроницаемостью.

5. Получено уравнение непрерывности теплового потока вблизи стенки игольчатого зонда с учетом разложения газогидрата в среде с высокой газопроницаемостью и формула расчета гидратосодержания.

6. Получена формула для расчета гидратосодержания среды с низкой газопроницаемостью по изменению её объемной теплоемкости в состояниях с газогидратом и без него (вне условий его стабильного существования).

7. Проведена верификация предложенных способов оценки гидратосодержания в серии экспериментов с образцами модельных гидратосодержащих песчаных сред, обработаны и проанализированы полученные экспериментальные данные.

Степень достоверности результатов

Высокая степень достоверности полученных научных результатов подтверждается проверкой модифицированных игольчатых зондов и измерительной аппаратуры в калибровочных экспериментах и согласованием оценок гидратосодержания, полученных с помощью предложенных способов и из условий формирования гидратосодержащих сред (согласно измеренному количеству газа-гидратообразователя, перешедшего в гидратную фазу).

Верификация способов количественной оценки гидратосодержания выполнена с помощью теплофизических экспериментов для сформированных в лабораторных условиях гидратосодержащих песчаных образцов с разной газопроницаемостью. Гидратосодержание образцов рассчитанное с использованием экспериментальных и модельных температурных данных сопоставлялось с оценкой гидратосодержания, полученной из измеренного в ходе эксперимента количества газа-гидратообразователя, перешедшего в гидратную фазу.

Научная новизна результатов

1. Разработаны новые способы количественной оценки содержания газогидратов в песчаных средах по данным проведенных в них теплофизических экспериментов.

2. Разработана экспериментальная лабораторная установка, с помощью которой можно изготавливать гидратосодержащие образцы с разной влажностью и газопроницаемостью, а также определять их теплофизические характеристики с погрешностью не более 10 % в расширенном диапазоне теплопроводности от 0.02 до $5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

– Для расширения диапазона определяемых теплофизических параметров образцов и повышения точности их определения были изготовлены модифицированные игольчатые зонды с высокой собственной теплопроводностью иголок и чувствительностью температурных датчиков к незначительным изменениям температуры, с увеличенным расстоянием между иголками двухигольчатого зонда.

– Создана большая термостатируемая камера высокого давления (объем образцов около 1000 см^3) с модифицированным двухигольчатым зондом для изготовления и определения теплофизических характеристик гидратосодержащих образцов с большим содержанием воды/гидрата (до 100%), относительно высокой теплопроводностью (менее $5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) и низкой газопроницаемостью (менее 10 мД).

– Малая термостатируемая камера высокого давления с объемом формируемых образцов около 200 см^3 использовалась с модифицированным одноигольчатым для изготовления и определения теплофизических характеристик образцов с низкой теплопроводностью (до $1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$), высокой газопроницаемостью (более 100 мД) и низким содержанием воды/гидрата (менее 20%).

3. Для количественной оценки гидратосодержания песчаных сред с высокой газопроницаемостью:

- получено уравнение непрерывности теплового потока вблизи стенки игольчатого зонда (линейного нагревателя среды) с учетом разложения газогидрата и без учета выделяющегося при разложении газогидрата газа, из которого выведена формула для расчета массы газогидрата в единице объема среды [Фадеева и др., 2016];
- сформулирована обратная оптимизационная задача определения модельных параметров и оценки гидратосодержания песчаных сред на основе минимизации функционалов невязки между экспериментальными и модельными наборами данных [Фадеева и др., 2016].

4. Для количественной оценки гидратосодержания песчаных сред с низкой газопроницаемостью:

- получены формулы для расчета объемной доли газогидрата в порах среды, основанные на аддитивном свойстве теплоемкости для двух случаев: 1) со стопроцентным насыщением порового пространства водой и гидратом; 2) при наличии в поровом пространстве среды воды, гидрата и газа [Фадеева и др., 2020].
- гидратосодержание оценивается с использованием указанных формул и с определением объемной теплоемкости среды с гидратом в порах (в условиях стабильного существования газогидрата) и объемной теплоемкости этой же среды без гидрата (вне условий стабильного существования газогидрата).

Практическая значимость работы

Разработанные способы оценки гидратосодержания песчаных сред обеспечивают новый подход количественной оценки содержания газогидратов в осадочных породах с разной влажностью и газопроницаемостью. Эти способы чувствительны к наличию малых количеств газогидрата в породе за счет сопоставления измерений, проведенных в условиях стабильного существования газогидрата в породе и в условиях, когда гидрат в породе полностью разложился. Они применимы в условиях низких температур и высоких давлений и могут быть адаптированы для полевых работ погружными геотермическими

зондами (термографами), измеряющими теплопроводность и объемную теплоемкость донных отложений водоемов.

Полученные результаты могут стать основой для создания погружных зондов, измеряющих как теплофизические, так и электрические и акустические характеристики осадочных пород, что позволит при работах на акваториях определять содержание гидратов в донных отложениях без их поднятия на судно.

Конструкция созданных измерительных зондов с регистрирующей системой может быть использована для определения теплофизических характеристик пород как в лабораторных, так и опробована в природных условиях, что является вкладом в развитие измерительных устройств теплофизики и геотермии.

Научная специальность, которой соответствует диссертация.

Работа выполнена по специальности 1.6.9. – «Геофизика» по техническим наукам и соответствует пункту 13 паспорта специальности - «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.»

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Результаты исследования полностью изложены в 28 публикациях, из них 3 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией («Геология и геофизика», «Сибирский журнал индустриальной математики», «Геофизические исследования»), один патент на полезную модель, две публикации в рецензируемых журналах (РИНЦ) и 22 публикации в трудах и материалах научных конференций.

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:

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.

Соискателем лично предложен и проверен способ количественной оценки содержания газового гидрата в среде с высокой газопроницаемостью. Способ состоит в измерении с помощью линейного нагревателя двух типов экспериментальных термограмм: стабильной (при малой мощности нагревателя) и термограммы с разложением (с высокой мощностью нагревателя). Согласно полученным термограммам, рассчитывается энергия, затраченная на разложение газогидрата и объем, в котором произошло его разложение, что определяет массу гидрата в единице объема среды вокруг нагревателя. Соискателем получено уравнение непрерывности теплового потока вблизи стенки игольчатого зонда (линейного нагревателя среды) с учетом разложения газогидрата в среде с высокой газопроницаемостью (без учета газа, выделяющегося при разложении газогидрата) и формула расчета гидратосодержания, сформулирована обратная задача определения модельных параметров и оценки гидратосодержания. Соискателем создана экспериментальная установка (с малой камерой высокого давления) для моделирования

гидратосодержащих образцов и их теплофизического исследования. Проведен лабораторный эксперимент по нагреванию игольчатым зондом гидратосодержащего образца сначала с малой мощностью линейного нагревателя (в стабильных для существования газогидрата условиях) и далее большей мощностью (с разложением газогидрата в порах образца в процессе его нагрева). Полученная доля гидрата в порах образца, рассчитанная при решении обратной задачи (согласно предложенному соискателем способу), хорошо согласуется с долей, полученной из измеренного количества газа CH_4 , перешедшего в гидратную фазу.

2. **Фадеева И.И.** Оценка количественного содержания гидрата CO_2 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.

Соискателем лично предложен и проверен способ оценки гидратосодержания сред с низкой газопроницаемостью (например, донных отложений). Переход поровой воды в газогидрат заметно понижает теплоемкость среды, это позволяет получить оценку количественного содержания газогидрата по изменению объемной теплоемкости среды в двух ее состояниях: с газогидратом в порах и без газогидрата (когда после полного его разложения в порах остаются газ и вода). Соискателем получены формулы расчета гидратосодержания сред в случае стопроцентного насыщения порового пространства среды водой, что характерно для донных отложений (без учета газовой составляющей) и с учетом газовой составляющей среды. Соискателем создана экспериментальная установка (с большой термостатируемой камерой высокого давления) для моделирования гидратосодержащих образцов с низкой газопроницаемостью и их теплофизического исследования. Проведен лабораторный эксперимент по измерению теплофизических характеристик и определению объемной теплоемкости образца до формирования в его порах газогидрата и после. Оценки гидратосодержания образца, рассчитанные с использованием полученных объемных теплоемкостей образца в разных его состояниях, хорошо согласуется с независимыми оценками, полученными согласно количеству газа CO_2 , перешедшего в гидратную фазу. Количество перешедшего в гидратную фазу газа CO_2 рассчитывалось соискателем с использованием записи изменения температуры и давления в образце в процессе гидратоформирования и уравнения состояния Пенга–Робинсона.

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.

Соискателем предложен способ определения тепловых свойств различных сред в полевых условиях с учетом теплового контактного сопротивления на границе источник-среда. Описана математическая модель разогрева длинного игольчатого зонда в исследуемой среде, учитывающая размеры и тепловые свойства игольчатого источника и неидеальный тепловой контакт этого источника со средой. Модель основывается на решении одномерного уравнения теплопроводности в цилиндрических координатах с тонким цилиндрическим источником тепла на оси симметрии. С использованием описанной модели соискателем поставлена и решена обратная задача нахождения коэффициента температуропроводности исследуемой среды и теплового контактного сопротивления на границе зонд-среда. Предлагаемый подход проверен соискателем в

лабораторном эксперименте по измерению тепловых свойств льда (тепловые свойства льда хорошо известны из справочных материалов). Соискателем получены экспериментальные термограммы нагрева льда тепловым сигналом сложной формы и с точностью в 10% рассчитан коэффициент температуропроводности, который с указанной точностью согласуется со справочными данными для указанных термобарических условий.

4. **Фадеева И.И., Дучков А.Д., Казанцев С.А., Пермяков М.Е.** Моделирование распределения температуры при внедрении геотермического зонда в донные осадки / **И.И. Фадеева, А.Д. Дучков, С.А. Казанцев, М.Е. Пермяков** // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук.* – 2015. – № 2. – С. 153-161.

Соискателем выполнено численное моделирование разогрева и остывания разных конструкций погружных геотермических зондов (ГЕОС, ГЕОТЕРМ, грунтовая трубка, зонд Булларда) при их внедрении в донные осадки с градиентным распределением температуры. При проникновении несущей штанги и температурных кос геотермического зонда в осадок происходит их разогрев за счет трения. Количество тепла, выделяемое в результате трения, оценивалось соискателем исходя из массы и скорости падающего зонда и свойств осадка. Измерительный комплекс геотермического зонда позволяет измерять температуру осадков на разных глубинах, теплопроводность осадков в их естественном залегании и в итоге рассчитать плотность теплового потока. Теплопроводность осадков некоторыми погружными зондами определяется в независимом эксперименте методом игольчатого зонда постоянной мощности, при этом продолжительность измерений значительно увеличивается (так как требуется предварительное термостатирование датчиков после их внедрения в осадок). Соискателем оценено время термостатирования датчиков для разных конструкций зондов и показано, что для оптимизации геотермических исследований необходимо предварительное численное моделирование разогрева и остывания используемой в таких исследованиях конструкции зонда.

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

Соискателем с соавторами разработано устройство для измерения теплофизических свойств горных пород, а именно измерения температуропроводности и теплопроводности песчаных горных пород в различных термических условиях методом линейного источника. Устройство содержит игольчатый зонд с излучающим тепло нагревателем, и в качестве датчиков температуры применены термпары. Техническим результатом полезной модели является повышение точности измерения теплофизических свойств образцов горных пород при высоких температурах, соответствующих их естественному залеганию.

Статьи в журналах и сборниках, материалы конференций:

6 **Фадеева И.И.** Теоретические и экспериментальные исследования теплофизических свойств гидратосодержащих пород [Электронный ресурс] / **И.И. Фадеева, А.А. Дучков** // *Дегазация Земли: геология и экология - 2018: Международная конференция* (г. Москва, 24-26 апреля 2018 г.). – 2018. – С. 1-7. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art69>

7 *Quantitative evaluation of gas hydrate saturation in sediments using a two-needle probe* / **I.I. Fadeeva, G.A. Dugarov, A.A. Duchkov, A.Y. Manakov** // *10th International Conference on Gas Hydrates (ICGH10)*. Singapore. Jun 21-26, 2020.

8 Quantitative estimation of the gas-hydrates content from the heating experiment with a needle probe / I.I. Fadeeva, A.A. Duchkov // 9th International Conference on Gas Hydrates (ICGN9) (Denver, Colorado USA, June 25 - 30, 2017): Abstract. – 2017.

9 Фадеева И.И. Количественная оценка гидратосодержания лабораторных образцов с помощью двухигольчатого зонда / И.И. Фадеева // Геодинамика. Геомеханика и геофизика: Материалы девятнадцатой Всероссийской конференции (стационар "Денисова пещера", Россия, Алтайский край, п. Солонешное, 22-28 июля 2019 г.) – Изд-во ИНГГ СО РАН – Новосибирск – 2019. – С. 53-54.

10 Фадеева И.И. Исследование возможностей развития метода определения теплофизических свойств линейным нестационарным источником / И.И. Фадеева, Д.Е. Аюнов, А.А. Дучков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь: XV Международный научный конгресс (г. Новосибирск, 24-26 апреля 2019 г.): Международная научная конференция "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Сборник материалов в 9 т. – СГУГиТ – Новосибирск – том Т. 2 – № 3 – С. 174-180 – 2019.

11 Фадеева И.И. Развитие методики определения теплофизических параметров сред с помощью двухигольчатого теплового зонда / И.И. Фадеева // Трофимуковские чтения - 2019: Материалы Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых. (Новосибирск, 7-12 октября 2019 г.) – Новосибирск – С. 90-92. – 2019.

12 Фадеева И.И. Исследование температурного отклика геотермического зонда на внедрение в донные осадки / И.И. Фадеева // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. (г. Новосибирск, 18-22 апреля 2016 г.): Междунар. науч. конф. "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология": Сборник материалов в 4 т. – СГУГиТ – Новосибирск – том Т. 4 – С. 65-70 – 2016

13 Формирование образцов неконсолидированных осадков, содержащих газогидраты, и изучение их акустических свойств [Электронный ресурс] / А.Д. Дучков, Н.А. Голиков, А.А. Дучков, А.Ю. Манаков, М.Е. Пермяков, А.Н. Дробчик, Р.В. Орлов, И.И. Фадеева // Петрофизическое моделирование осадочных пород: IV Балтийская школа-семинар (BalticPetroModel 2015) (г. Петергоф, 14-18 сентября 2015 г.). – 2015. – С. 24-27

14 Фадеева И.И. Лабораторное моделирование гидратосодержащих сред и исследование их физических свойств / М.Е. Пермяков, И.И. Фадеева, А.Д. Дучков, А.Ю. Манаков, А.А. Дучков, Н.А. Голиков, А.Н. Дробчик, Н.А. Манченко // IV Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов памяти акад. А.П. Карпинского (г. Санкт-Петербург, 16-20 февраля 2015 г.): Материалы конференции. – 2015. – С. 550-554

15 Фадеева И.И. Лабораторные исследования физических свойств образцов, содержащих газы гидраты [Электронный ресурс] / И.И. Фадеева, А.Д. Дучков, А.Ю. Манаков, А.А. Дучков, М.Е. Пермяков, Н.А. Голиков, А.Н. Дробчик, Н.А. Манченко // Петрофизическое моделирование осадочных пород: III Балтийская школа-семинар (BalticPetroModel-2014) (г. Петергоф, 15-19 сентября 2014 г.) – Петергоф – 18103с. – 2014

16 Количественная оценка гидратосодержания в донных осадках (по результатам лабораторных измерений теплопроводности) / А.А. Дучков, А.Д. Дучков, И.И. Фадеева //

Газовые гидраты в экосистеме Земли' 2014: Программа конференции и тезисы докладов – Новосибирск – 26 с. – 2014.

17 Фадеева И.И. Теория метода игольчатого зонда для одновременного определения тепло- и температуропроводности различных сред / И.И. Фадеева, А.А. Дучков, А.Л. Карчевский // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр., 8-18 апреля 2014 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология": Сб. материалов в 4 т. Т. 3 – СГГА – Новосибирск. – С. 124-128. – 2014.

Диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 раздела II Положения о порядке присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 и не содержит заимствованного материала без ссылки на авторов.

Первичная документация проверена и соответствует материалам, включенным в диссертацию.

Диссертационная работа Ирины Игоревны Фадеевой «Количественная оценка содержания газогидратов в песчаных средах по данным лабораторных экспериментов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9. «Геофизика».

Заключение принято на заседании Учёного совета Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

Присутствовало на заседании 29 чел. (в т.ч. 1 с правом совещательного голоса).

Результаты открытого голосования по вопросу о принятии заключения по диссертации И.И. Фадеевой: «за» – 28 чел., «против» – 0, «воздержалось» – 0, протокол № 7 от 23 сентября 2023г.

Заключение подготовлено:
ученый секретарь,
к.т.н.



М.Й. Шумская