

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.364.01
на базе Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Российский государственный
геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» по
диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-
минералогических наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета 24.2.364.01
от 11.04.2024 года, протокол № 24/5

О присуждении Задорожной Наталии Александровне, гражданке
Российской Федерации, ученой степени кандидата геолого-
минералогических наук.

Диссертация «Метан в мерзлых и протаивающих породах Западной Арктики» по специальности 1.6.7. – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение» принята к защите «29» января 2024 года, протокол № 24/2 диссертационным советом 24.2.364.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (117997, Москва ул. Миклухо-Маклая д.23), созданного на основании приказа 714/нк от 2 ноября 2012 года.

Задорожная Наталия Александровна 1995 года рождения. В 2019 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по направлению подготовки 05.04.01 «Геология», наименование программы «Геокриология».

В период подготовки диссертации с 2019 г. по 2022 г. Задорожная Наталия Александровна являлась аспиранткой очной формы обучения по направлению подготовки 05.06.01 «Науки о Земле», направленность «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение» в Федеральном государственном

бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре Тюменском научном центре Сибирского отделения Российской академии наук (ТюмНЦ СО РАН).

В настоящее время работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре Тюменском научном центре Сибирского отделения Российской академии наук (ТюмНЦ СО РАН).

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана 16.10.2022 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Федеральным исследовательским центром Тюменским научным центром Сибирского отделения Российской академии наук №15340/70.

Диссертационная работа Задорожной Наталии Александровны рассмотрена и прошла предварительную защиту на расширенном заседании Ученого совета Института криосферы Земли Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук 30 октября 2023 года, протокол № 6. Ученый совет института постановил «Рекомендуется к защите в диссертационном совете 24.2.364.01 при Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе (МГРИ) г. Москва, на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение». Утвержден Исполняющим обязанности директора ТюмНЦ СО РАН, канд. сельско-хоз. наук, Реневым Евгением Петровичем.

Научный руководитель – Васильев Александр Алексеевич, д-р геолог.-минерал. наук, главный научный сотрудник Института криосферы Земли Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Брушков Анатолий Викторович – доктор геолого-минералогических наук, шифр специальности 25.00.08 – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение», заведующий кафедрой геоэкологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Чувилин Евгений Михайлович – кандидат геолого-минералогических наук, шифр специальности 25.00.08 – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение» – Ведущий научный сотрудник автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий».

Ведущая организация – Федеральный исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических исследований Российской Академии наук» (ФИЦ ПНЦБИ РАН), в своем *положительном* заключении, утвержденным директором, доктором физико-математических наук, Грабарником Павлом Яковлевичем, указала, что работа является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям ВАК, а ее автор достоин присуждения искомой степени.

Основные научные результаты по теме диссертации опубликованы в 8 научных публикациях, в том числе в 2 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» при Минобрнауки России, и 2 статьи в международных рецензируемых изданиях.

Публикации в изданиях, включенных в перечень ВАК

1. Васильев А.А., Мельников В.П., Задорожная Н.А., Облогов Г.Е., Стрелецкая И.Д., Саввичев А.С. Содержание и эмиссия метана в типичных и южных тундрах Западной Арктики // Доклады Российской Академии Наук. Науки о земле. – 2022. – Том 505. – № 1. – С. 113-118.

2. **Задорожная Н.А.**, Облогов Г.Е., Васильев А.А., Стрелецкая И.Д., Малкова Г.В., Семенов П.Б., Ванштейн Б.Г. Метан в мерзлых и оттаивающих отложениях Западной Арктики //Криосфера Земли. – 2022. – Том 26. – № 5. – с. 41-55.

Статьи в рецензируемых научных изданиях:

1. Oblogov G.E., Vasiliev A.A., Streletskaya I.D., **Zadorozhnaya N.A.**, Kuznetsova A.O., Kanevskiy M.Z., Semenov P.B. Methane Content and Emission in the Permafrost Landscapes of Western Yamal, Russian Arctic //Geosciences. – 2020. – 10. – № 412. – 21 p. doi:10.3390/geosciences10100412.
2. Streletskaya I.D., Pismeniuk A.A., Vasiliev A.A., Gusev E.A., Oblogov G.E., **Zadorozhnaya N.A.** The Ice-Rich Permafrost Sequences as a Paleoenvironmental Archive for the Kara Sea Region (Western Arctic) //Frontiers in Earth science. – 2021. – V. 9. – 16 p. doi: 10.3389/feart.2021.723382.

Публикации в других изданиях

1. **Задорожная Н.А.**, Облогов Г.Е., Васильев А.А. Содержание метана в мерзлых и оттаивающих породах в ландшафтах западного побережья полуострова Ямал //Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Устойчивость природных и технических систем в криолитозоне», посвященной 60-летию образования Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (Якутск, 28-30 сентября 2020 г.). – Якутск, 2020. – С. 263-266.
2. **Задорожная Н.А.**, Облогов Г.Е., Васильев А.А. Содержание метана в слое сезонного оттаивания и верхнем горизонте мерзлоты в районе Марре-Сале (Ямал) и устья р. Печоры //Материалы VI всероссийского научного молодежного геокриологического форума с международным участием, посвященного 100-летию со дня рождения ученых-мерзлотоведов Е.М. Катасонова и Н.П. Анисимовой «Актуальные проблемы и перспективы развития геокриологии» (Якутск, 28 июня-13 июля 2021 г.). – Якутск, 2021. – С. 103-105.

3. **Задорожная Н.А., Облогов Г.Е., Васильев А.А.** Содержание метана в многолетнемерзлых, периодически оттаивающих породах и подземных льдах в районе Марре-Сале (западное побережье полуострова Ямал) и устья реки Печора // Сборник тезисов Международной научно-практической конференции «Современные исследования трансформации криосферы и вопросы геотехнической безопасности сооружений в Арктике» (Салехард, 8-12 ноября 2021 г.) под ред. В.П. Мельникова и М.Р. Садуртдинова. – Салехард, 2021. – С. 157-160.

4. **Задорожная Н.А., Облогов Г.Е., Васильев А.А., Малкова Г.В.** Обновленные данные по содержанию метана в талых и мерзлых отложениях Западного сектора Арктики //VII Всероссийский научный молодёжный геокриологический форум с международным участием «Актуальные проблемы и перспективы развития геокриологии» (г. Якутск, 27 июня – 07 июля 2023 г.). – Якутск, 2023. – С. 64-67.

На диссертацию и автореферат поступило 14 отзывов, все отзывы положительные. Среди них 10 отзывов со следующими **замечаниями**:

1. Старший научный сотрудник, заведующий лабораторией гидрогеологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт земной коры» Сибирского отделения РАН, доктор геолого-минералогических наук **Алексеев Сергей Владимирович**:

1. Раздел «Актуальность темы исследования» обоснован слабо и выглядит больше частью как «Состояние изученности проблемы и результаты исследований автора». Ряд фраз дублируют публикацию А.А. Васильева и др. в ДАН, 2019 г.

2. В защищаемых положениях нет конкретики. Не ясно, в чем уникальность значений содержания метана? Насколько больше метана в тех или иных мерзлых толщах? Какие особенности ландшафтов регулируют содержание метана в слое сезонного оттаивания?

3. В последние годы геокриологами, изучающими ММП Западной Сибири, активно используется термин «переходный слой». Диссертант также

в их числе. Между тем, в тексте автореферата отсутствует определение этого нового геокриологического таксона и его основных параметров. Поэтому содержательная часть второго положения выглядит слабовато.

4. На стр. 14 автореферата диссертант пишет о том, что «В СТС и переходном слое очень большое влияние на содержание метана оказывают ландшафтные условия: рельеф, состав и увлажненность пород, содержание органического углерода..... Отмечу, что ни состав и увлажненность горных пород, ни содержание органического углерода не являются ландшафтными условиями.

5. Рисунки 1, 4 очень мелкие и трудны для любого анализа.

2. Заведующий лабораторией геокриологии им. Г.З. Перльштейна Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева» РАН, кандидат геолого-минералогических наук, *Сергеев Дмитрий Олегович*, ведущий научный сотрудник лаборатории геокриологии им. Г.З. Перльштейна Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева» РАН, кандидат геолого-минералогических наук, *Хименков Александр Николаевич*:

1. Формулировка первого защищаемого положения требует дополнительных авторских комментариев, вероятно из-за неудачной редакции. Предлагаю утверждать о характерных значениях показателей содержания метана, которые носят характер закономерности и могут быть использованы как индикатор климатических условий формирования многолетнемёрзлых пород.

2. Не хватает сопоставления полученных данных с модельными представлениями об общем балансе метана на исследуемых территориях. Так, при потеплении климата на участках оттаивания переходного слоя метан из него должен попадать в деятельный слой, при этом не понятно, как автор учитывает подобные обстоятельства в анализе полученных данных.

3. В автореферате не рассмотрены процессы криогенной дифференциации метана при неравномерном промерзании деятельного слоя, формировании переходного горизонта или эпигенетического промерзания осадков, а также приуроченности территории к месторождениям углеводородов.

4. При оценке эмиссии метана к дневной поверхности основное внимание уделяется диффузионному механизму. Не рассматривается роль процессов напорной фильтрации в зонах повышенного содержания газа в мёрзлых породах, широко обсуждаемая в научной литературе.

3. Эксперт по геотехническому мониторингу на многолетнемерзлых грунтах АО «Мессояханефтегаз», кандидат геолого-минералогических наук, *Курчатова Анна Николаевна*:

1. В качестве основного замечания следует отметить игнорирование возможной миграции метана из верхнего продуктивного горизонта (верхнесеноманские отложения), залегающего на севере Западной Сибири на глубине менее 1000 м и сравнительно легкий изотопный состав, $\delta^{13}\text{C}$ меняется от -65,4 до 40,8 ‰ [А.В. Мильков, 2010]. Следует отметить также, что газогеохимическая съемка по снежному покрову является одним из методов поисковой геологии на нефть и газ.

2. По тексту автореферата не понятен вывод о значительном вкладе диффузионного механизма по сравнению с пузырьковой миграцией в транспорт метана из сезонно-талого слоя к поверхности.

4. Ученый секретарь-начальник сектора нетрадиционных ресурсов углеводородов «Всероссийского научно-исследовательского института геологии и минеральных ресурсов Мирового океана» (ФГБУ «ВНИИОкеангеология»), кандидат геолого-минералогических наук, *Матвеева Татьяна Валерьевна*:

1. Не указаны названия глав.

2. Оценить качество материала, представленного в первых главах, не представляется возможным из-за краткого изложения их содержания в автореферате.

3. Метод Headspace, не смотря на его широкое применение, относится скорее к качественным, чем к количественным, позволяя уверенно определять/разграничивать аномальные, фоновые, пониженные и повышенные значения.

4. Вторая часть первого защищаемого положения диссертации, касающаяся корреляции условия и промерзания пород и концентраций метана, представляется хотя и интересной, но требующей дополнительного обоснования. Возможно, оно приводится в полном тексте диссертационной работы.

5. Полученные автором характеристики изотопного состава углерода метана очень интересны и показательны. Особенно, обращают на себя внимание «низкие» до -40‰ значения $\delta^{13}\text{C}$ в дельте Печоры, свидетельствующие о глубинной и однозначно миграционной природе изученных газов. Вывод о преимущественно биогенном происхождении всех изученных газов также представляется спорным, исходя именно из изотопных определений. Хотя в автореферате практически не приводится сколько-нибудь ясной характеристики изотопных данных, ясно, что значения $\delta^{13}\text{C}$ от 40 до 50 и даже 55‰ не могут характеризоваться биогенным (или, вернее, биохимическим происхождением) ни на какой диаграмме. Представляется, что автору необходимо подробнее проработать вопрос об условиях генерации, трансформации и миграции метана, что поможет сделать выводы более убедительными.

6. К сожалению, автор практически не уделила вниманию в своей работе анализу компонентного состава углеводородных газов (гомологов метана), ограничившись анализом только концентраций метана, как одного из основных парниковых газов.

7. Еще одно замечание касается содержания автореферата в целом – он хотя и соответствует полностью содержанию работы, все же мог бы более четко отражать сделанные автором выводы.

5. Заведующий лабораторией микробиологии и биогеохимии водоемов «Института микробиологии им. С.Н. Виноградского» ФГУ Федерального исследовательского Центра «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, доктор биологических наук, *Саввичев Александр Сергеевич*:

1. Блок «Обзор литературы» изложен на 10 строках и состоит из фраз, отсылающих читателя к тексту диссертации. Не ясно, какие именно литературные исследования выполнены соискателем. Блок «Обзор литературы» не содержит ни одной ссылки на литературные источники.

2. Вторая и третья глава автореферата являются скорее «географическими». Впрочем, необходимость подробной характеристики природных условий различных регионов, в которых проводились исследования, не вызывает сомнения.

3. К сожалению, обсуждение результатов изотопных исследований изложено в автореферате только в четырех строках на с. 18 (последний абзац).

6. Старший научный сотрудник группы генезиса, географии и экологии почв отдела почвоведения Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», доктор географических наук, *Каверин Дмитрий Александрович*:

1. Термин «мерзлые породы» – означает многолетнемерзлые?

2. Протаивающие породы подразумевают сезонно-талые или непромерзающие талые породы тоже? (к примеру, на участках таликов с несливающейся мерзлотой).

3. В тексте автореферата часто применяется термин «сумма положительных температур» без указания каких именно, т.е. воздуха.

4. В рисунках 1 и 4 можно было бы укрупнить буквенно-цифровые индексы для лучшей визуализации.

7. Доцент Агроинженерного департамента Аграрно-технологического института «Российского университета дружбы народов им. П. Лумумбы», кандидат геолого-минералогических наук, *Дворников Юрий Александрович*:

1. Средние значения несут в себе мало информации о реальном характере распределения значений. Автор отмечает, что распределение носит «логнормальный» характер, что говорит о наличии изменчивости (и она может быть велика).

2. Не приведены данные других показателей описательной статистики: медиана, стандартное отклонение, асимметрия, эксцесс, доверительные интервалы концентраций. В теории может получиться так, что средние значения концентраций для различных стратиграфо-генетических комплексов значимо друг от друга не отличаются, учитывая и то, что для некоторых комплексов отмечены очень низкие концентрации.

3. Метод head space чувствителен к концентрациям – чем она меньше, тем больше вероятность, что не весь газ выйдет (погрешность метода). Далее к этому добавляется еще аналитическая ошибка, которая может быть в пределах 10%. Если при представлении результатов для высоких концентраций на это можно «закрыть глаза», то для образцов с малыми концентрациями эту ошибку как-то стоит, по мнению автора отзыва, учитывать при представлении результатов.

4. Из представления результатов по цепочке далее возникает вопрос о целесообразности создания карт содержания метана в СТС и переходном слое (в имеющемся виде). Если мы не очень уверены в наших «средних концентрациях», то почему мы можем считать справедливым присвоение этих значений всему ландшафту (или интервал значений), в пределах которых эта изменчивость может быть весьма высока.

5. Стр. 15, строка 6 – вклад относительно невелик – какой? (какой процент территории ими занят)?

6. Стр. 16, строки 1-2 – «с увеличением влажности поверхности содержание метана в талых породах возрастает» – это интуитивно и так понятно. Есть численные подтверждения этому?

7. Связь с климатом, на взгляд автора отзыва, не очень удачно сформулирована. Погодные условия, долговременные климатические колебания, и природные условия различных зон, конечно, должны оказывать влияние на концентрации и запасы метана в стратиграфо-генетических комплексах. Но эта связь, скорее, косвенная. Следовало бы подробнее рассмотреть именно источник самого газа (органическое вещество и его доступность для переработки).

8. Доцент кафедры осадочной геологии Института наук о Земле «Санкт-Петербургский государственный университет», кандидат геолого-минералогических наук, *Васильева Ксения Юрьевна*:

Есть несколько небольших замечаний, которые можно рассматривать как пожелания для дальнейших исследований:

1. Понятие «промежуточный слой» не расшифровано, хотя встречается довольно часто; объяснение этого понятия сделало бы некоторые тезисы более очевидными.

2. Рисунок 2 и рисунок 3 показывают повышение количества метана во время термохронов. Интересно понять, почему для разных термохронов характерны немного разные содержания метана - каким именно образом это связано с «климатическим сигналом», о котором говорится в первом защищаемом положении.

3. Отдельные фразы по тексту автореферата кажутся оценочными, поэтому их лучше избегать в научных работах. Такие выражения, как «суровый климат» (с. 12), «серьезный источник метана» (с. 5), «это условие сохранится и при потеплении климата» (с. 17) лучше конкретизировать численными данными.

9. Доцент, исполняющая обязанности зав. кафедрой криолитологии и гляциологии географического факультета, «Московский государственный

университет им. М.В. Ломоносова», кандидат геолого-минералогических наук, *Стрелецкая Ирина Дмитриевна*, профессор кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета, «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», доктор географических наук, *Рогов Виктор Васильевич*:

1. Климатические особенности территории рассмотрены излишне детально, многие из приведенных характеристик климата не использованы при анализе и обработке данных по метану.

2. В разделе о геокриологических условиях территории необходимо было дать обзорную инженерно-геокриологическую карту или хотя бы карту четвертичных отложений для более ясного понимания геокриологических условий, в которых проводились полевые наблюдения.

Приведенные в диссертации статистически обоснованные данные по содержанию метана в основных криогенных толщах Западной Арктики, сформировавшихся в разных палеоклиматических условиях, могут лечь в основу дальнейших исследований и прогноза эмиссии метана при деградации мерзлоты на фоне потепления климата.

10. Старший научный сотрудник «Института леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения РАН» Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», доцент ВАК, кандидат биологических наук, *Евграфова Светлана Юрьевна*:

1. Выводы автора о доминировании содержания метана в переувлажненных грунтах над дренированными логичны и правомерны, но объяснение этого эффекта является не вполне полным, т.к. кроме снижения анаэробных условий при дренировании грунтов, что, безусловно, влияет на активность метаногенных архей, важное значение имеет получаемое экологическое преимущество метанотрофными бактериями, которые в аэробных условиях метаболизируют метан в процессе его диффузии из

нижележащих слоев в атмосферу.

2. Выводы, сделанные на стр. 17-18 Автореферата, цитата: «Итак, можно заключить, что при повышении температуры (суммы положительных температур) в СТС наблюдается возрастание содержания метана. Это объясняется ускоренным метаболизмом метаногенных архей и изменением их видового состава по мере повышения температуры среды» также справедливы лишь отчасти, поскольку увеличение концентрации метана в грунтах может происходить не только вследствие интенсификации биологических процессов (и прошу быть осторожными с термином «ускоренный метаболизм», поскольку ответ микробных клеток на изменение условий окружающей среды достаточно сложен), но и физико-химических - например, увеличение скоростей диффузии метана из переходного слоя в сезонно-талый и др.

3. В качестве замечания хочу отметить отсутствие планок погрешностей на рисунках 2 и 3 Автореферата, что затрудняет аналитическое восприятие данных.

11. Ведущий научный сотрудник центра науки и технологий добычи углеводородов автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования, «Сколковский институт науки и технологий», доцент ВАК, кандидат геолого-минералогических наук, Чувилин Евгений Михайлович:

1. В литературном обзоре недостаточно рассмотрены теоретические аспекты миграции, аккумуляции и трансформации газов в промерзающих и мерзлых породах, в частности, не хватает более детального рассмотрения работ В.Е.Глотова, Ю.Б.Баду, В.С.Якушева.

2. Диссертантом выполнено исследования содержания метана в слое сезонного оттаивания, а также в верхних горизонтах ММП, однако возникает вопрос, а какие еще газы, кроме метана содержатся в этих породах, какая при этом доля метана и как соотносится общее газосодержание и содержание метана? Для более глубокого анализа было бы полезно измерять не только метан, но и CO_2 и гомологи метана.

3. Большое внимание в диссертационной работе автор отводит содержанию метана в слое сезонного оттаивания для исследуемых участков арктической мерзлоты. Однако, при этом практически не касается динамики изменения содержания метана в слое сезонного оттаивания в годовом цикле, что очень важно при анализе в аккумуляции и эмиссии метана.

4. Автор отмечает значительный вклад диффузионного механизма в транспорте метана в слое сезонного оттаивания, но практически не касается оценок коэффициентов диффузии метана.

5. Из работы не очевидно, какую роль отводит диссертант миграции метана из кровли и глубинных горизонтов мерзлоты.

6. Автором выявлено, что в многолетнемерзлых породах переходного слоя содержание метана в несколько раз превышает его содержание в слое сезонного оттаивания, однако при этом не анализируются комплекс физико-химических и массообменных процессов в этом слое, которые могут влиять на перенос и накопление метана.

7. Автором получен большой фактический материал по содержанию метана в мерзлых породах различного состава и строения. Было бы полезным проследить корреляционные связи содержания метана с составом, влажностью и другими характеристиками вмещающих грунтов.

8. Возникает вопрос о точности определения содержания метана в грунтовых средах, поскольку автор в работе приводит данные о газосодержании с различной детальностью, от десятой до тысячной доли мл на литр.

9. При описании мерзлой толщи в районе Марре-Сале в автореферате (автореферат, стр. 9) автор отмечает, что «мощность твердомерзлой толщи доходит до 90 м, ниже залегают пластично-мерзлые породы, не содержащие ледяных включений». Это некорректно, поскольку пластично-мерзлых породы должны содержать лед, иначе это будут просто охлажденные породы.

Отзыв без замечаний прислали: ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Тюменский индустриальный университет», Субарктический научно-учебный полигон, кандидат технических наук *Губарьков Анатолий Анатольевич*; главный научный сотрудник лаборатории арктических исследований Отдела геохимии и экологии океана Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева» Дальневосточного отделения РАН, доктор геолого-минералогических наук *Шахова Наталья Евгеньевна*; главный научный сотрудник лаборатории арктических исследований Отдела геохимии и экологии океана Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН, доктор геолого-минералогических наук *Дударев Олег Викторович*; старший научный сотрудник лаборатории криогенных ландшафтов «Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения РАН», кандидат биологических наук *Десяткин Алексей Романович*.

На все поступившие замечания соискателем даны исчерпывающие ответы.

Диссертационный совет отмечает, что рассматриваемая диссертация представляет собой законченное исследование, выполненное автором самостоятельно, в котором методологически чётко прослеживаются все необходимые этапы: от постановки проблемы – необходимости оценки содержания метана (как важнейшего парникового газа) в многолетнемерзлых и протаивающих породах – до выявления региональных закономерностей распределения метана в основных стратиграфо-генетических комплексах четвертичных отложений Западной Арктики и оценки влияния ландшафтных условий и климатических изменений на содержание метана в мерзлых и протаивающих породах при деградации мерзлоты.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что полученные результаты развивают теоретические представления об определяющих природных факторах, содержании и генезисе метана в мерзлых и

протаивающих четвертичных породах, и впервые позволили выявить фундаментальные закономерности распределения метана в криолитозоне Западной Арктики. Установлено влияние современных и палеоклиматических особенностей на формирование и содержание метана в позднеплейстоценовых и голоценовых отложениях Западной Арктики.

Значимость результатов исследований для оценки влияния содержания метана в мерзлых и протаивающих породах на развитие опасных инженерно-геокриологических процессов (образования воронок газовых выбросов и т.п.) заключается в возможности выделения территорий и типов многолетнемерзлых толщ, в которых наиболее вероятно проявление опасного процесса.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что полученные результаты диссертации могут быть использованы для оценки проявления опасных геологических процессов, образования воронок газовых выбросов, включая построение карт опасности и рисков развития этого процесса. Результаты диссертации также могут быть напрямую использованы при оценках, расчетах и моделировании эмиссии метана в атмосферу при потеплении климата за счет более совершенного учета источников метана и их интенсивности в глобальных и крупных региональных климатических моделях. Полученные данные впервые позволяют достоверно оценить высвобождение и поступление метана в атмосферу при деградации мерзлоты и опускании ее кровли. Разработанные научно-методологические принципы могут быть использованы в учебных и научно-исследовательских целях.

Оценка достоверности результатов исследования показала, что полученные результаты и сделанные выводы и обобщения основываются на изучении, анализе и обработке данных десятков геологических разрезов, шурфов и скважин, более 1300 образцов, отобранных в репрезентативных разрезах основных стратиграфо-генетических комплексов мерзлых и протаивающих пород региона, статистической обработке полученных данных, сходимости с имеющимися опубликованными данными и представлениями.

Личный вклад соискателя состоит в участии в полевых и камеральных работах во всех трех изученных районах – устье р. Печора, Марре-Сале (Западный Ямал) и Тазовский. Все материалы, приведенные в диссертации, получены лично автором, либо при его непосредственном участии. Использование опубликованных и архивных материалов и данных имеет соответствующие ссылки. В совместных публикациях вклад авторов равнозначен.

На заседании 11 апреля 2024 года, протокол № 24/5, диссертационный совет 24.2.364.01 принял решение присудить **Задорожной Наталии Александровне, гражданке Российской Федерации**, ученую степень кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 8 человек очно присутствующих и 6 человек присутствующих удаленно через платформу WEBINAR, из них 8 докторов наук по научной специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек, проголосовали: **За** присуждение ученой степени – **14**, **Против** присуждения ученой степени – **0**.

Председатель
диссертационного совета,
д-р геол.-минерал. наук, проф.

Ученый секретарь,
канд. геол.-минерал. наук, доц.



Черепанский Михаил Михайлович

Горобцов Денис Николаевич

11.04.2024 г.