

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМПЕРАТРИЦЫ ЕКАТЕРИНЫ II

# ПРОРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВЕДКЕ, РАЗРАБОТКЕ И ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

III МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

22–24 мая 2024 г.

*Тезисы докладов*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2024

УДК 622.24+550.8  
ББК 33.13+33.36  
П 819

В сборнике представлены тезисы докладов участников III Международной научно-практической конференции «Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья». Рассмотрены актуальные проблемы строительства скважин, разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, добычи углеводородного сырья. Материалы сборника представляют интерес для руководителей, инженерно-технических специалистов, научно-педагогических работников, а также аспирантов, магистрантов и студентов технических специальностей в области бурения скважин.

Редакционная коллегия: д-р. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой бурения скважин, научный руководитель Научного центра «Арктика» *М.В. Двойников*; канд. техн. наук, исполнительный директор Научного центра «Арктика» *К.С. Купавых*; канд. хим. наук, научный руководитель лаборатории Сооружения скважин Научного центра «Арктика» *Е.Ю. Камбулов*; канд. техн. наук, научный руководитель лаборатории Управления объектами разработки нефтяных и газовых месторождений Научного центра «Арктика» *Никитин В.И.*; канд. техн. наук, научный руководитель лаборатории Термодинамических, газохимических и энергетических процессов нефтегазовых производств Научного центра «Арктика» *Г.В. Буслаев*; научный руководитель лаборатории Технологии и техники бурения скважин в условиях станции Восток Научного центра «Арктика» *А.В. Большунов*.

Шерстенникова С.Р.<sup>1,2</sup>, Боронина А.С.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия, sonya.sherstennikova@gmail.com

<sup>2</sup> Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

<sup>3</sup> Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия

## Основные результаты математического моделирования процессов в многолетней мерзлоте на Холмах Ларсеманн, Восточная Антарктида

**Аннотация.** Комплексные данные о многолетней мерзлоте в Антарктиде являются важными индикаторами климатических изменений и помогают предсказывать развитие процессов в будущем. Математическое моделирование является основным методом прогнозирования этих процессов. Авторы исследования выполнили модельные расчеты для оазиса Холмы Ларсеманн в Восточной Антарктиде. Результаты показывают, что озеро Рейд полностью промерзает ежегодно, но талик не формируется. Дальнейшие шаги исследования включают применение климатических сценариев, для оценки возможных изменений в реакции многолетней мерзлоты на различные уровни повышения температуры воздуха.

**Ключевые слова:** Антарктида, многолетняя мерзлота, математическое моделирование, антарктические озёра.

В Антарктиде многолетняя мерзлота формирует уникальный сегмент криосферы, информация о котором ограничена или отсутствует для большей части материка. Комплексные данные о ней чрезвычайно важны и являются важными индикаторами реакции многолетней мерзлоты на текущие климатические изменения, но главное, они позволяют высказывать обоснованные предположения относительно протекания этих процессов в недалёком будущем. Основным методом такого прогнозирования выступает математическое моделирование. В настоящей работе представлены первые результаты, полученные для оазиса Холмы Ларсеманн (Земля Принцессы Елизаветы, Восточная Антарктида).

Район Холмов Ларсеманн весьма перспективен для выполнения математического моделирования, поскольку на протяжении долгого времени здесь выполнялись комплексные исследования, позволившие накопить большое количество фактического материала [1-2]. В качестве первого шага авторами проведены модельные расчёты возможности формирования и развития субаквальных таликов в районе оз. Рейд и субаэральных таликов для территории всего оазиса. Описание математической модели представлено в работе [3]. Корректность её применения подтверждена сравнением расчётов с данными натурных измерений для описания процессов тепломассопереноса в озере Долк (район Холмов Ларсеманн) (рис. 1а) [4]. Модель реализована в виде компьютерной программы *FrozenSoil* [5].

Как следует из представленного рисунка, отражающего результаты моделирования, озеро Рейд полностью промерзает каждый год (рис. 1б). В летний период озеро целиком оттаивает и в некоторые годы протаивает небольшой слой донных отложений (не более метра). Однако при этом талик не формируется. Кроме того, климатические условия таковы, что относительно неглубокое озеро в течение холодной Антарктической зимы полностью промерзает. Вместе с ним промерзает и слой песчаных отложений.

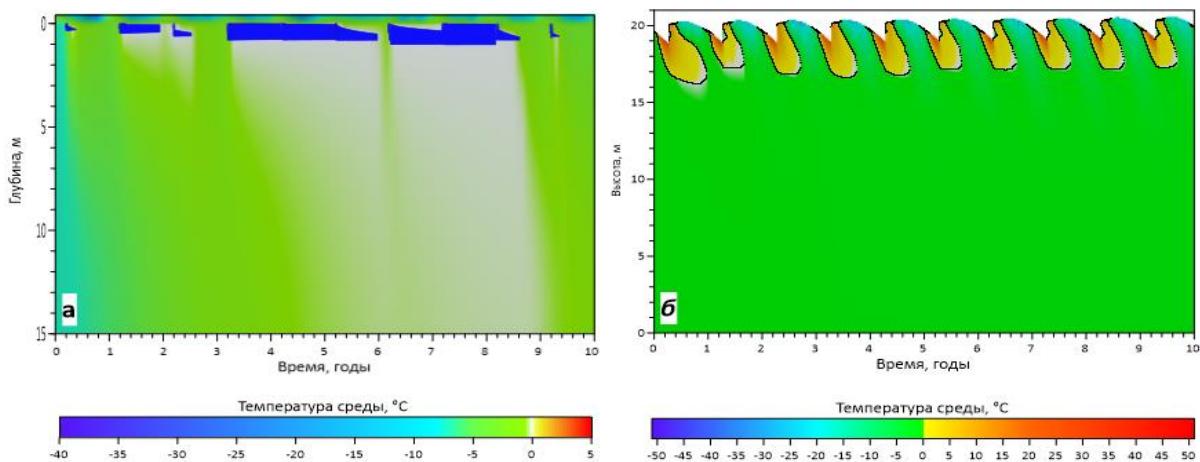


Рис. 1

а – распределение температуры верхней части геологического разреза озера Долк, Восточная Антарктида;  
б – распределение температуры верхней части геологического разреза озера Рейд, Восточная Антарктида

Следующим этапом проведения исследования является применение климатических сценариев. Планируется использовать следующие климатические сценарии, утверждённые в отчёте *AR6 Synthesis Report of Climate Change 2023, IPCC*: (1) SSP1-1.9: повышение температуры воздуха не более чем на 1,5 °C; (2) SSP1-2.6: повышение температуры воздуха на 2 °C; (3) SSP2-4.5: повышение температуры воздуха на 3 °C; (4) SSP3-7.0: повышение температуры воздуха на 4 °C; (5) SSP5-8.5: повышение температуры воздуха более чем на 4 °C.

Математическое моделирование является современным методом научного познания и вполне соответствует целям и задачам *Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации*, утверждённой Указом Президента РФ № 145 от 28.02.2024.

### Список литературы

1. Воробьев Д.М., Попов С.В., Егоров М.С., Киселев А.В. Отечественные континентальные комплексные геолого-геофизические исследования в Антарктиде // Бурение и нефть. 2023. № S2. С. 126-127. EDN QHLWFS.
2. Grigoreva S.D., Ryzhova E.V., Chetverova A.A., et al. Application of the natural electric field method for studying the outburst lakes of the Larsemann Hills (East Antarctica) during the field season of the 64 th RAE // International Conference «Solving the puzzles from Cryosphere»: Program, Abstracts, Pushchino, 15–18 апреля 2019 года. 2019. Р. 136-137. EDN MUEDZK.
3. Попов С.В., Боронина А.С., Лебедева Л.С. Моделирование температуры грунта на участках распространения субаэральных таликов Центральной Якутии на примере водосбора реки Шестаковка // Мерзлотные почвы в антропоцене: Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции, Салехард-Лабытнанги, 20–26 августа 2023 года. Сыктывкар. 2023. С. 123-124. EDN FQPTNW.
4. Sukhanova A., Bantsev D., Popov S., et al. The current state of Lake Dålk (Larsemann Hills, East Antarctica) // Polar Science. 2023. V. 38. P. 101006. DOI 10.1016/j.polar.2023.101006. EDN QXSFGR.
5. Попов С.В., Боронина А.С., Лебедева Л.С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669994 Российской Федерации. «Программа для моделирования процессов тепло-массопереноса в многолетнемёрзлых породах» (FrozenSoil): № 2023669430: заявл. 25.09.2023: опубл. 25.09.2023. EDN QAJZUG.