



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. Шадрюнова*, *А.В. Шляпин*.

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



Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и ЮОПН 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

температуры мерзлых грунтов и влиянии этого процесса на городскую инфраструктуру [2,3].

В данном случае рассматривается лишь центр города Норильск, где расположена глубокая скважина (200 метров), в которой проводить измерения температурного режима с 1959 года (рис. 1). В начале 2000 годов эта скважина была утеряна.



**Рис. 1. Схема
расположения скважины**

В 2022 году в рамках программы создания элемента единой системы мониторинга состояния многолетней мерзлоты на территории муниципального образования город Норильск и Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района Заполярный филиал ПАО «ГМК «Норильский никель» восстановил эту скважину и провел инженерно-геологические работы в районе ее расположения (Ленинский проспект, № 25А).

Город в Арктической зоне представляет собой очаг концентрированного техногенного воздействия на окружающую среду. Наряду с механическими воздействиями важнейшим фактором являются также различные тепловые влияния. Не только природные факторы, в первую очередь, климатические и геокриологические условия и процессы, но и техногенные системы, различные элементы хозяйственной деятельности коренным образом изменяют тепловой состояние пород, их свойства, приводят к развитию опасных криогенных процессов.

В геолого-литологическом строении скважины до 200 метров принимают участие (сверху-вниз): насыпной грунт (tQIV), отложения

аяклинского лимния (ШНак) и нижнетриасовые магматические интрузивные породы ($\nu\beta T1$).

Техногенные грунты (tQIV) представлены крупнообломочным материалом с глинистым заполнителем, песками различных фракций в мерзлом и талом состоянии. Мощность до 2,4 метра.

Аяклинский лимний (ШН-Нак) представлен песчано-глинистыми отложениями в мерзлом состоянии:

- песок пылеватый мерзлый льдистый
- суглинок легкий песчанистый мерзлый льдистый
- песок крупный мерзлый слабольдистый
- супесь песчанистая мерзлая слабольдистая
- песок средней крупности мерзлый слабольдистый,

Мощность отложений 25,6 метра

Нижнетриасовые магматические интрузивные породы ($\nu\beta T1$) представлены габбро-долеритом очень прочным, очень плотным, непористым и неразмягчаемым. Залегают с 28 метров до 200 метров

Анализ температурного режима за последние 64 года показал следующее. С 1959 по 1985 гг произошло повышение температуры грунта на глубине 10 метров на $1,9^{\circ}\text{C}$, а с 1959 по 2023 гг – $4,3^{\circ}\text{C}$.

Ниже изменения температур грунтов уже не такие значительные с 1959 по 2023 гг: на глубине 30 метров $1,2^{\circ}\text{C}$, 60 метров – $0,8^{\circ}\text{C}$, ниже 80 метров - $0,3^{\circ}\text{C}$.

При этом геотермический градиент (физическая величина, описывающая прирост температуры горных пород в $^{\circ}\text{C}$ на определенном участке земной толщи) практически не изменился, а остался таким же и равен 4 C на 100 метров.

Данные измерений показывают, что в верхней части разреза наблюдается резкое увеличение температур до 2006 года (температура глубине 10 метров составляла $-0,8^{\circ}\text{C}$), а в дальнейшем произошло ее уменьшение до $-2,1^{\circ}\text{C}$. Это связано с аварийными ситуациями, в 1990 гг. В 1990–х годах по мере развития производства и большой загруженности энергосистемы стали происходить аварии, крупнейшей из которых произошла в 1994 г. Эта система вывела из строя не только систему теплоэнергетики, но и оказала существенное влияние практически на всю систему тепло-водоснабжения Норильска. Отсутствие водяных компенсаторов в зданиях в аварийной ситуации привело к необходимости слива воды под здания, что стало причиной существенного увеличения температур мерзлых грунтов. Техногенное подтопление и засоление грунтов привело к

повсеместному росту глубин сезонного оттаивания, ухудшению строительных свойств грунтов, изменению гидрогеологических условий. В период с 1997-2002 год произошло наибольшее закрытие домов по причине необратимых деформаций из-за оттаивания мерзлых грунтов (60 домов). После 2006 года скважина стала размещаться в зоне уборки снега рядом с построенным магазином, что привело к уменьшению температур до $-2,1^{\circ}\text{C}$. Снежный покров в Норильске является одной из важнейших характеристик, оказывающих чрезвычайно большое влияние на условия теплообмена горных пород с внешней средой и, соответственно, на температурный режим пород и особенности геокриологических условий [4].

Мощность мерзлоты сократилась незначительно: в 1958 году она составляла 150 метров, а сейчас 147,7 метра, то есть 2,3 метра за 65 лет под действием теплового потока из недр.

Список литературы

1. Макаров, В.И., Пикулев, В.П., Кадкина, Э.Л., Колесникова О.В. Норильск (Опыт строительства). Москва: МГСУ, 2001. 216 р.
2. Гребенец В.И. Формирование специфических природно-техногенных комплексов в Норильском промышленном районе // Материалы Второй конф. Геокриологов России. 6–8 июня 2001 г. Т. 4. Инженерная геокриология. М.: Изд-во МГУ, 2001. С. 59–65
3. Shiklomanov, N.I., D.A. Streletskiy, V.I. Grebenets, and L. Suter. 2017. Conquering the permafrost: Urban infrastructure development in Norilsk, Russia. *Polar Geography* 40: 273–290.
4. Grebenets, V.I., and V.A. Tolmanov. 2021. The influence of the specific regime of snow deposits on permafrost in the cities of the permafrost zone (on the example of the Norilsk region). *Ice and Snow* 61: 457–470. <https://doi.org/10.31857/S2076673421030101>.

УДК 550.83

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ Г. МОСКВЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Матюшенко А.А., Иванов А.А.

РГГРУ им. Серго Орджоникидзе, г. Москва

Введение

Метод межскважинного сейсмического просвечивания (МСП) разработан в середине прошлого века [5] и применяется на практике при проведении инженерных геолого-геофизических работах. Суть