

НАБЛЮДЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК ТУРИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «ЦАРСТВО ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ»

Сивцева А.И.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск

Ключевые слова: штольня, тепловой режим, устойчивость, криолитозона, туристический комплекс.

Аннотация. Приведены результаты натурных наблюдений теплового режима подземных горных выработок туристического комплекса «Царство вечной мерзлоты» в зимний и весенний период эксплуатации, результаты визуального обследования горного склона, штолен и камер, которые были проведены с целью дальнейших рекомендаций по увеличению устойчивости выработок.

OBSERVATIONS OF THE THERMAL CONDITIONS OF UNDERGROUND WORKINGS OF THE TOURIST COMPLEX «KINGDOM OF PERMAFROST»

Sivtseva A.I.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

Keywords: gallery, thermal conditions, competence, cryolithozone, tourist complex.

Abstract. The results of field observations of the thermal conditions of underground mine workings of the tourist complex "Kingdom of Permafrost" in the winter and spring periods of operation, the results of a visual inspection of the mountain slope, galleries and chambers, which were carried out with the aim of further recommendations on increasing the stability of workings, are presented.

Произошедшие отслоения и вывалы пород кровли незакрепленных подземных горных выработок туристического комплекса "Царство вечной мерзлоты" (ЦВМ) явились тревожным сигналом в плане обеспечения их устойчивости и обеспечения безопасного функционирования [1, 2].

Научно-образовательным центром «Геотехнологии Севера им. М.Д. Новопашина» с привлечением Института горного дела Севера им. Н.В. Черского и Горного института СВФУ им. М.К. Аммосова по заказу туристического комплекса «Царство вечной мерзлоты» была выполнена хоздоговорная работа «Рекомендации по обеспечению устойчивости подземных горных выработок туристического комплекса ЦВМ», в ходе работы были проведены исследования теплового режима ЦВМ в зимний период эксплуатации, сделано визуальное обследование горного склона (рис. 1, 2) и ПГВ ЦВМ и даны рекомендации по обеспечению устойчивости подземных горных выработок (ПГВ), по регулированию температурного

режима, по проведению дополнительных инженерно-геологических изысканий, в результате этих исследований даны рекомендации по креплению подземных горных выработок ЦВМ.



Рис. 1. Вывал пород кровли в районе сопряжения штольни 1 и камеры 4 ЦВМ



Рис. 2. Отслоение пород кровли

В отсутствии крепи в результате выветривания пород, в кровле некоторых ПГВ ЦВМ в 2017 году произошло 3 вывала. Самый крупный из них (весом около 200 кг) произошел на сопряжении штольни №1 с камерой №4. (рис. 1, 2), так как глазировка ПГВ не производилась с 2014 года.

Крепление ПГВ за исключением устьевых частей штолен не производилось. В зимний период ПГВ принудительно вентилируются холодным воздухом, нагнетаемым вентилятором и их поверхности покрываются слоем ледяной глазировки толщиной 50 мм путем набрызга тонкораспыленной воды, обеспечивая тем самым хладозарядку вмещающего горного массива (ГМ), требуемый уровень влажности и защиту от выветривания.

На всех дверях тамбуров штолен установлены ширмы, сшитые из палаточной ткани, для ограничения поступления теплого воздуха в период посещения комплекса экскурсантами.

Исследования температурного режима сотрудниками ИГДС СО РАН проводились в декабре 2017г. и январе 2018г. по методике бывшего ЛГИ [3,

4]. Замеры температуры воздушной среды осуществлялись прибором CENTER-314, контактного слоя пород приборами Testo 845 и Leica DistoD8. Пункты замеров располагались, начиная от тамбуров, и далее по длине обоих штолен.

Измерения производились при закрытых дверях тамбуров, включенных осветительных приборах, неработающей холодильной установке, отсутствии вентиляции и присутствии незначительного количества экскурсантов. Хладозарядка ПГВ не осуществлялась. Температура наружного воздуха составляла -42°C .

Результаты проведенных наблюдений приведены на рисунке 3. Обобщая их можно сделать заключение, что, как и следовало ожидать, наиболее низкие температуры воздушной среды зафиксированы в тамбурах, а затем этот параметр постепенно повышается по длине ПГВ, достигая максимального значения в сбойке между штольнями.

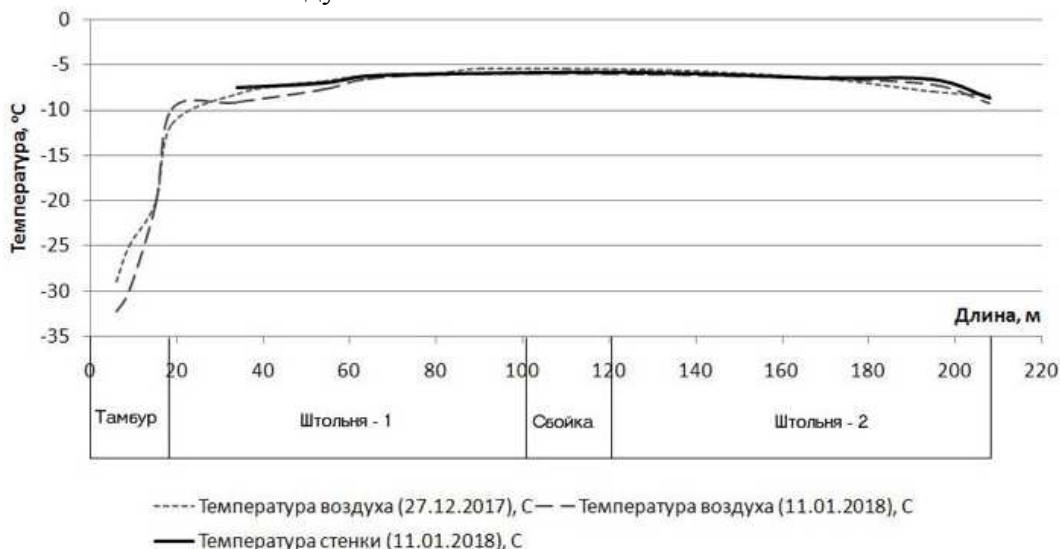


Рис. 3. Динамика значений температур воздуха и контактного слоя пород в выработках ЦВМ

Наиболее низкая температура контактного слоя пород зафиксирована в устье штольни-2 ($-8,7^{\circ}\text{C}$) и отличалась от температуры воздуха на 2°C . Затем этот показатель повышался по длине штольни и так же незначительно отличался от температуры воздуха.

Состояние ледовых скульптур в отдельных камерах позволяет предположить об их деформации видимой невооруженным глазом в результате пластического течения льда.

Температурный режим ЦВМ контролируется несколькими бытовыми термометрами, установленными в различных точках, их показания соответствуют замеренным во время проведения исследований.

После выполнения некоторых рекомендаций, (применение хладозарядки в зимний период) был проведен повторный мониторинг температурного

режима в период декабрь 2018 – декабрь 2019г. Замеры воздушной среды в 2019 году были проведены после выполненных рекомендаций, проводились прибором CENTER-314. Температура наружного воздуха составляла в декабре составляла -39°C , в феврале -18°C , в марте -7°C , в апреле температура наружного воздуха составляла 6°C . В январе замеры температуры воздушной среды штолен осуществлялись во время хладозарядки выработок. Температура наружного воздуха находилась в пределах -32°C (рис. 4).

После завершения наблюдений были получены следующие результаты наиболее низкая температура воздушной среды зафиксированы в тамбурах в декабре до начала продувки выработок, а затем повышается как и на замерах производившихся в декабре 2017 г. В январе самая низкая температура -24°C была зафиксирована в начале штольни № 2 по которой проводилась продувка выработок, а в начале штольни № 1 на тамбурах температура сохранялась в пределах -10°C . В феврале после окончания продувки минимальная температура в начале штольни № 2 составила -15°C , что подтверждает повышение температуры после окончания продувки в пределах 10°C . В марте и апреле в среднем температура воздушной среды в выработках составила около 8°C . По всей длине штолен, также в апреле наблюдается повышение температуры практически до 0°C на тамбуре при входе штольни № 1. Также можно сделать вывод, что при процессе хладозарядки выработок максимально низкие температуры сохраняются на длину 30 м. Средняя температура воздушной среды в выработках по сравнению с 2018 годом сохранялась в пределах от -5 до -10 градусов, а при процессе выполнения хладозарядки в январе и в феврале месяце варьируется от -10 до -15 градусов.

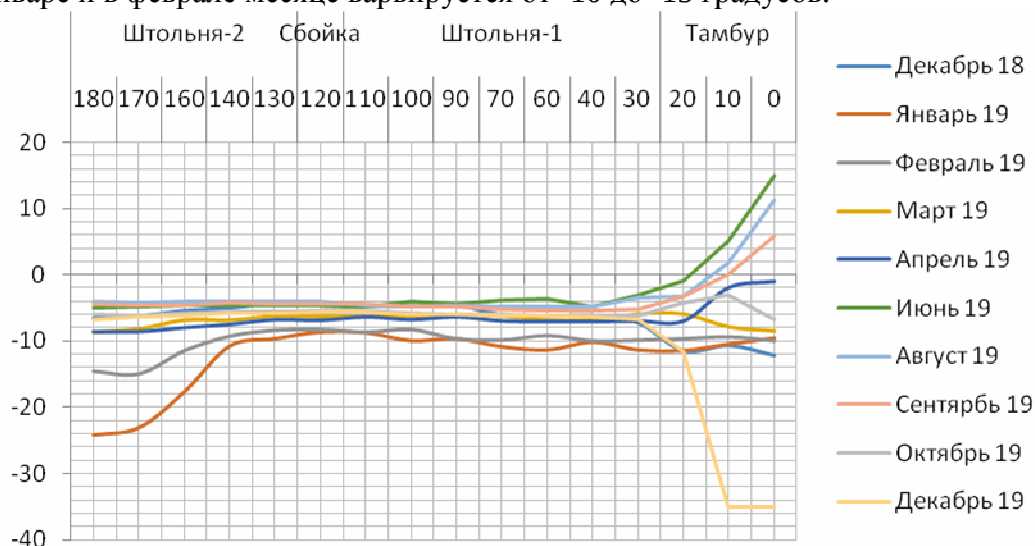


Рис. 4. Динамика температуры воздушной среды с декабря 2018 г. по декабрь 2019г.

Замеры влажностных параметров воздушной среды не производились, но проведенные наблюдения позволяют сделать предположение, что в ПГВ происходят как конденсационные, так и испарительные процессы, причем последние явно преобладают. В результате этого происходит сублимация ледяной глазировки, ледовых скульптур и, не исключено, шлирового льда, а так же активное иссушение (выветривание) приконтурного массива пород и его самопроизвольная дезинтеграция в отсутствие цементирующего льда (рис. 5).



Рис. 5. Выветрелый борт горной выработки ЦВМ с установленным температурным датчиком

Необходимо отметить, что баланс влаги изменчив по длине ПГВ. Конденсационные процессы наиболее развиты в тамбурах и устьевых частях штолен, куда попадает теплый воздух из отапливаемого входного помещения; затем они замедляются и проявляются в меньшей степени.

Проведенное обследование ПГВ с наличием изморози и толстого контактного слоя выветрелых пород не позволило выявить отслоения самыми простыми методами – звуковым и вибрационным [5, 6].

После проведенных наблюдений можно сделать вывод, что установившийся температурный режим в выработках ЦВМ можно считать оптимальным в плане обеспечения их устойчивости и комфортных условий экскурсантов. В то же время для предотвращения пластичных деформаций ледовых скульптур желательно обеспечение пониженных температур воздушной среды в пределах $-11 \div -12^{\circ}\text{C}$, это позволит предотвратить деформации ледовых скульптур и сохранить эстетическую привлекательность туристического комплекса, также постоянное применение хладозарядки в зимний период позволит поддерживать требуемую температуру в летний период.

Список литературы

1. Курилко А.С., Хохолов Ю.А. Влияние режимов эксплуатации горных выработок на температурно-влажностное состояние вентиляционного воздуха и массива горных

- породу в условиях криолитозоны // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – S21. – С. 476-485.
2. Курилко А.С. и др. Регулирование теплового режима подземных сооружений складского и специального назначения в условиях Севера. – Якутск: Изд-во Ин-та Мерзлотоведения СО РАН, 2011. – 246 с.
 3. Дядькин Ю.Д. Основы горной теплофизики для шахт и рудников Севера. – М.: Недра, 1968. – 255 с.
 4. Дядькин Ю.Д., Шувалов Ю.В. Тепловые съемки и тепловой расчет шахт и рудников. – Л.: Изд-во ЛГИ, 1997. – 88 с.
 5. Петров А.Н., Киселев В.В., Романова Е.К., Сивцева А.И. К вопросу безопасной эксплуатации подземного туристического комплекса «Царство вечной мерзлоты» // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330, № 8. С. 94-104.
 6. Sivtseva A.I., Kurilko, A.S., Petrov A.N., Petrova L.V. The thermal condition and stability of underground tourist complex workings // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 839(2). P. 022094.

References

1. Kurilko A.S., Khokholov Yu.A. Influence of operating modes of mine workings on the temperature and humidity state of ventilation air and rock mass in permafrost conditions // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2016. – S21. – P.476-485.
2. Kurilko A.S. and other Regulation of the thermal regime of underground storage facilities and special purposes in the North. – Yakutsk: Publ. house of the Institute of Permafrost Studies SB RAS, 2011. – 246 p.
3. Dyadkin Yu.D. Fundamentals of mining thermal physics for mines and mines of the North. – Moscow: Nedra, 1968. – 255 p.
4. Dyadkin Yu.D., Shuvalov Yu.V. Thermal design and thermal design of mines and mines. –L.: Publ. house of LGI, 1997. – 88 p.
5. Petrov A.N., Kiselev V.V., Romanova E.K., Sivtseva A.I. On the issue of safe operation of the underground travel complex «Kingdom of eternal frost» // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. – 2019. – Vol. 330, No. 8. – P. 94-104
6. Sivtseva A.I., Kurilko, A.S., Petrov A.N., Petrova L.V. The thermal condition and stability of underground tourist complex workings // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 839(2). P. 022094.

Сведения об авторах:

Сивцева Алена Ивановна – старший преподаватель, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия, alyona_archibald@mail.ru

Information about authors:

Sivtseva Alena Ivanovna – senior lecturer, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russia, alyona_archibald@mail.ru

Получена 30.11.2021