

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Смирнова Юрия Юрьевича на тему:**  
**«Временная динамика зон стабильности криогенных газовых гидратов на шельфе  
российских морей»** представленной на соискание ученой степени кандидата  
географических наук по специальности 1.6.17 – Океанология

Диссертация Смирнова Юрия Юрьевича посвящена актуальной и сложной проблеме – изучению временной динамики зон стабильности газовых гидратов (ЗСГГ) криогенного типа на арктическом шельфе России с использованием методов численного моделирования.

**Актуальность темы** не вызывает сомнений. В работе убедительно обоснована важность исследований субаквальной многолетней мерзлоты (СММП) и связанных с ней газогидратных систем в контексте современных климатических изменений, деградации зон вечной мерзлоты, оценки ресурсного потенциала и георисков в Арктическом регионе. Автор справедливо отмечает недостаточную изученность данных объектов, особенно с учетом влияния плейстоценовых оледенений, что определяет необходимость применения современных методов моделирования, в условиях недостаточности данных натурных исследований, объективно обусловленной сложностью проведения подобных измерений.

**Научная новизна работы** сформулирована четко и подтверждается содержанием автореферата. К наиболее значимым достижениям можно отнести:

1. Разработку и программную реализацию оригинальных математических моделей (PEGAS и PEGAS+Peltier) для прогнозирования условий стабильности криогенных газовых гидратов с учетом климатической зональности и динамики ледниковых покровов.

2. Проведение высокоразрешающего моделирования, позволившего получить новые картографические материалы по распределению и мощности СММП и ЗСГГ.

3. Впервые выполненный анализ влияния Евразийского покровного оледенения на эволюцию ЗСГГ в российском секторе Арктики.

**Методология и подходы** исследования научно обоснованы. Автор опирается на фундаментальное уравнение теплопроводности (задачу Стефана) с фазовым переходом, что является стандартом в подобных исследованиях. При этом разработанные модели отличаются детализацией: синтез верхнего граничного условия из разнородных данных (палеоклимат, ледниковая модель ICE-7G\_NA, современные реанализы), использование актуальной модели геотермического поля, учет диффузии солей. Создание авторских программных комплексов (PEGAS, MAGAS) на языках C и Python демонстрирует высокую квалификацию соискателя в области вычислительной математики и программирования.

**Фактическая база** исследования является комплексной и репрезентативной. В работе использован широкий спектр открытых глобальных и региональных данных (ECMWF ERA5, GLORYS12V1, GEBCO, базы геотермии, палеореконструкции), а также результаты полевых геолого-геофизических исследований, что позволило выполнить валидацию модельных расчетов.

**Практическая значимость** работы подтверждается внедрением разработанных программных комплексов в тематические работы ФГБУ «ВНИИОкеангеология» для оценки ресурсов метана в газовых гидратах, а также получением государственных регистрационных свидетельств на ПО.

**Несмотря на высокий научный уровень представленной диссертации и полученные результаты к работе имеется ряд замечаний**, носящие в основном уточняющий и дискуссионный характер:

1. В работе предложена методология синтеза верхнего граничного условия, которая использует современные высокоразрешающие реанализы (ERA5, GLORYS12V1) для задания пространственной климатической зональности ( $T_r$ ,  $T_{bot}$ ,  $S_{bot}$ ). Однако для



реконструкции условий в прошлом к этим полям применяется лишь временной сдвиг ( $\Delta t_a$ ), взятый из глобальной палеомодели [de Boer et al., 2014]. Таким образом, районирование предполагается неизменным на протяжении всего модельного периода, составляющего несколько сотен тысяч лет. Вопрос: Насколько обосновано такое предположение о стабильности пространственной структуры климатических полей (особенно придонной температуры и солености) в масштабах ледниковых циклов, учитывая возможность значительных перестроек систем океанических течений, ледового покрова и атмосферной циркуляции в Арктике?

2. В диссертации указано, что при оценке чувствительности модели к температуре верхней границы был сделан вывод о её слабой значимости по сравнению с неопределенностью теплового потока. При этом анализ проводился для диапазона температур от -11 до -13 °С. Вопрос: Поскольку модельный период охватывает несколько сотен тысяч лет с экстремальными климатическими колебаниями (оледенения, межледниковья), диапазон изменения палеотемператур, несомненно, значительно шире указанных 2 °С. Насколько репрезентативна и достаточна оценка чувствительности, выполненная в столь узком температурном интервале, для обоснования устойчивости ключевых выводов работы на всем протяжении моделируемого периода? Не требуется ли проведение дополнительных экспериментов, например, для характерных температурных режимов ледниковых максимумов и климатических оптимумов?

**Заключение.** Автореферат свидетельствует о том, что диссертационное исследование Смирнова Юрия Юрьевича выполнено на высоком научном уровне, соответствует всем критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а его автор заслуживает присуждения искомой ученой степени **кандидата географических наук по специальности 1.6.17 – Океанология.**

Отзыв подготовил:

Исаев Алексей Владимирович

Кандидат географических наук, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук (СПбФ ИО РАН)

199004, Санкт-Петербург, 1-я линия Васильевского острова, д.30

Тел.: +7(812) 328-50-66

Эл. Адрес: isaev.av@spb.ocean.ru

12 января 2026 г.

Исаев А.В.

**Согласие на обработку персональных данных.**

Я, Исаев Алексей Владимирович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку, в том числе на размещение их в сети Интернет.

12 января 2026 г.

Исаев А.В.

Личную подпись Исаева А.В. заверяю:  
Начальник отдела кадров

В.В. Любавская

