

Инженерно-геокриологические условия Эльгинского месторождения

Д.В. Хосоев✉, С.В. Панишев, М.С. Максимов

Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения российской академии наук, г. Якутск,
Российская Федерация
✉hosoev70@mail.ru

Резюме: В исследовании выполнен анализ инженерно-геокриологических условий Эльгинского каменноугольного месторождения с позиций их влияния на технологию его разработки. По результатам анализа температурно-влажностного режима грунтов Эльгинского месторождения, установлено, что при ведении горных работ возможно повторное смерзание взорванной горной массы после буровзрывной подготовки, это также подтверждается практикой. Подземные воды развиты по всему месторождению, обводненность нижних горизонтов в центральной части месторождения может осложнить ведение горных работ и потребовать предварительного понижения уровня подземных вод. С использованием программы «Майн Фрейм» построены карты изоощностей многолетнемерзлых пород и ледниковых отложений на северо-западном участке Эльгинского каменноугольного месторождения. Установлен характер распределения этих зон в массиве по простиранию и глубине, что позволит внести обоснованные дополнения в технологию разработки месторождения.

Ключевые слова: геокриологические условия, температура пород, многолетнемерзлые породы, ледниковые отложения, подземные воды, угол внутреннего трения, коэффициент сцепления, влажность, карты изоощностей, сезонное протаивание

Для цитирования: Хосоев Д.В., Панишев С.В., Максимов М.С. Инженерно-геокриологические условия Эльгинского месторождения. *Горная промышленность*. 2021;(2):96–100. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-2-96-100.

Engineering and Geocryological Conditions of the Elginsky Deposit

D.V. Hosoev✉, S.V. Panishev, M.S. Maksimov

Institute of Mining of the North N.V. Cherskiy Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation
✉hosoev70@mail.ru

Abstract: The paper analyses engineering and geocryological conditions of the Elginsky coal deposit in terms of their impact on the development technology. Based on the analysis of the temperature and humidity conditions of rocks at the Elginsky deposit, it was established that the blasted rocks may re-freeze during the drilling and blasting stage, which is also confirmed by practical experience. Groundwater is present throughout the field, and the water content of the lower levels in the central part of the deposit may impede mining operations and require advance measures to lower the water table. Isomorphic maps of permafrost and glacial sediments in the northwestern part of the Elginsky coal field were created using the Mineframe software. Distribution patterns of these zones were established within the rock mass along the strike and in depth, which will make it possible to make reasonable adjustments to the field development technology.

Keywords: geocryological conditions, rock temperature, permafrost, glacial sediments, groundwater, internal friction angle, coefficient of cohesion, water content, isomorphic maps, seasonal thawing

For citation: Hosoev D.V., Panishev S.V., Maksimov M.S. Engineering and Geocryological Conditions of the Elginsky Deposit. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2021;(2):96–100. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2021-2-96-100.

Введение

Эльгинское месторождение расположено примерно в 415 км восточнее г. Нерюнгри и в 320 км севернее БАМа в центральной части Токинского угленосного района.

Горно-геологические и горнотехнические условия эксплуатации данного месторождения характеризуются целым рядом существенных особенностей, среди них следует отметить следующие:

- суровые климатические условия;
- наличие вечномёрзлых пород в составе вскрыши;
- резкопересеченный рельеф поверхности с перепадом отметок до 350 м;
- наличие нарушений типа взброса с амплитудами смещения до 55 м;
- наличие большого количества маломощных угольных пластов сложного строения;
- сложное строение пластов (наличие прослоек и многоразовых расщеплений с изменчивой мощностью между-пластий).

Вышеперечисленные особенности позволяют однозначно отнести Эльгинское месторождение к разряду наиболее ярких представителей месторождений с весьма сложной структурой.

Суровые климатические условия и наличие многолетней мерзлоты оказывают существенное влияние на все технологические процессы разработки, что требует применения обоснованных технологических решений и технологий. Для этого необходимо иметь полные данные об инженерно-геокриологических условиях месторождения.

Исследования территории Эльгинского месторождения

Геокриологические исследования территории Эльгинского месторождения проводились в 1986–1993 гг. сотрудниками геологоразведочной экспедиции (ЮЯГРЭ) и Института мерзлотоведения РАН в связи с его разведкой. В дальнейшем вопросами изучения инженерно-геокриологических условий занимались другие геологические, проектные и научные организации: НИИОГР, «Якуталмаз», «НТЦ-Геотехнология», «Мечел Инжиниринг» «Якутскгеология», «Сибгипрошахт», ИГД УрО РАН, ВНИИХТ и др.

Исследования Института мерзлотоведения РАН в пределах Эльгинского месторождения показали, что мощность сезонно талого слоя (СТС) в зависимости от характеристик природно-территориальных комплексов (ПТК) и состава грунтов изменяется здесь от 0,3–0,5 м до 2,5–3,5 м и более при изменении их объемной льдистости (влажности) от 0,05 до 0,7–0,8 и средней температуры на подошве слоя годовых колебаний от –0,3 до –3 °С.

На территории месторождения прослеживается почти двукратное увеличение глубин сезонного протаивания грунтов с ростом абсолютных отметок местности (рис. 1) [1].

Верхняя часть мерзлой толщи, представляющая собой слой годовых колебаний температуры мощностью от 20 до 25 м, испытывает значительные межгодовые и короткопериодные колебания и имеет температуру от 0 °С до –3,5 °С [2; 3].

Кривые изменения температуры пород с глубиной в слое годовых колебаний в районе Эльгинского месторождения в днищах долин и на водоразделах приведены на рис. 2, а, б.

На территории района широко развиты многолетнемерзлые породы (ММП) с температурой от 0 до –3 °С и мощностью от 20 до 200 м и более. Положение нижней гра-

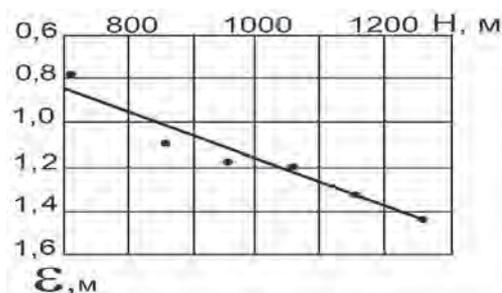


Рис. 1
Зависимость средневзвешенной глубины сезонного протаивания грунтов от высоты местности

Fig. 1
Dependence of the weighted average depth of seasonal ground thawing on the terrain elevation

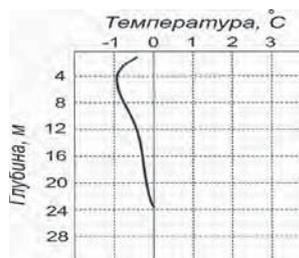


Рис. 2
Температура пород в слое годовых колебаний:
а – днища долин;
б – водоразделы [4]

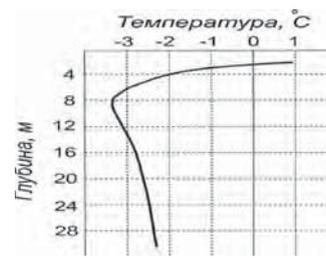


Fig. 2
Rock temperature within the annual variation layer:
а – floor of valleys;
б – watershed divides [4]

ницы многолетнемерзлой толщи носит горизонтальный характер, приподнимаясь под относительно крупными водотоками.

В пределах средней части склонов месторождения температура ММП варьирует от –0,6 до –2,3 °С. Наиболее низкие температуры (от –0,2 до –2,5 °С) установлены на крутых склонах северной и северо-восточной экспозиции, высокие (от –0,6 до –0,8 °С) – на южной и юго-западной. Следует также отметить, что на конусообразных водоразделах с высокими абсолютными отметками в пределах Эльгинского месторождения температура пород может понижаться на 1,5–2,0 °С [5].

В результате анализа выявленных особенностей распространения и закономерностей формирования ММП сотрудниками Института мерзлотоведения РАН составлена геокриологическая карта южной части Токинской впадины в масштабе 1:100000. Отраженная на карте информация позволяет охарактеризовать мерзлотную обстановку на всех основных элементах рельефа (долинах крупных и мелких рек, склонах и водоразделах) [6].

В ИГДС им. Н.В. Черского СО РАН на основе анализа большого объема данных геологоразведки (140 геологических разрезов по профилям) [7] с использованием программы «Майн Фрейм» [8] построены карты изоощностей многолетнемерзлых пород и ледниковых отложений на Эльгинском каменноугольном месторождении (рис. 3, 4).

В целом месторождение характеризуется сплошным распространением многолетнемерзлых пород. Их мощность на водоразделах в южной части месторождения достигает 200 м и более, снижаясь в долинах рек, крупных ручьев, заболоченных участков в северо-западной и юго-восточной части до 50–100 м.

Карта изоощностей ледниковых отложений на Эльгинском месторождении приведена на рис. 4.

Анализ полученных материалов и картографических по-

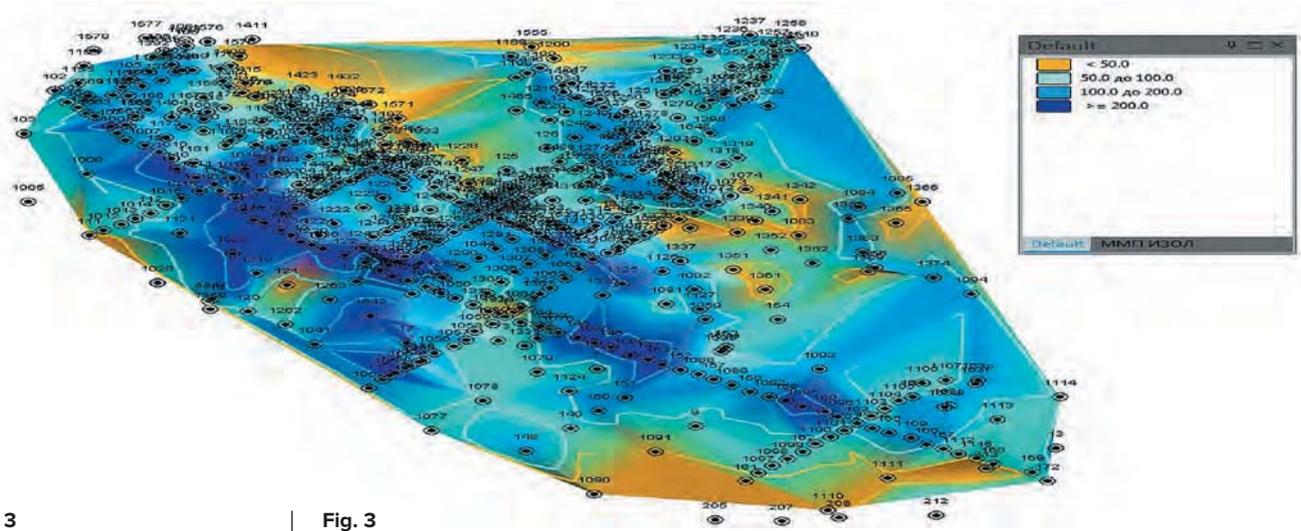


Рис. 3
Карта изоощностей
многолетнемерзлых пород на
Эльгинском месторождении

Fig. 3
Isomorphic map of permafrost
sediments at the Elginsky
Deposit

строений показывает, что ледниковые отложения развиты в юго-восточной части месторождения и по долинам рек и ручьев в юго-западной и северо-восточной частях. Мощность ледниковых отложений в долинах рек по северо-западному участку колеблется от 5 до 35 м, в юго-восточной его части достигает 50–90 м, они на всю мощность промерзены, безводны.

Научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом по добыче полезных ископаемых открытым способом (НИИОГР) было установлено, что верхняя часть вскрышного массива сложена четвертичными отложениями, характеризующимися в естественном состоянии сравнительно невысокими показателями прочностных и плотностных свойств и только в замерзшем состоянии требующими при экскавации буровзрывного рыхления. Ледниковые отложения состоят из разнозернистых песков, супесей, суглинков и глин с включением гравия, гальки и валунов иногда до нескольких метров в поперечнике. Не исключено, что экскавация их потребует предварительного разрушения шпуровыми или накладными зарядами. В логах, долинах ручьев и рек, где мощность ледниковых отложений достигает 15–20 и более метров, в летний период могут возникать связанные с вечной мерзлотой явления текучести горных пород, значительное снижение проходимости горных машин.

Основная часть вскрышного массива (более 98%) представлена комплексами нормально-осадочных и вулканогенно-осадочных пород, характеризующихся достаточно высокими прочностными показателями (средние значения предела прочности при сжатии их изменяются от 70 до 120 МПа)¹.

Институтом Якутнипромалмаз проведены исследования физико-технических свойств коренных пород. Обращает на себя внимание небольшое различие значений действительной плотности (от 2,7 до 2,72 т/м³) и пористости (от 2,6 до 2,64%) у разных литотипов вмещающих пород.

Сцепление у ледниковых отложений в талом состоянии отсутствует, а угол внутреннего трения составляет в среднем 22,5°. Четвертичные отложения, как и коренные породы, находятся в многолетнемерзлом состоянии. При их сезонной оттайке будет иметь место локальное сползание бортов карьера².

1 Отчет о научно-исследовательской работе № 1094157000 «Исследование плотностных, прочностных, абразивных и акустических свойств для оценки разрабатываемости вскрышных пород северо-западного участка Эльгинского месторождения Южно-якутского бассейна». Челябинск; 1996.

2 Отчет о научно-исследовательской работе «Исследование физико-механические свойства пород Эльгинского месторождения и оценка инженерно-геологических условий его отработки открытым способом (на стадии разведочных работ)» (заключительный отчет по договору № 90 в двух книгах): книга 1 / Производственно-научное объединение «Якуталмаз», Якутский научно-исследовательский и проектный институт алмазодобывающей промышленности ЯКУТНИПРОАЛМАЗ

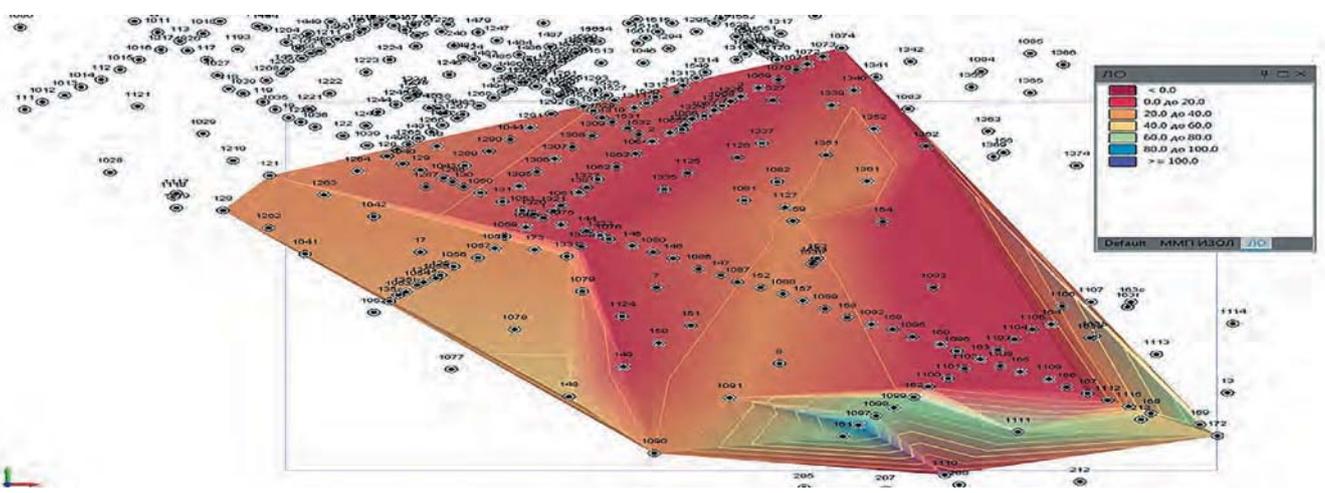


Рис. 4
Карта изоощностей ледниковых отложений на Эльгинском месторождении

Fig. 4
Isomorphic map of glacial sediments at the Elginsky Deposit

Таблица 1
Характеристика физико-механических свойств по осадочным породам, песчанникам и алевролитам по интервалам глубин залегания

Table 1
Description of physical and mechanical properties of sedimentary rocks, sandstones and siltstones by the depth intervals

Литологический тип пород, количество проб	Влажность	Пористость
Глубина залегания менее 75 м		
Песчаники, 57	10,5	10,5
Алевролиты, 12	3,45	9,7
Глубина залегания 75–150 м		
Песчаники, 68	1,7	8,8
Алевролиты, 18	2,5	9,1
Глубина залегания более 150 м		
Песчаники, 91	1,3	7,9
Алевролиты, 34	2,1	8,1

Источник: Отчет о научно-исследовательской работе «Исследование и обоснование комплекса геологических параметров и физико-механических свойств, определяющих разрабатываемость вскрышных пород северо-западного участка Эльгинского месторождения» / «НИИОГР» Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по добыче полезных ископаемых открытым способом.

Характеристика влажности и пористости по осадочным породам, песчанникам и алевролитам по интервалам глубин залегания представлена в табл. 1.

Проведенными исследованиями установлено, что с увеличением глубины залегания пород от 75 м до 150 м и более их влажность снижается: в песчанниках – с 10,5 до 1,3%, в алевролитах – с 3,4 до 2,1%. Снижение влажности пород с глубиной происходит в связи с уменьшением их пористости.

Анализ температурно-влажностного режима грунтов Эльгинского месторождения показывает, что породы после буровзрывной подготовки склонны к вторичному смерзанию. Эта проблема актуальна в настоящее время, так, например, при разработке пород верхних вскрышных горизонтов мощностью 75 м с влажностью 10,5% и температурой до –3,5 °С возникали проблемы вторичного смерзания.

Главными и безусловными факторами, обуславливающими процесс вторичного смерзания пород, являются отрицательная температура пород и влажность на поверхности кусков горной массы. Установлено, что для начала протекания процесса смерзания достаточно отрицательной температуры куска породы, весьма близкой к 0 °С [9]. Так, например, ледяные образцы смерзаются при температуре лишь на 0,0005–0,001 ниже 0 °С.

Установлено, что Эльгинские угли характеризуются пониженной рабочей влажностью, находящейся на уровне 3–5% и не склонны к смерзанию и прилипанию как в процессе экскавационно-погрузочных работ, так и при транспортировке. В летнее время при отработке вскрыши склонны к налипанию к рабочим поверхностям горнотранспортного оборудования лишь породы из четвертичных отложений: гальки и суглинки.

В ИГДС СО РАН выполнены лабораторные исследования физико-механических свойств коренных горных пород

Эльгинского месторождения [10]. Проведенные эксперименты показали, что основные физико-механические свойства имеют незначительное расхождение с данными, имеющимися в отчетах сторонних организаций.

Немаловажное значение для технологии отработки Эльгинского угольного месторождения имеют подземные воды (в частности, их уровенный режим). Высокая обводненность горизонтов месторождения может вызвать дополнительные трудности при разработке.

Проведенный анализ показал, что глубина залегания подземных вод колеблется от 45–50 м в днищах долин водотоков до 328 м на водоразделах. Мощность водоносных пород увеличивается до 220 м в центральной, наиболее глубокой части участка. Подъем уровня подземных вод начинается в июне-июле и продолжается до августа-сентября, по некоторым скважинам – до декабря. Амплитуда подъема уровня колеблется от 0,8 до 26,35 м. Воды не обладают ни одним видом агрессии³.

Все типы вод криолитозоны находятся в постоянной взаимосвязи.

Угольные пласты, залегающие в верхней части разреза (У₁₆-У₂₀), на всей площади распространения не обводнены.

Ниже по разрезу угольные пласты У₁₄-У₄, Н₁₆, Н₁₅ обводнены в центральной части участка⁴.

Таким образом, проведенный анализ ранее выполненных инженерно-геокриологических исследований дал возможность выявить основные факторы, влияющие на технологические процессы разработки Эльгинского месторождения. Краткие выводы по результатам исследования инженерно-геокриологических условий Эльгинского каменноугольного месторождения приведены ниже.

Выводы

1. Эльгинские угли характеризуются пониженной рабочей влажностью, находящейся на уровне 3–5%, и не склонны к смерзанию и прилипанию как в процессе выемочно-погрузочных работ, так и при транспортировке.

2. Мощность ледниковых отложений в долинах рек по месторождению колеблется от 5 до 35 м, в юго-восточной его части достигает 50–90 м. Сцепление у ледниковых отложений в талом состоянии отсутствует, а угол внутреннего трения составляет в среднем 22,5°. При их сезонной оттайке, которая составляет 1,5–2 м, будет иметь место локальное сползание бортов карьера.

3. Анализ температурно-влажностного режима грунтов Эльгинского месторождения показывает, что породы после буровзрывной подготовки склонны к вторичному смерзанию. Температура сезонно талого слоя изменяется от –0,3 до –3,0 °С, слоя годовых колебаний изменяется от 0 до –3,5 °С и многолетнемерзлых пород от 0 °С до –3 °С. Влажность грунтов с увеличением глубины залегания пород с менее 75 м до более 150 м снижается: песчанников – с 10,5 до 1,3%, а алевролитов – с 3,4 до 2,1%.

4. Подземные воды развиты повсеместно по всему месторождению, обводненность нижних горизонтов в центральной части месторождения может осложнить ведение горных работ и потребовать предварительного понижения уровня подземных вод.

³ Проектная документация. Эльгинский горно-обогатительный комплекс. I очередь строительства «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технических решений». Подраздел 7: Технические решения. Кн. 1. Горнотранспортная часть (разрез «Эльгинский»). Мечел-Инжиниринг» ОАО ХК «Якутуголь», 2010.

⁴ ООО «НТЦ-ГЕОТЕХНОЛОГИЯ» Проект «Участок первоочередной отработки Эльгинского каменноугольного месторождения». Челябинск, 2009.

Список литературы

1. Железняк М.Н., Любомиров А.С. Оценка мерзлотных и инженерно-геологических условий Эльгинского месторождения углей и задача охраны природной среды. *Наука и образование*. 2000;(3):81–85.
2. Павлов А.В., Скачков Ю.Б., Какунов Н.Б. Взаимосвязь между многолетними изменениями глубины сезонного протаивания грунтов и метеорологическими факторами. *Криосфера Земли*. 2004;8(4):3–11.
3. Бедрин Е.А., Завьялов А.М., Завьялов М.А. *Обеспечение термической устойчивости основания земляного полотна автомобильных дорог*. Омск: СибАДИ; 2012. 178 с.
4. *Мерзлотно-геотермические исследования на каменноугольном месторождении Эльге*. Якутск: Фонды ИМЗ СО РАН; 1989. 101 с.
5. Железняк М.Н. Геокриологические условия Эльгинского месторождения каменных углей. В: *Перспективы развития Южной Якутии: материалы конференции*. Нерюнгри: Изд-во ЯГУ; 1996.
6. Железняк М.Н., Митин Ф.В. Мерзлотно-геотермические условия мезозойских впадин Алданского щита. В: *Материалы Третьей конференции геокриологов России, Москва, 1–3 июня 2005 г.* М.: Изд-во МГУ; 2005. Т. 3. С. 174–181.
7. Поляков Н.П., Павлик М.И., Гриб Н.Н. и др. *Отчет о результатах детальной разведки северо-западного участка Эльгинского каменноугольного месторождения в Токинском угленосном районе Южно-Якутского бассейна за 1991–1996 гг.* В 3 т. Фонды ГТП «Южякутгеология»; 1996.
8. Наговицин О.В., Лукичев С.В. Горно-геологические информационные системы, область применения и особенности построения. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2016;(7):71–83.
9. Бондарев Э.А., Файко Л.И. *О теплофизических критериях процесса смерзания*. Физика льда и льдотехника. Якутск: ЯФ СО АН СССР; 1974.
10. Панишев С.В., Хосоев Д.В., Матвеев А.И. Повышение эффективности разработки вскрышных пород и углей Эльгинского месторождения Якутии путем их разупрочнения с использованием поверхностно-активных веществ. *Горная промышленность*. 2021;(1):106–111. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-98-104.

References

1. Zheleznyak M.N., Lyubomirov A.S. Assessment of Permafrost, Engineering and Geological Conditions of Elginsky Coal Field and Tasks to Protect Natural Environments. *Nauka i obrazovanie*. 2000;(3):81–85. (In Russ.)
2. Pavlov A.V., Skachkov Yu.B., Kakunov N.B. The correlation between perennial changes of soil seasonal thawing depth and meteorological factors. *Kriosfera Zemli*. 2004;8(4):3–11. (In Russ.)
3. Bedrin E.A.1, Zavyalov A.M.2, Zavyalov M.A. Thermal stability ensuring of highway permafrost ground bases. Omak: The Siberian State Automobile and Highway University; 2012. 178 p. (In Russ.)
4. *Permafrost and Geothermal Studies of Elginsky Coal Field*. Yakutsk: Melnikov Permafrost Institute; 1989. 101 p. (In Russ.)
5. Zheleznyak M.N. Geocryological Conditions of Elginsky Coal Field. In: *Development Prospects of the South Yakutia Region: Conference Proceedings*. Neryungri: Yakutsk State University; 1996. (In Russ.)
6. Zheleznyak M.N., Mitin F.V. Permafrost and Geothermal Conditions of Mesozoic Depressions of the Aldanian Shield. In: *Proceedings of the Third Conference of Russian Geocryologists, Moscow, June 1-3, 2005*, Moscow: Moscow State University; 2005. Vol. 3, pp. 174–181. (In Russ.)
7. Polyakov N.P., Pavlik M.I., Grib N.N. et al. *Report on the Results of Detailed Survey of the North-West Area of the Elginsky Coal Field in the Tokinsky Coal District of the South Yakutia Basin for 1991-1996*, ‘Yuzhakutgeologiya’ State Mining and Geological Enterprise; 1996. (In Russ.)
8. Nagovitsyn O.V., Lukichev S.V. Mining and geological information systems, areas of application and features of building. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016;(7):71–83. (In Russ.)
9. Bondarev E.A., Faiko L.I. *On Thermophysical Criteria of Congelation Process*. *Ice Physics and Ice Engineering*. Yakutsk: Yakutsk Branch of the USSR Academy of Sciences; 1974. (In Russ.)
10. Panishev S.V., Hosoev D.V., Matveev A.I. Enhancing efficiency of overburden removal and coal mining at elginsky coal deposit in yakutia by their softening with surfactants. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2021;(1):106–111. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-98-104.

Информация об авторах

Хосоев Доржо Владимирович – ведущий инженер, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН), г. Якутск, Российская Федерация; e-mail: hosoev70@mail.ru.

Панишев Сергей Викторович – ведущий научный сотрудник, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН), г. Якутск, Российская Федерация; e-mail: bsdpsv@mail.ru.

Максимов Михаил Саввич – младший научный сотрудник, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН), г. Якутск, Российская Федерация; e-mail: mexes_07@mail.ru.

Information about the authors

Dorzho V. Hosoev – Leading Engineer, Institute of Mining of the North N.V. Cherskiy Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IGDS SB RAS), Yakutsk, Russian Federation; e-mail: hosoev70@mail.ru.

Sergey V. Panishev – Leading Researcher, Institute of Mining of the North N.V. Cherskiy Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IGDS SB RAS), Yakutsk, Russian Federation; e-mail: bsdpsv@mail.ru.

Mikhail S. Maksimov – Junior Researcher, Institute of Mining of the North N.V. Cherskiy Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IGDS SB RAS), Yakutsk, Russian Federation; e-mail: Mexes_07@mail.ru.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 09.03.2021
 Поступила после рецензирования: 23.03.2021
 Принята к публикации: 25.03.2021

Article info

Received: 09.03.2021
 Revised: 23.03.2021
 Accepted: 25.03.2021