

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*; канд. техн. наук, научный руководитель лаборатории Технологии и техники бурения скважин в условиях станции Восток Научного центра «Арктика» *А.В. Большунов*.

Попов С.В.<sup>1, 2, 3</sup>, Шерстенникова С.Р.<sup>2, 3</sup>, Боронина А.С.<sup>3, 4</sup>

<sup>1</sup> АО «Полярная морская геологоразведочная экспедиция», г. Санкт-Петербург, Россия, [sporon67@yandex.ru](mailto:sporon67@yandex.ru)

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

<sup>4</sup> Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия

## Математическое моделирование как основной метод изучения криолитозоны

**Аннотация.** Полярные и горные ледники, а также многолетнемерзлые породы наиболее чувствительны к климатическим изменениям, поэтому районы их развития являются предметом особого внимания и изучения. Полевые методы позволяют охарактеризовать объект исследований лишь на момент выполнения работ. И только математическое моделирование позволяет обоснованно судить о предстоящих (или прошлых) изменениях, что является весьма важным и востребованным как в научном плане, так и в прикладном аспекте. Наибольший интерес представляют мониторинговые наблюдения на специальных полигонах, и сценарные расчёты. Если в Арктике ими являются районы Якутии и Салехарда, то для Антарктиды ими могут стать холмы Ларсеманн, оазис Ширмахера и холмы Тала (Оазис Молодёжный).

**Ключевые слова:** Антарктида, геофизические исследования, подледниковое озеро Восток, математическое моделирование, криолитозона, многолетняя мерзлота.

В настоящее время полярные и горные регионы являются предметом пристального внимания и комплексного изучения. Это объясняется наблюдающимися климатическими изменениями, которые оказывают влияние как на деградацию ледников, так и многолетней мерзлоты [1]. Основным способом изучения этого процесса являются полевые исследования, однако, результаты геофизических, гляциологических, термометрических и прочих изысканий отражают состояние изучаемой среды лишь на момент выполнения работ. В связи с этим только математическое моделирование может помочь обоснованно судить о предстоящих (или прошлых) изменениях, что представляется весьма важным и востребованным как в научном, так и в сугубо прикладном аспекте. Модели процессов теплопереноса в криолитозоне и движения ледников начали создаваться ещё в середине прошлого века и связаны с именами таких выдающихся отечественных и зарубежных учёных, как П.А. Шумский, М.С. Красс, У.Ф. Бадд, Дж. Глен, И.А. Зотиков, Р.И. Гаврильев, Г.М. Фельдман, Дж. Най и многих других. Результаты полевых наблюдений и теоретические изыскания заложили основу современного математического моделирования в гляциологии и климатологии. Важный вклад в повышение качества моделирования внесли и базы данных, содержащие различную информацию об объектах криолитозоны [2-4].

Поскольку на изменение климата больше всего реагируют ледники горных и арктических районов, крайняя относительно маломощная часть антарктического ледникового щита, а также области распространения многолетней мерзлоты, именно на этих объектах было сосредоточено моделирование. Наибольший интерес представляют сценарные расчёты. Согласно *AR6 Synthesis Report of Climate Change 2023, IPCC*, они следующие: (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. Однако для повышения точности моделирования необходим мониторинг. В Арктике таким полигоном является центральная Якутия и район Салехарда, а для Антарктических исследований им могут стать холмы Ларсеманн

(Земля Принцессы Елизаветы, Восточная Антарктида), оазис Ширмахера (Земля Королевы Мод, Восточная Антарктида) и район отечественной полевой базы Молодёжная и белорусской научной станции Гора Вечерняя (Земля Эндерби, Восточная Антарктида). Первые полученные значимые результаты связаны с выяснением вклада различных факторов в формирование подледниковых водоёмов, оценкой условий образования и развития субэзральных и субаквальных таликов и процессов тепломассопереноса в многолетней мерзлоте как в Якутии, так и на холмах Ларсманн, а также математическим описанием процесса прорыва подледниковых и внутриледниковых водоёмов, в частности, озера Долк (холмы Ларсманн) [5].

Фундаментальные научные исследования являются локомотивом прогресса, расширяя и углубляя наши представления об окружающем нас мире и законах его развития. Математическое моделирование занимает достойное место среди методов познания природы и вполне соответствует целям и задачам *Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации*, утверждённой Указом Президента РФ № 145 от 28.02.2024.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ № 22-27-00266 «Разработка математической модели развития ледникового покрова с последующим применением для описания субгляциальных гидрологических процессов в районе подледникового озера Восток, Восточная Антарктида».*

### 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. P. 136-137. EDN MUEDZK.
3. Попов С.В., Боронина А.С., Лебедева Л.С. Моделирование температуры грунта на участках распространения субэзральных 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 Dål̄k (Larsemann Hills, East Antarctica) // Polar Science. 2023. V. 38. P. 101006. DOI: 10.1016/j.polar.2023.101006. EDN QXSFGGR.
5. Попов С.В., Боронина А.С., Лебедева Л.С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669994 Российская Федерация. «Программа для моделирования процессов тепломассопереноса в многолетнемёрзлых породах» (FrozenSoil): № 2023669430: заявл. 25.09.2023: опубл. 25.09.2023. EDN QAJZUG.