



ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР
ИМ. АКАДЕМИКА Н.В. МЕЛЬНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ НЕДР В XXI ВЕКЕ ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ

Сборник материалов

**16 МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ
ШКОЛЫ МОЛОДЫХ
УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ**

23-27 октября 2023 г.

Москва

2023

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Российская академия наук
Отделение наук о Земле
Научный совет РАН по проблемам горных наук
Научный совет РАН по проблемам обогащения
полезных ископаемых
Институт проблем комплексного освоения недр
им. академика Н.В.Мельникова РАН
Совет молодых ученых и специалистов**

**ПРОБЛЕМЫ
ОСВОЕНИЯ НЕДР В XXI ВЕКЕ
ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ**

***16 МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ***

23-27 октября 2023 г.

**Москва
2023**

Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 16 Международной научной школы молодых ученых и специалистов. 23-27 октября 2023 г. – М: ИПКОН РАН, 2023 – 424 с.

В сборнике опубликованы материалы 16 Международной научной школы молодых ученых и специалистов, посвященные последним достижениям в области теории и технологии комплексного освоения недр Земли. Представлены результаты новых исследований по таким направлениям как геология, техника и технология освоения месторождений твердых полезных ископаемых, геомеханика, разрушение горных пород, обогащение полезных ископаемых. Рассмотрены вопросы, связанные с управлением горного производства, техникой безопасности и охраной окружающей среды, геоэкологией. Освещены экономические аспекты проблемы освоения недр.

Для широкого круга специалистов, работающих в области освоения, добычи и переработки минерального сырья, геоэкологии и экономики.

Редакционный совет: академик РАН *В.Н. Захаров* (председатель), академик РАН *К.Н. Трубецкой*, академик РАН *В.А. Чантурия*, член-корреспондент РАН *Д.Р. Каплунов*, *И.И. Айнбиндер*, *А.И. Докучаева*, *С.С. Кубрин*, *С.Б. Кулибаба*, *Т.Н. Матвеева*, *О.Н. Малинникова*, *Н.А. Милетенко*, *П.Г. Пацкевич*, *Б.Н. Пашичев*, *М.В. Рыльникова*, *А.Л. Самусев*, *В.С. Федотенко*, *Т.В. Чекушина*, *И.В. Шадрунова*, *А.В. Шляпин*.

*Спонсор проведения 16 Международной научной школы
молодых ученых и специалистов*



ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ДИНАМИКА ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КЛЮЧЕВОГО УЧАСТКА УРАЛЬСКОГО БЕРЕГА БАЙДАРАЦКОЙ ГУБЫ

Исаев В.С.¹, Котов П.И.², Киока А.³

¹ГАОУ ЯНАО «Научный Центр Изучения Арктики», г. Салехард,

²ЗГУ имени Н.М. Федоровского, г. Норильск,

³Университет Кюсю, Фукуока, Япония

Современный этап развития криолитозоны характеризуется стрессовыми техногенными и природными воздействиями и активизацией природных процессов, которые часто относятся к группе опасных, то есть могут оказать негативное воздействие на инфраструктуру и окружающую среду [1,2]. Комплексное изучение природных изменений позволит провести наблюдение за динамикой верхних горизонтов криолитозоны и оценить степень изменения ландшафта и рельефа криогенными процессами. Для предотвращения негативного воздействия и своевременного прогноза развития криогенных процессов, необходимо проводить их мониторинг. В настоящее время предложено несколько видов мониторинга [3]. Авторами предложен свой вариант проведения исследований на ключевых участках для изучения динамики геокриологических условий [4,5].

Описание района исследований

Байдарацкая губа расположена в высоких широтах – выше полярного круга (рис. 1). Средняя годовая температура за весь период наблюдений изменялась в пределах от -3 до -10°C, однако за последние годы она не опускалась ниже -7°C, и общий тренд свидетельствует о дальнейшем ее увеличении.

Новейшие отложения образуют в районе Байдарацкой губы сплошной чехол мощностью 150-200 м. Среди них выделяются следующие основные стратиграфо-генетические комплексы: нижне- и среднелейстоценовые морские и ледово-морские отложения ямальской серии, верхнелейстоценовые морские, прибрежно-морские и аллювиально-морские отложения и голоценовые морские и прибрежно-морские отложения, представленными песчаными и суглинистыми

грунтами. В верхней части разреза расположены голоценовые болотные отложения мощностью 0,5-3 м.



Рис. 1. Расположение района исследований:

а – изображение Западной части Арктического региона России;

б – расположение экспериментального участка и ближайших метеостанций

На участке исследования располагается инженерное сооружение, которое представляет собой систему магистральных газопроводов перехода «Бованенково – Ухта», состоящая из 2-х ниток, тянущиеся по дну Байдарацкой губы. В зоне выхода Магистрального газопровода из моря установлено защитное сооружение – коффердам. Коффердам представляет собой металлический каркас с заглублением свай до 20 метров. На данном участке расположены 2 коффердама прямоугольной конфигурации на каждую нитку. Длина каждого коффердама более 200 метров, а ширина 65-70 метров.

Методика исследований

Анализ температуры воздуха. Измерения температуры воздуха проводились на метеостанциях Маре-Сале (100 км от полигона, восточный берег Байдарацкой губы), Усть-Кара (90 км от полигона, западный берег Байдарацкой губы). По данным метеостанций за последние 5 лет фиксируются высокие среднегодовые температуры.

Изучение снежного покрова. Мощность снежного покрова в разные месяцы определялась на метеостанциях. В 2022 г. на полигоне также проводились снегомерная съемка. Периодичность точек наблюдения определялась площадной изменчивостью толщины снежного покрова. Мощность изменяется от 10 до 110 см, а плотность от 0,3 до 0,45 г/см³

Изучение растительного покрова. Тепловые свойства растительных покровов являются необходимыми параметрами для любых

геокриологических оценок и прогнозных расчетов. В полевых условиях определялись теплоизоляционные свойства растительности с помощью зондового метода и метода температурных волн.

Состав и свойства грунтов. Пробурены параметрические скважины на разных типах ландшафта глубиной от 5 м до 25 м. Для отобранных грунтов изучены физические и теплофизические свойства. Эти данные являются основой для верификации математических моделей и геофизических исследований.

Измерение температур грунтов. Несколько скважин были оборудованы термокосоми, что позволяло фиксировать изменения температуры грунтов и мощности слоя сезонного оттаивания с записью в течение года. Как показали данные исследований, наибольшее изменение температуры грунтов за 2021-2022 гг. произошло на бровке склона (порядка 1°C по сравнению с периодом измерений 2016-2018), что связано с отступанием берега. В 50 метрах от бровки температура изменились незначительно ($0,1-0,2^{\circ}\text{C}$).

Проведение инженерно-геофизических исследований. Полевые геофизические исследования выполнялись методом электротомографии. По результатам замеров определены удельное электрическое сопротивление и построены геоэлектрические разрезы для получения данных о строении грунтов между профилями. Интерпретация данных электротомографии выполняется в рамках двумерного класса моделей при помощи специального программного обеспечения.

Анализ полученных результатов на площадке исследований позволил сделать следующие выводы:

1. За последние 3 года произошло увеличение температуры грунта на все территории. Наибольшие изменения зафиксированы у бровки склона (около 1°C), а наименьшие в 50 метрах от склона.

2. Глубина залегания кровли ММП на первой морской террасе, где абсолютная высота рельефа меняется от 3 до 6 м, разделяется на несколько зон: западная зона с глубиной залегания кровли ММП от 0,5 до 0,7; зона инженерного сооружения, где фиксируется переуглубление положения кровли ММП до 6-8 м (что косвенно указывает на растепление пород тепловым потоком от труб газопровода), и переходная зона между лайдой и террасой, где глубина до кровли ММП достигает 3-6 м.

3. Вся зона пляжа и часть склона первой морской террасы находятся в талом состоянии.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и ИОПН в рамках научного проекта № 21-55-50012

Список литературы

1. Obu J., Westermann S., Bartsch A., Berdnikov N., et al. (2019). Northern Hemisphere Permafrost Map Based on TTOP Modelling for 2000–2016 at 1 km2 Scale. *Earth-Science Reviews*, 193, 299-316, DOI: 10.1016/j.earscirev.2019.04.023
2. Hjort, J., Karjalainen, O., Aalto, J. et al. Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century. *Nat Commun*, 2018. Volume 9, 5147, <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07557-4>
3. Smith, S., and Brown, J. 2009. Assessment of the status of the development of the standards for the Terrestrial Essential Climate Variables - T7 - Permafrost and seasonally frozen ground [online]. Available from <http://library.arcticportal.org/668/> [доступ 31 июля 2023].
4. Isaev, V., Kioka, A., Kotov, P., Sergeev, D.O., Uvarova, A., Koshurnikov, A., Komarov, O. Multi-Parameter Protocol for Geocryological Test Site: A Case Study Applied for the European North of Russia. *Energies* 2022, 15, 2076. <https://doi.org/10.3390/en15062076>
5. Исаев В. С., Киока А., Котов П. И. Шевчук Я.О.1, Уварова А.В. Мониторинг отступления берега инструментальными методами в районе уральского берега Байдарацкой губы // Современные исследования трансформации криосферы и вопросы геотехнической безопасности сооружений в Арктике, Салехард, 03–12 ноября 2021 года. – С. 169-172. – DOI 10.7868/9785604610848044.

ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ В ЦЕНТРЕ ГОРОДА НОРИЛЬСК

Котов П.И., Авиллов Д.А.

ЗГУ имени Н.М. Федоровского, г. Норильск

Норильский промышленный район – это сложнейшая природно-техническая система, включающая города и промышленные сооружения (горные, гидротехнические, транспортные, линейные и энергетические), а также грунты основания, которые могут находиться как в мерзлом, так и талом состоянии. Многие из построенных здесь сооружений уникальны по ряду параметров и имеют свои особенности влияния на многолетнемерзлые грунты, которые по большей части являются грунтами основаниями [1]. В данном районе имеются некоторые данные, которые свидетельствуют о повышении