Оригинальная статья / Original Paper

https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-5-147-151

Оценка физико-механических и физико-технических свойств вскрышных пород Эльгинского каменноугольного месторождения

Д.В. Хосоев ✉, А.М. Бураков, В.В. Киселев, А.Д. Никифорова, Е.Л. Алькова
Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск, Российская Федерация
✉ hosoev70@mail.ru

Резюме: В статье представлены общие сведения об Эльгинском каменноугольном месторождении, Северо-Западный участок которого отрабатывается в настоящее время с использованием буровзрывных технологий. Приведены геолого-минералогические характеристики четвертичных отложений и коренных углевмещающих пород. Отмечается необходимость исследования физико-механических и физико-технических свойств вскрышных пород. В табличной форме изложены значения физико-механических и физико-технических свойств коренных пород месторождения, а также результаты проведенных авторами экспериментов по их определению. Отмечается низкая склонность пород к размоканию, налипанию и примерзанию. Обозначены основные типы коренных пород месторождения с разделением их на отдельные группы. Приведен минералогический и литологический состав коренных пород Ундытканской и Нерюнгриканской свит месторождения. Подчеркивается необходимость предварительного рыхления пород при ведении вскрышных работ.

Ключевые слова: коренные породы, вскрышные породы, четвертичные отложения, предел прочности, угол внутреннего трения

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема №FWRS-2026-0052, регистрационный номер в ЕГИСУ НИОКТР 126021217278-1) с использованием приборной базы Центра коллективного пользования ФИЦ Якутского научного центра СО РАН.

Для цитирования: Хосоев Д.В., Бураков А.М., Киселев В.В., Никифорова А.Д., Алькова Е.Л. Оценка физико-механических и физико-технических свойств вскрышных пород Эльгинского каменноугольного месторождения. *Горная промышленность*. 2026;(5):147–151. https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-5-147-151

Assessment of the physical, mechanical and engineering properties of overburden rocks in the Elga coal deposit

D.V. Hosoev ✉, A.M. Burakov, V.V. Kiselev, A.D. Nikiforova, E.L. Alkova
N.V. Chersky Institute of Mining of the North of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation
✉ hosoev70@mail.ru

Abstract: The article presents general information about the Elga coal deposit, which north-western part is currently mined using drilling and blasting methods. Geological and mineralogical characteristics are presented for the Quaternary sediments and the coal-bearing host rocks. The need to study the physical, mechanical and engineering properties of the overburden rocks is noted. The values of the physical, mechanical and engineering properties of the host rocks at the deposit are presented as tables, as well as the results of tests performed by the authors to determine these properties. The rocks are reported to have a low tendency to slaking, sticking, or adfreezing. The main types of the host rocks at the deposit are identified and classified into separate groups. The mineralogical and lithological composition of the host rocks of the Undytkan and Neryungri suites at the deposit is presented. The article emphasizes the need for preliminary loosening of the soils during the overburden removal operations.

Keywords: host rocks, overburden, Quaternary sediments, tensile strength, angle of internal friction

Acknowledgements: The study was carried out within the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Topic No. FWRS-2026-0052, EGISU R&D No.126021217277-1) using the equipment of the Shared Research Center of the Yakutsk Federal Research Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Hosoev D.V., Burakov A.M., Kiselev V.V., Nikiforova A.D., Alkova E.L. Assessment of the physical, mechanical and engineering properties of overburden rocks in the Elga coal deposit. *Russian Mining Industry*. 2026;(5):147–151. (In Russ.) https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-5-147-151

Введение

В настоящее время высокими темпами идет разработка крупнейшего в России и одного из самых масштабных в мире Эльгинского месторождения высококачественного коксующегося угля (ЭКМ), которое находится в Республике Саха (Якутия) вблизи границ Амурской области и Хабаровского края. К юго-востоку от месторождения находятся уникальные для Якутии озера: Большое Токо и Малое Токо.

Горно-геологические условия залегания месторождения, благоприятны для открытой разработки, а его запасы превышают 2,2 млрд тонн.

Месторождение открыто в 1966 г., активная промышленная добыча ведется с 2011 г.

Климат района резко континентальный, характеризуется длительной, до 7 месяцев, холодной зимой и коротким, зачастую жарким летом. Среднегодовая температура воздуха –11 °С с колебаниями от –61 °С (декабрь-январь) до +36 °С (июль). Температура многолетнемерзлых пород колеблется в пределах от 0 до –3 °С, при средней температуре –1 °С. Коренные вмещающие породы характеризуются низкой влажностью 1–2% [1–3].

Цели и задачи

Степень разрабатываемости вскрышных пород Эльгинского месторождения оценивается комплексом параметров и характеристик, их физико-механических и физико-технических свойств, определяющих обоснование и выбор рациональной технологии и средств механизации ведения вскрышных работ по всему комплексу технологических процессов, включающих бурение, взрывание, экскавацию, транспортировку и др.

Важное значение имеет также изучение множества геологических факторов, формирующих основные свойства пород, определяющих их разрабатываемость, а также устойчивость бортов разреза.

В этих целях были проведены следующие исследования:

– оценка показателей физико-механических свойств коренных углевмещающих пород Северо-Западного участка (СЗУ) ЭКМ;

– оценка показателей физико-технических свойств коренных углевмещающих пород СЗУ ЭКМ.

Результаты

Породы СЗУ ЭКМ по инженерно-геологическим свойствам относятся к двум генетическим типам. К первому относятся четвертичные рыхлые образования, ко второму – коренные углевмещающие породы.

Четвертичные отложения имеют повсеместное распространение и представлены элювиальными, делювиальными, аллювиальными, озерными, болотными и ледниковыми образованиями. Преимущественное распространение имеют элювиально-делювиальные отложения мощностью от 1–3 м на крутых склонах и водоразделах и до 8–10 м у их подножий, их средняя мощность составляет 3,5 м. Они представлены: до 40% – супесями, до 25% – обломками, до 20% – щебенкой, до 10% – суглинками и до 5% – песками[1].

Промышленная угленосность СЗУ ЭКМ связана с отложениями Ундытканской, Нерюнгриканской свит. Нижняя граница пород Ундытканской свиты проходит по почве пачки конгломератов, ее мощность изменяется с северо-запада на юго-восток от 20–30 м до 90–120 м. Выше залегает толща чередующихся пачек серых и зеленовато-серых песчаников мелкозернистых, среднезернистых, крупнозернистых и темно-серых алевролитов, к которым приурочены угольные пласты. Гравелиты пользуются подчиненным развитием. В целом по разрезу отмечается уменьшение гранулометрического состава пород снизу вверх.

Песчаники Ундытканской свиты имеют кварц-полевошпатовый состав. Содержание кварца составляет 30–45%, полевых шпатов – 35–45%, обломков эффузивных пород – до 12%. Цементирующий материал – гидрослюдисто-хлоритовый и карбонатно-хлоритовый. Песчаники отличаются низкой сортировкой, высокой окатанностью зерен и слоистостью.

Конгломераты по составу полимиктовые. Хорошо и среднеокатанные галечники и валуны представлены архейскими и мезозойскими кристаллическими (гнейсы) и изверженными (граниты, кварцевые порфиры) породами. Заполнителем служит слабосцементированный песчано-глинистый материал.

Алевролиты имеют слоистый полимиктовый, полевошпат-кварцевый состав. Цемент хлорит-гидрослюдистый, преимущественно базальный.

Нижняя граница Нерюнгриканской свиты – почва мощной пачки песчаников, содержащей в основании прослои и линзы конгломератов и гравелитов. Верхней границей является кровля мощного угольного пласта Н15, сложенная базальными конгломератами Ундытканской свиты. Общая мощность отложений Нерюнгриканской свиты составляет 220 м. Песчаники свиты по составу кварц-полевошпатовые с содержанием кварца до 30–45 %, полевых шпатов 40–60% и обломков эффузивных пород до 5–10%. Содержание биотита составляет до 5%. Цемент гидрослюдо-хлоритовый и хлоритово-карбонатный. Обломочный материал характеризуется низкой сортировкой и окатанностью.

Алевролиты этой свиты крупнозернистые и мелкозернистые, имеют кварц-полевошпатовый состав с содержанием кварца до 45–50%. Цемент хлорит-гидрослюдистый, базально-поровый. В породах развита слоистость, сортировка и окатанность обломочного геоматериала невысокая.

Аргиллиты представляют собой дисперсно-чещуйчатую гидрослюдисто-хлоритовую массу с примесью очень мелких обломков кварца, полевых шпатов, биотита, карбонатов и витринизированных растительных остатков[2].

Процентное соотношение основных литологических разностей коренных пород по обеим свитам представлено в табл. 1.

Данные табл. 1 свидетельствуют, что коренные породы обеих свит в основном представлены разнозернистыми песчаниками от 70,1 до 72,6%, алевролитами и аргиллитами от 11,5 до 17%, а конгломератами от 2,8 до 7,6%.

При обосновании и выборе рациональной технологии и техники ведения буровых, взрывных и экскавационных работ, а также основных параметров технологических процессов, как уже говорилось, требуется наличие данных по физико-механическим и физико-техническим свойствам вскрышных пород. К основным показателям следует отнести объемную массу d_m, влажность v_p, пределы прочности

1 Отчет о результатах детальной разведки Северо-Западного участка Эльгинского каменноугольного месторождения в Токинском районе Южно-Якутского бассейна за 1991–1996 гг.: в 3-х т. Т. 1. Кн. 2.

2 Технический проект разработки Эльгинского месторождения каменного угля ООО «Эльгауголь». Вторая очередь, производственная мощность 45000 тыс. т. Проектная документация. Кемерово; 2020. С. 205.

Таблица 1
Литологический состав пород Нерюнгриканской и Ундытканской свит Северо-Западного участка Эльгинского каменноугольного месторождения

Table 1
Lithological composition of the Neryungri and Undytkan suites in the north-western part of the Elga coal deposit

Свита	Мощность, м	Литологические типы пород, %				
		Конгломераты	Песчаники			Алевролиты, аргиллиты
			крупнозернистые	среднезернистые	мелкозернистые	
Ундытканская	500	7,6	18,4	30,9	20,8	11,5
Нерюнгриканская	220	2,8	14,6	28,9	29,1	17,1

Таблица 2
Усредненные характеристики физико-механических свойств коренных пород Эльгинского каменноугольного месторождения

Table 2
Averaged physical and mechanical properties of host rocks at the Elga coal deposit

Литотип пород	Объемная масса, т/м³	Прочность на сжатие, МПа	Влажность, %	Угол внутреннего трения, %	Сцепление, МПа	Коэффициент крепости
Алевролиты	2,59	66,0	1,13	30,2	19,2	1–14
Песчаники мелкозернистые	2,59	69,2	0,8	29,8	19,8	3–13
Песчаники среднезернистые	2,56	68,6	0,72	30,9	19,5	3–13
Песчаники крупнозернистые	2,57	65,2	0,67	30,1	18,4	3–9
Конгломераты	2,57	45,2	0,58	30,1	18,4	2–10
Породные прослои	2,36	31,3	1,82	30,8	8,9	1–14
Угли	1,38	0,4–10,1	1,72	31,8	1,7	0,73–1,0

Таблица 3
Усредненные характеристики физико-технических свойств вскрышных пород Эльгинского каменноугольного месторождения

Table 3
Averaged physical and engineering properties of overburden at the Elga coal deposit

Литотип пород	Плотность действительная, т/м³	Пористость, %	Акустическая жесткость, т/м · с	Категория буримости
Алевролиты	2,72	2,6	10	4–7
Песчаники мелкозернистые	2,7	2,63	10,7	6–8
Песчаники среднезернистые	2,7	2,6	10,4	6–8
Песчаники крупнозернистые	2,7	2,62	11,1	6–8
Конгломераты	2,72	2,61	11,5	4–9
Породные прослои	2,65	7,8	5,43	4–8
Угли	1,59	4,2	2,38	4–5

при одноосном сжатии $\sigma_{сж}$, сцепление С и угол внутреннего трения φ[3].

В результате выполненных исследований выявлено, что четвертичные отложения характеризуются в естественном состоянии невысокими показателями прочности и плотности, только в замерзшем состоянии требующими предварительного рыхления при экскавации. В пределах СЗУ объем этих пород незначителен (около 1,6% от общего объема вскрыши), поэтому разработка таких пород не представляет каких-либо технологических осложнений. Только в логах, долинах ручьев и рек, в летний период при оттайке породы теряют связность, затрудняя продвижение горной техники[4].

Ранее проведенные исследования, включающие в том числе обобщение опыта работы разрезов криолитозоны, позволили определить комплекс физико-механических и физико-технических свойств пород, достаточный и необходимый для оценки условий разрабатываемости СЗУ ЭКМ. Характеристики физико-механических и физико-технических свойств пород СЗУ ЭКМ приведены в (табл. 2, 3).

3 ГОСТ 21153.2–84 Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии (с изм. №1, 2). Взамен ГОСТ 21153.2-75; утв. постановлением Гос. ком. СССР по Управлению качеством продукции и стандартам от 19.06.84, №1973; введ. 1986-07-01.

4 Обосновать концепцию разработки Эльгинского каменноугольного месторождения открыто-подземным способом, отвечающую требованиям охраны окружающей среды, экономичности и эффективности горного производства: НИР (прилож.): 0-92-11 / Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние, инст. горн. дела Севера, рук. В.Л. Яковлев; испол. С.Н. Петров [и др.]. Якутск; 1993. 200 с. (фондодержатель ИГДС СО РАН).

Таблица 4
Результаты экспериментальных исследований по определению физико-механических свойств коренных пород Эльгинского каменноугольного месторождения

Table 4
Results of experimental studies to assess the physical and mechanical properties of host rocks at the Elga coal deposit

Литотипы пород	Прочность на сжатие, МПа	Плотность, т/м³	Водопоглощение, %	Влажность, %
Результаты Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН				
Песчаники мелкозернистые	68,1	2,78	2,7	1,6
Песчаники среднезернистые	70,4	2,73	3,3	1,5
Результаты сторонних организаций				
Песчаники мелкозернистые	69,2	2,7	3,0	0,8
Песчаники среднезернистые	68,6	2,7	3,0	0,72

Анализ данных, приведенных в табл. 2, свидетельствует, что коренные породы СЗУ ЭКМ относятся ко второй группе полускальных средней прочности. Породы вскрыши характеризуются как скальные крепкие абразивные. Наиболее абразивными являются конгломераты, алевролиты и песчаники, относящие к IV и V классам абразивности. Их коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова варьирует от 6 до 8 (при среднем значении 7). Таким образом, при ведении вскрышных работ требуется их предварительное рыхление с применением БВР. Породы вскрыши имеют значительный запас прочности и классифицируются как весьма устойчивые. В связи с высокой степенью литификации эти породы обладают низким пылеобразованием при разрушении, не вызывая высокую запыленность при производстве буровых, взрывных работ и формировании отвалов. Также они не склонны к размоканию и, как следствие, налипанию и примерзанию к металлическим предметам [4; 5].

Сравнительный анализ данных табл. 3 позволяет сделать вывод о незначительном расхождении значений действительной плотности (от 2,7 до 2,72 т/м³), пористости (от 2,6 до 2,64%) и акустической жесткости (от 9,4 до 11,5 км т/м³. с) у разных литотипов вмещающих пород[5].

В Институте горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН с использованием стандартных методик были проведены эксперименты по оценке физико-механических свойств коренных пород СЗУ ЭКМ мелкозернистых и среднезернистых песчаников [6]. Предел прочности на одноосное сжатие выполнен в соответствии с ГОСТ 21153.2–84 «Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии». Плотность, влажность и водопоглощение горных пород, определяли в соответствии с ГОСТ 5180–84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик».

Результаты исследований приведены в табл. 4, где также для сравнения представлены аналогичные данные из отчётов сторонних организаций (НИОГР, ГГП «Южякутгеология, ВНП «Экология»).

Заключение

Основные результаты проведенных исследований, отраженных в статье, заключаются в следующем:

– приведены геолого-минералогические характеристики четвертичных отложений СЗУ ЭКМ;

– обозначены основные типы коренных вмещающих пород;

– сделан анализ физико-механических, физико-технических свойств вскрышных пород;

– изложены результаты экспериментов, проведенных Институтом горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН.

Также можно отметить, что проведенными исследованиями выявлено, что вскрышные полускальные породы СЗУ ЭКМ относятся ко второй группе, что подтверждает необходимость их предварительного буровзрывного рыхления при ведении вскрышных работ с используемой в настоящее время технологией. Коренные породы месторождения характеризуются как скальные, крепкие и абразивные. Коэффициент их крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова варьирует от 6 до 8 (при среднем значении 7), имеют значительный запас прочности и классифицируются как весьма устойчивые. Есть основание утверждать, что они не склонны к высокому пылеобразованию при разрушении, облегчая тем самым пылеподавление при производстве буровых и взрывных работ, а также формировании отвалов. Кроме этого, они также не склонны к размоканию и, как следствие, к налипанию и примерзанию к металлическим поверхностям.

5 Отчет о научно-исследовательской работе №1094157000 Исследовать плотностные, прочностные, абразивные и акустические свойства для оценки разрабатываемости вскрышных пород Северо-Западного участка Эльгинского месторождения южно-якутского бассейна. НИОГР. Челябинск; 1996

Список литературы / References

1. Пинигин Д.Д. На Эльгинском месторождении. *Наука и техника в Якутии*. 2020;(2):14–16. https://doi.org/10.24412/1728-516X-2020-2-14-26
Pinigin D.D. At the Elga deposit. *Nauka i Tekhnika v Yakutii.* 2020;(2):14–16. (In Russ.) https://doi.org/10.24412/1728-516X-2020-2-14-26

2. Хосоев Д.В., Ермаков С.А. Оценка технологий разработки Эльгинского угольного месторождения. *Уголь*. 2009;(11):9–11.
Khosoev D.V., Ermakov S.A. Estimation of technologies of development a coal deposit of Elginskoe. *Ugol'*. 2009;(11):9–11. (In Russ.)

3. Хосоев Д.В., Киселев В.В., Бураков А.М. Область эффективного применения карьерных комбайнов на Эльгинском каменноугольном месторождении по критерию прочностных свойств вмещающих пород. *Горная промышленность*. 2025;(5):74–78. https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-5-74-78
Hosoev D.V., Kiselev V.V., Burakov A.M. The area for efficient application of surface miners at the Elga coal deposit based on the strength properties of the surrounding rocks. *Russian Mining Industry*. 2025;(5):74–78. (In Russ.) https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-5-74-78

4. Хосоев Д.В., Панишев С.В., Максимов М.С. Инженерно-геокриологические условия Эльгинского месторождения. *Горная промышленность*. 2021;(2):96–100. https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-2-96-100
Hosoev D.V., Panishev S.V., Maksimov M.S. Engineering and Geocryological Conditions of the Elginsky Deposit. *Russian Mining Industry*. 2021;(2):96–100. (In Russ.) https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-2-96-100

5. Хосоев Д.В. Оценка горнотехнических условий Эльгинского месторождения с позиции применения горных комбайнов. *Горная промышленность*. 2016;(6):81–83.
Khosoev D.V. Estimating the mining conditions of the Elga coal deposit with the view of the KSM-type surface miner application. *Russian Mining Industry*. 2016;(6):81–83. (In Russ.)

6. 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):98–104. https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-1-98-104
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. *Russian Mining Industry*. 2021;(1):98–104. (In Russ.) https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-1-98-104

Информация об авторах
Хосоев Доржо Владимирович – младший научный сотрудник, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск, Российская Федерация; https://orcid.org/0000-0002-1466-8509; e-mail: hosoev70@mail.ru
Бураков Александр Михайлович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск, Российская Федерация
Киселев Валерий Васильевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск, Российская Федерация
Никифорова Агафья Дмитриевна – инженер, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск, Российская Федерация
Алькова Елена Леонидовна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск, Российская Федерация

Информация о статье
Поступила в редакцию: 03.05.2026
Поступила после рецензирования: 22.06.2026
Принята к публикации: 23.06.2026

Information about the authors
Dorzho V. Hosoev – Junior Research, N.V. Chersky Institute of Mining of the North of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation; https://orcid.org/0000-0002-1466-8509; e-mail: hosoev70@mail.ru
Alexander M. Burakov – Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, N.V. Chersky Institute of Mining of the North of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation
Valery V. Kiselev – Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, N.V. Chersky Institute of Mining of the North of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation
Agafya D. Nikiforova – Engineer, N.V. Chersky Institute of Mining of the North of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation
Elena L. Alkova – Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, N.V. Chersky Institute of Mining of the North of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation

Article info
Received: 03.05.2026
Revised: 22.06.2026
Accepted: 23.06.2026