

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.365.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета 29 января 2026 г. № 13

О присуждении **Смирнову Юрию Юрьевичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата географических наук.

Диссертация «Временная динамика зон стабильности криогенных газовых гидратов на шельфе российских морей» по научной специальности 1.6.17 – «Океанология» принята к защите 26 сентября 2025 г. (Решение №7) диссертационным советом 24.2.365.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 192007, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д.79, созданного приказом № 879/нк от 25.09.2024 г.

Соискатель Смирнов Юрий Юрьевич, гражданин Российской Федерации, 1998 года рождения. В 2022 г. соискатель окончил Российский государственный гидрометеорологический университет, Институт гидрологии и океанологии по специальности 05.04.05 Прикладная гидрометеорология, направленность (профиль) «Океанология» (диплом № 1240776). В 2025 г. Ю. Ю. Смирнов окончил очную аспирантуру РГГМУ по специальности 1.6.17 – «Океанология». Диплом об окончании аспирантуры и о сдаче кандидатских экзаменов регистрационный номер 89 (№ 1128) выдан 15.07.2025 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет».

Диссертация выполнена на кафедре Прикладной океанографии и комплексного управления прибрежными зонами Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет». В период подготовки диссертации соискатель Смирнов Юрий Юрьевич являлся аспирантом РГГМУ и работал в федеральном государственном бюджетном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. академика И.С. Грамберга» (ФГБУ «ВНИИОкеангеология») в должности ведущего инженера Сектора нетрадиционных ресурсов углеводородов.

Научный руководитель – Чанцев Валерий Юрьевич, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры прикладной океанографии и комплексного управления прибрежными зонами, Российский государственный гидрометеорологический университет.

Научный консультант – Матвеева Татьяна Валерьевна, кандидат геолого-минералогических наук, ученый секретарь – и.о. начальника Сектора нетрадиционных ресурсов углеводородов ФГБУ «ВНИИОкеангеология».

Официальные оппоненты:

Васильев Александр Алексеевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник отдела Мониторинга и информационно-геосистемного моделирования криолитозоны Института криосферы Земли - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН).

Рокос Сергей Игоревич, кандидат географических наук, ведущий геолог Инженерно-геологической партии акционерного общества «Арктические Морские Инженерно-Геологические Экспедиции» (АМИГЭ)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт им В.И. Ильичёва Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН) в своём положительном отзыве, составленном и подписанном доктором геолого-минералогических наук, доцентом, заведующим лабораторией газогеохимии Шакировым Ренатом Белаловичем, обсужденном и одобренном на заседании Океанологического семинара ТОИ ДВО РАН 10 декабря 2025 г. (протокол № 11), утвержденном 11.12.2025 г. директором ТОИ ДВО РАН, доктором физико-математических наук Макаровым Денисом Владимировичем, указала, что диссертация Смирнова Юрия Юрьевича является законченным, самостоятельным и высококачественным научным исследованием на актуальную тему, работа прошла широкую апробацию на 11 крупных конференциях, а ее материалы были опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК. Работа соответствует всем требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Смирнов Юрий Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук.

Соискатель имеет 22 научных работы, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах из Перечня ВАК, а также 2 свидетельства о государственной регистрации программы для

ЭВМ. Наиболее значимые работы по теме диссертации опубликованы в журналах, входящих в Перечень ВАК, в том числе в международную базу Scopus [1-4]:

1. Смирнов Ю.Ю., Матвеева Т.В., Чазов А.О. Криогенные газовые гидраты на арктических шельфах – особенности прогноза и ресурсные оценки // Георесурсы, 2025, Т. 27, № 3, с. 64-74.
2. Смирнов Ю.Ю., Матвеева Т.В., Щур Н.А., Щур А.А., Бочкарев А.В. Численное моделирование субквальных многолетнемерзлых пород на евразийском шельфе Арктики с учетом зональности современного климата // Криосфера Земли, 2024, т. XXVIII, № 5, с. 38–59.
3. Matveeva T.V., Chazov A.O., Smirnov Y.Y. The Geological Characteristics of a Subpermafrost Gas Hydrate Reservoir on the Taimyr Shelf of the Kara Sea (Eastern Arctic) // Geotectonics, 2023, Vol. 57, N. 1, P. S153–S173.
4. Bochkarev A.V., Smirnov Y.Y., Matveeva T.V. Heat Flow at the Eurasian Margin: A Case Study for Estimation of Gas Hydrate Stability // Geotectonics, 2023, Vol. 57, N. 1, P. S136–S152.

Все публикации соответствуют теме диссертации и раскрывают её основные положения, нарушений требований к цитированию и правил заимствования материалов других авторов не выявлены. Подлинность печатных работ автора сомнений не вызывает.

На диссертацию и автореферат поступило 12 отзывов. Все отзывы положительные.

1. **Гольмшток Александр Яковлевич**, кандидат физико-математических наук, главный научный сотрудник Санкт-Петербургского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук» (СПбФ ИО РАН). Отзыв положительный. Замечания: необходимость дополнительного анализа влияния диффузии солей в локальных зонах с криопэгмами; более детальная оценка влияния неопределённости моделей теплового потока на прогнозы по ЗСГГ. Развёрнутое обсуждение ограничений одномерной постановки задачи для сложной среды арктического шельфа. Отсутствие в работе учёта механизмов самоконсервации гидратов, роста порового давления при их диссоциации и скрытой теплоты фазового перехода, что остаётся необъяснённым, поскольку модель автора формально позволяет это сделать.

2. **Яцук Андрей Вадимович**, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник направления «Геоэкология» Международного центра в области экологии и вопросов изменения климата Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Научно-технический университет «Сириус». Отзыв положительный. Замечания: следует количественно оценить, насколько кардинально могут измениться прогнозные мощности СММП и ЗСГГ при использовании альтернативной модели теплового потока, отличной от [Petrunin et al., 2022], и дать оценку этого разброса. Для подтверждения

вывода о существовании островных реликтовых ЗСГГ в центральной части Баренцева моря было бы полезно дополнить моделирование ссылками на косвенные геофизические или геохимические аномалии. В контексте практического применения важно раскрыть потенциал модели для прогноза георисков (газовыделение, изменение несущей способности грунтов), связанных с возможной дестабилизацией гидратов. Также необходимо прояснить, насколько детально программно-аппаратный комплекс учитывает вариабельность ЗСГГ при введении поправок на фактическую газонасыщенность.

3. **Агалаков Сергей Евгеньевич**, доктор геолого-минералогических наук, старший эксперт ООО «РН – Геология Исследование Разработка». Отзыв положительный. Замечания: необходимо более подробно раскрыть вопрос о количественной оценке погрешности модельных прогнозов в условиях значительной неопределённости ключевых входных параметров, поскольку крайняя ограниченность натуральных данных для большей части акватории остаётся слабым местом любого моделирования. Формирование залежей гидратов критически зависит от наличия коллекторов, флюидоупоров и путей миграции газа, что требует для полноценного прогноза гидратоносности интеграции с геологическими моделями в будущих исследованиях.

4. **Анисимов Олег Александрович**, доктор географических наук, заведующий Отделом исследований изменений климата Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный гидрологический институт» (ГГИ). Отзыв положительный. Замечание: необходимо дать более четкий ответ на ключевой вопрос о наличии сплошного мерзлого экрана над ЗСГГ после затопления шельфа ~9 тыс. лет назад, от которого зависит возможность самоконсервации газогидратов. Целесообразно дополнить анализ специальным расчётом эволюции мерзлоты с момента затопления до современности и в будущем, что позволило бы актуализировать результаты, ранее полученные коллективом рецензента.

5. **Стрелецкая Ирина Дмитриевна**, кандидат геолого-минералогических наук, и.о. заведующего кафедрой криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Отзыв положительный. Замечание: четвёртое защищаемое положение о влиянии оледенения требует конкретизации, поскольку вопрос о ледниковом покрове на шельфе остаётся дискуссионным, а сам автор в автореферате не приводит количественных параметров (расчётные мощности ледника, его теплопроводность), необходимых для оценки его воздействия на мерзлоту и ЗСГГ.

6. **Малахова Валентина Владимировна**, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН. Отзыв положительный. Замечания: в описании метода расчёта теплофизических свойств не указана функция незамёрзшей воды, от которой зависит эффективная теплоёмкость и учёт скрытой теплоты в методе «сквозного счёта». Формула для

давления при расчёте ЗСГГ недостаточно детализирована — отсутствует толщина слоёв, а также неясно, используется ли в ней плотность мерзлой породы или льда. Метод оценки температуры под ледником, влияющей на ЗСГГ, требует уточнения, так как зависит от высоты ледника и его теплопроводности, что в работе не раскрыто.

7. **Мадыгулов Марат Шаукатович**, кандидат химических наук, научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории гидратов природных газов Института криосферы Земли – обособленного структурного подразделения Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра СО РАН (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН). Отзыв положительный. Замечания: основной акцент сделан на термодинамических условиях, тогда как кинетические аспекты гидратообразования и разложения, особенно в низкотемпературных метастабильных режимах, затронуты лишь косвенно. Отсутствует детальное обсуждение механизмов разрушения «последниковых» гидратов с учётом вероятности образования переохлаждённой воды и влияния остаточной солёности, что могло бы усилить интерпретационную часть работы.

8. **Леонов Сергей Анатольевич**, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Центра геологического и научно-методического сопровождения разработки месторождений и ТРИЗ ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Отзыв положительный. Замечания: в автореферате отсутствует критический анализ границ применимости одномерной модели. Не обсуждаются потенциальные погрешности, связанные с игнорированием горизонтальных теплопереносов, например, при фокальной разгрузке флюидов по разломам, что может существенно исказить локальные прогнозы стабильности гидратов в тектонически активных зонах шельфа.

9. **Чувилин Евгений Михайлович**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Центра науки и технологий добычи углеводородов Сколковского института науки и технологий. Отзыв положительный. Замечания: необходимо пояснить выбор температуры замерзания морской воды в качестве границы подошвы субаквальной мерзлоты. Уточнить на диаграмме равновесия обозначение области внутримерзлотных гидратов как альтернативы льду, учитывая её высокотемпературный характер; конкретизировать, какие именно типы многолетнемерзлых пород, помимо реликтовых, имеются в виду на Евразийском шельфе. Рассмотреть возможность существования метастабильных газогидратов выше современной ЗСГГ. Необходимо дополнить анализ работой В. Тумского с соавторами (2014) и Г. Перльштейна с коллегами (2015), посвящёнными эволюции ЗСГГ под влиянием ледникового покрова.

10. **Пижанкова Елена Ивановна**, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Лаборатории охраны геологической среды и взаимосвязи поверхностных и подземных вод геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Отзыв положительный. Замечания: необходимо заменить стратиграфический термин «верхний

плейстоцен» на корректный геохронологический «поздний неоплейстоцен»; дополнить рисунок 1 шкалой температуры в градусах Цельсия для удобства интерпретации геокриологами; привести формулировки защищаемых положений в грамматически корректный вид; выполнить сравнительный анализ моделей теплового потока (Petrunin et al., 2022; Davies, 2013 и др.) для оценки их влияния на развитие ЗСГГ, в частности, в районе поднятия Де Лонга.

11. Исаев Алексей Владимирович, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук» (СПбФ ИО РАН). Отзыв положительный. Замечания: предложенная методология синтеза верхнего граничного условия предполагает неизменность пространственной климатической зональности (полей придонной температуры и солёности) на протяжении всего модельного периода в сотни тысяч лет, что требует дополнительного обоснования, учитывая возможные значительные перестройки систем океанических течений, ледового покрова и атмосферной циркуляции в Арктике в масштабах ледниковых циклов. Вывод о слабой значимости температуры верхней границы по сравнению с неопределённостью теплового потока был сделан на основе анализа в узком диапазоне ($-11...-13$ °C), что недостаточно репрезентативно для всего периода, охватывающего экстремальные колебания (оледенения, межледниковья), и требует дополнительных экспериментов для характерных температурных режимов ледниковых максимумов и климатических оптимумов.

12. Гаврилов Анатолий Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории охраны геологической среды и взаимосвязи поверхностных и подземных вод геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Отзыв положительный. Замечания: валидация составленных карт затруднена из-за отсутствия фактических данных, и хотя их сопоставление с работами других авторов не заменяет валидацию, оно позволяет повысить содержательность; однако в настоящей работе такое сопоставление выполнено лишь для западного сектора, тогда как для восточного — нет, хотя в более ранней работе [Смирнов и др., 2024] диссертант этот приём применял. Модель динамики ЗСГГ для евразийского шельфа представлена как первая, что, возможно, справедливо для западного сектора, но для восточного аналогичные модели были опубликованы ранее [Романовский и др., 2003; Romanovskii et al., 2005]; их сопоставление с результатами диссертанта было бы весьма интересным, но в работе отсутствует.

Выбор **ведущей организации** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Тихоокеанский океанологический институт им В.И. Ильичёва Дальневосточного отделения Российской академии наук» (ТОИ ДВО РАН) обосновывается тем, что она широко известна фундаментальными и прикладными научными исследованиями в области изучения

морских газовых гидратов, а также арктическими исследованиями в области субаквальной мерзлоты и ассоциированными с ней криогенными газовыми гидратами.

Выбор **официальных оппонентов** обосновывается следующим:

Васильев Александр Алексеевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник отдела Мониторинга и информационно-геосистемного моделирования криолитозоны Института криосферы Земли - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН) является одним из ведущих экспертов в области геокриологии, соавтором наиболее актуальной модели субаквальной мерзлоты (SuPerMap) и обладает уникальной квалификацией для глубокой и компетентной оценки разработанной в диссертации модели криолитозоны.

Рокос Сергей Игоревич, кандидат географических наук по специальности Океанология, ведущий геолог Инженерно-геологической партии акционерного общества «Арктические Морские Инженерно-Геологические Экспедиции» (АМИГЭ), являясь экспертом в области субаквальной мерзлоты, физических свойств морских отложений и инженерно-геологических изысканий на шельфе, под чьим непосредственным руководством был получен основной объём натуральных данных по распространению многолетнемерзлых пород на шельфе, обладает уникальной компетенцией для оценки достоверности и научной ценности центральных результатов работы.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в вопросах исследования субаквальной криолитозоны, температурного режима морских отложений, газовых гидратов и палеоклимата, достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций, соответствующих тематике диссертационного исследования и научной специальности 1.6.17 – «Океанология».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований **впервые:**

1. Установлено, что максимальное сокращение площадей субаквальной мерзлоты и зон стабильности криогенных газогидратов синхронизировано с эпохами продолжительных морских регрессий в ледниково-межледниковых циклах, при этом реакция зон стабильности на изменения отстает от реакции мерзлоты примерно на 5 тысяч лет;

2. Установлено, что покровное оледенение Баренцева моря в сартанское время было способно создавать мощные подледниковые зоны стабильности газогидратов, которые могли сохраняться в реликтовом («постледниковом») состоянии после разрушения ледника за счет повышения уровня моря в голоцене и сохранения низких температур морского дна. Районы сохранения таких постледниковых зон стабильности газогидратов по данным численного моделирования локализованы в Баренцевом море;

3. Выявлены и картированы специфические «постмерзлотные» зоны стабильности криогенных газогидратов, сохраняющиеся в немерзлой криолитозоне после деградации мерзлоты, вследствие высокой тепловой инерционности системы морских отложений;

4. Разработан комплекс программ для моделирования субаквальной криолитозоны и ассоциированной с ней зоной стабильности газовых гидратов криогенного типа с учетом ледниковой динамики и современной климатической зональности.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии методов и представлений в области океанологии Арктики, морской геокриологии, и геологии газовых гидратов через создание и применение оригинальных численных моделей, описывающих взаимодействие в системе океан-литосфера. Полученные модельные результаты позволили расширить типизацию криогенных зон стабильности газовых гидратов на морском шельфе российской Арктики.

Практическая значимость результатов диссертационной работы определяется их внедрением в работы по государственному заданию ФГБУ «ВНИИОкеангеология» по количественной оценке ресурсов метана в субаквальных газовых гидратах в пределах исключительной экономической зоны Российской Федерации за 2020-2024 гг. Созданный модельный комплекс позволяет предварительно оценить ожидаемые инженерно-геологические условия участков акватории арктических морей при предполагаемом освоении.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность результатов исследования подтверждается тем, что:

1. Полученные модельные значения адекватно отражают современные представления о термобарическом режиме морских отложений, эволюции палеоклимата и соответствуют современному уровню развития аналогичных математических моделей субаквальной криолитозоны и зон стабильности криогенных газовых гидратов.

2. В работе использованы математические методы моделирования и программное обеспечение, широко применяемые в мировой практике.

3. В работе применены базы данных гидрометеорологических, геотермических параметров и модель ледниковых условий, получившие всеобщее научное признание.

4. Результаты работы были опубликованы в профильных рецензируемых высокорейтинговых научно-периодических изданиях и прошли широкую апробацию в виде докладов на международных и всероссийских научных конференциях.

Личный вклад автора данной работы заключается в том, что он самостоятельно создал и программно реализовал модель условий стабильности субаквальных криогенных газовых гидратов. Автором работы производился сбор, обработка и анализ массивов гидрометеорологических, батиметрических и геотермических данных, а также данных палеореконструкций климата, включая ледниковую модель ICE-7G_NA. Автор работы

